

Relación de los estudiantes en las clases experimentales de Física General con la Uve epistemológica de Gowin, en contraposición al informe tradicional



**Thais Rafaela Hilger, Ângelo Mozart Medeiros de Oliveira,
Marco Antonio Moreira**

*Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Código Postal 15051, Campus Universitário, CEP 91501-970,
Porto Alegre, RS, Brasil.*

E-mail: thais.hilger@ufrgs.br

(Recibido el 1 de Diciembre de 2010; aceptado el 16 de Marzo de 2011)

Resumen

La epistemología Uve de Gowin fue utilizada como recurso didáctico en clases experimentales, de Física General (Electromagnetismo) en la UFRGS, en sustitución al uso del informe tradicional, partiendo de la premisa de que su empleo facilita la mejor comprensión de la relación teoría-práctica en el laboratorio. La introducción del instrumento se dio de forma gradual, en tres etapas: uso del *informe tradicional*, seguido por *cuestionario modificado de las Preguntas de Gowin* y, finalmente, una *adaptación del diagrama Uve para actividades experimentales*. En los informes tradicionales se percibió una tendencia común de los alumnos a “forzar” los datos experimentales, para “comprobar” leyes o suposiciones de regularidades en eventos, aun cuando la naturaleza de la actividad procuraba mostrar lo contrario. Con el uso del diagrama Uve, la relación teoría-práctica fue mejor entendida por los alumnos, que pasaron a comprender la importancia de la previsión teórica en el laboratorio. Se identificaron indicios de mejora en la reflexión de los alumnos sobre la práctica de laboratorio, sugiriendo un posible aprendizaje significativo.

Palabras clave: Uve epistemológica de Gowin, Cinco Preguntas de Gowin, clase de laboratorio de Física, enseñanza de Física.

Abstract

Gowin's epistemological Vee was used as a teaching tool in experimental college physics classes (electromagnetism) at UFRGS, Porto Alegre, Brazil, replacing the use of the traditional lab report, under the premise that it would facilitate the understanding of the relationship between theory and practice in the laboratory. The introduction of the Vee took place gradually in the three steps: use of the *traditional lab report*, followed by a *modified questionnaire of Gowin's five questions* and, finally, an *adaptation of the Vee diagram for experimental activities*. In traditional reporting we noticed a trend of students “to force” the experimental data in order to “prove” laws or assumptions of regularity in events, even when the nature of the activity was designed to show the contrary. With the use of the Vee diagram finally the relationship between theory and practice was better understood by students, who came to understand the importance of the theoretical prediction in the laboratory. We identified evidences of improvement in students' reflections on the laboratory practice, suggesting a possible meaningful learning.

Keywords: Gowin's epistemological Vee, Gowin's five questions, physics experimental classes, physics teaching.

PACS: 01.50.Pa, 01.40.-d, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

De nuestra práctica, impartiendo y observando clases de laboratorio de Física en la universidad, percibimos fácilmente que, en general, el entendimiento del alumno sobre el experimento, cuando ocurre, tiene lugar solamente después del experimento. Durante su ejecución, el alumno normalmente no reflexiona sobre su práctica, sólo reproduce lo que está en el guión. Solamente cuando el alumno elabora el informe o la Uve epistemológica, como fue aquí el caso,

consigue relacionar la situación de laboratorio con la teoría de las clases y del libro.

El objetivo aquí no es discutir sobre la relevancia del laboratorio, ya que es imprescindible, o la importancia de la enseñanza de Física General asociada a la experimentación, ya que “la importancia de disciplinas de laboratorio en carreras de ciencias naturales no es un tema polémico. El consenso sobre su valor probablemente reside en el hecho de que la actividad experimental es indispensable en la producción de los conocimientos que van formando esas

ciencias. Sin embargo, hay divergencias alrededor de aspectos como objetivos, enfoques y énfasis en ciertos asuntos y tipos de enseñanza” [1].

Lo que se pretende es proponer, desde una óptica cualitativa, descriptiva, interpretativa, una manera de abordar la enseñanza de laboratorio, que busca entrar más a fondo en la cuestión de la naturaleza del conocimiento y de cómo es producido. Se pretende relacionar todos los aspectos bajo un punto de vista epistemológico. En la perspectiva de la teoría de Ausubel [2], el uso de Uves epistemológicas de Gowin [3, 4] puede facilitar en ese proceso de aprendizaje significativo, pues relaciona conocimientos, creando conexiones entre eventos, conceptos, teorías, resultados, etc., y hace que el alumno tome conciencia del valor del conocimiento producido.

La evaluación tradicional, a partir de informes, está fundamentada en la creencia de que el alumno, como futuro investigador, debe aprender a elaborar artículos científicos. No obstante, aunque este tipo de informe pueda tener una estructura semejante a la de los artículos científicos, no posee el mismo grado de profundización y tampoco el carácter innovador que poseen los trabajos de investigación en ciencia.

Con el objetivo de relacionar mejor teoría y experimentación en la enseñanza de la Física fue introducido el uso de la Uve de Gowin como sustituto del informe, pues, “especialmente cuando se compara con los informes escritos tradicionales, la construcción de Uves es una manera sintética y desafiadora de exponer la comprensión que tienen los alumnos de un tópico o de un área de estudio y, además, les ayuda a organizar sus ideas y la información. Los estudiantes reconocen que además de ser menos aburrido que escribir informes, hacer Uves les ayuda a comprender mejor la materia de enseñanza” [5].

Sabemos que la actividad estructurada estaría más orientada a verificar leyes y hechos presentados en las clases y textos y la actividad no estructurada estaría orientada a simular una investigación o, de hecho, a investigar [1]. Sin embargo, entendemos que la actividad de laboratorio didáctico con alumnos de grado no posee la misma naturaleza que un laboratorio de investigación, ya que la actividad tradicionalmente elaborada para los laboratorios didácticos tiene el propósito de verificar leyes y hechos y no posee la naturaleza de la “construcción” como en las investigaciones. Entonces con frecuencia entre esos alumnos se desarrolla una actitud en la que el guión del laboratorio, muy estructurado, los obliga a alcanzar un resultado positivo. El uso de una guía no estructurada linealmente, como la Uve, puede ayudarles a los alumnos a cambiar esa concepción de buscar la confirmación de teorías, para una en que la experimentación es parte fundamental de la investigación y está siempre asociada interactivamente con la teoría.

II. LA UVE EPISTEMOLÓGICA

Las actividades de laboratorio eran parte integrante de la disciplina de Física General y los guiones experimentales estaban previamente definidos. Por lo tanto, nuestra *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 5, No. 1, March 2011*

propuesta fue de evaluación en cuanto al uso de los informes estructurados tradicionales, en contraposición al uso de una evaluación no estructurada, como es el caso del diagrama Uve, y no propiamente en cuanto a la estructura de los guiones y metodologías de la disciplina.

De la misma manera que procedió Cappelletto [6], les presentamos inicialmente a los alumnos un cuestionario (preguntas de Gowin modificadas) con la finalidad de reducir el impacto inicial de la nueva actividad asociada a la elaboración de la Uve.

“Esas preguntas fueron adaptadas a partir de las cinco propuestas por Gowin [3] para analizar críticamente conocimientos documentados bajo la forma de artículos de investigación, libros, etc., con el propósito de hacer esas informaciones apropiadas para la instrucción e interpretación” [1].

Esa fase de transición para la Uve fue necesaria por la experiencia de Cappelletto [6] en actividades en las que la Uve fue presentada directamente: se encontraron muchas dificultades con relación a la construcción de la Uve, principalmente el cambio del foco principal que es la relación entre y teoría y experimentación implicada en la propia construcción de la Uve. Por esa razón, se consideró adecuado utilizar el cuestionario.

El uso del cuestionario preparatorio ayuda a que los alumnos se preocupen más del contenido que de la forma. Para utilizar el diagrama Uve, es necesario que el alumno ya entienda su lógica de construcción en lo que se refiere a la secuencia de los eventos que serán analizados y sobre la relación entre dominio conceptual y metodológico. Las cinco preguntas de Gowin funcionan como un resumen de lo que es una Uve propiamente dicha, pero se añadieron otras para preparar mejor el camino para la Uve.

De esa forma, la Uve fue indirectamente presentada a través de ocho preguntas en lugar de cinco, como propuso originalmente Gowin (ver Tabla I). Hay que mencionar que esas preguntas siguen un posible orden para construir un diagrama Uve, ya que existen muchas formas de elaboración o lectura de una actividad experimental.

La disposición propuesta en las preguntas sugiere una secuencia más práctica para el futuro contacto de los alumnos con la Uve. De ese modo, se empieza por la cuestión central, se pasa por el evento/objeto, por los conceptos, principios y teoría, registros y transformaciones, llegando a la afirmación de conocimiento, a la nueva cuestión central y, finalmente, a la afirmación de valor del experimento [6].

Este formato es por sí sólo un cambio que tiene que ser asimilado por los estudiantes, que a través de este cambio gradualmente se acostumbran a reflexionar sobre el conocimiento producido en el laboratorio y en su relación con la teoría vista en las clases. Al modificar nuevamente el instrumento, introduciendo la Uve, el alumno ya está menos resistente a las modificaciones y comprende más fácilmente las implicaciones de la Uve (la puntuación atribuida a cada una de las preguntas será presentada más adelante).

TABLA I. Cuestionario (Preguntas de Gowin modificadas).

Pregunta	Puntuación
1. ¿Cuál es la cuestión central (≡ problema) que Ud. está intentando resolver?	2,0
2. ¿A qué hecho (≡ evento, experiencia) se refiere esta cuestión?	1,0
3. ¿Cuáles son los conceptos físicos importantes que implica la cuestión?	1,0
4. ¿Cuál es la teoría involucrada (≡ conjunto articulado de conceptos y proposiciones)?	1,0
5. ¿Qué ha hecho Ud. para probar la teoría?	1,0
6. ¿Cómo puede Ud. resumir los resultados obtenidos? (No olvide relacionar a estas respuestas lo que pensó en la cuarta pregunta). (No olvide responder aquí la pregunta número 1).	1,5
7. ¿Qué otras preguntas se quedaron sin respuesta y podrían ser investigadas posteriormente?	1,0
8. ¿Cómo utilizaría Ud. los conocimientos adquiridos? ¿Qué utilidad podrían tener?	1,5

A pesar de que la propuesta original de Gowin [3] estaba orientada para el análisis de la estructura del proceso de producción de conocimientos, creemos que la Uve epistemológica es un instrumento heurístico que puede auxiliar el proceso de aprendizaje de dos formas: condensar la información y entrelazar los aspectos conceptuales y metodológicos inherentes a la investigación científica. En un primer momento, condensar la información parece ser la principal función de una Uve, dado que, a fin de cuentas, con la Uve epistemológica podemos resumir artículos científicos, libros, teorías e informes. Sin embargo, el aspecto más importante para esta investigación es que una versión modificada de la Uve puede ayudar al alumno a entender mejor el proceso de experimentación. Se entiende que, por ser menos complejo que el originalmente propuesto por Gowin, es probablemente más apropiado para finalidades educacionales [7].

Así, en la construcción de una Uve, como se observa en las Figs. 1, 2, 3 y 4, los alumnos tienen que reposicionar las preguntas del cuestionario para el formato del nuevo instrumento. La Fig. 1 es la Uve epistemológica original de Gowin. Las demás son Uves construidas por alumnos.

Para crear una Uve, en primer lugar es necesario elaborar una cuestión central, que fundamentará todo el proceso experimental. Esa cuestión central es propuesta en el ámbito de un fenómeno de interés que puede originar otras cuestiones, pero en un experimento generalmente se pretende responder sólo una (o pocas). Todo experimento se refiere a algún acontecimiento (natural o provocado) que es llamado evento.

Los alumnos fueron incitados a elaborar esa cuestión central referente al experimento, de tal forma que el resultado producido por la experiencia fuese la respuesta (tentativa) para esa pregunta. En realidad, la primera pregunta del cuestionario preparaba el alumno para este

ítem y, por ser la más relevante, fue evaluada con 2,0 puntos.

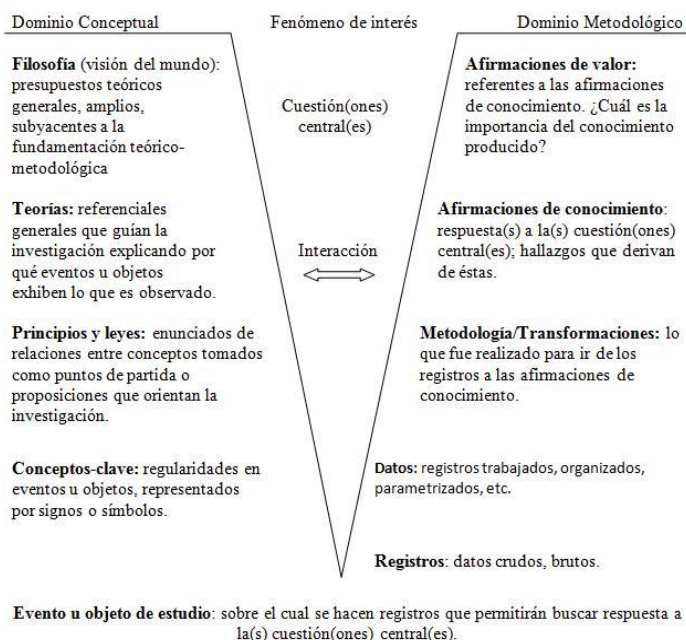


FIGURA 1. Uve epistemológica de Gowin o diagrama Uve [3, 4, 5].

Por el propio formato del instrumento creado por Gowin, la cuestión central apunta para un determinado evento, que en este caso es una experiencia de laboratorio, planificado con el objetivo de responder a esa pregunta. Los alumnos fueron instruidos para utilizar este espacio en el vértice de la Uve para describir los materiales utilizados, el esquema de la experiencia y el procedimiento adoptado para conducir la experiencia. En el cuestionario preparatorio si hacía alusión al evento en la segunda y quinta preguntas.

El lado izquierdo de la Uve representa el dominio conceptual, que en nuestro caso engloba los sistemas conceptuales involucrados en el proceso experimental. No se realiza ninguna pregunta ni se programa el evento sin la influencia de las concepciones de los investigadores: filosofía, teorías y conceptos llevan a la formulación de preguntas y eventos que suministrarán las interpretaciones para los datos obtenidos. Por esa razón, el lado izquierdo de la Uve está constituido por importantes componentes de la investigación, que son muchas veces descuidados [5]. La Uve conduce los investigadores a ser más explícitos sobre el papel que sus visiones de mundo poseen en la investigación. En este espacio, los alumnos deben pensar también en una filosofía (visión de mundo), una creencia, un paradigma, que motiva la experimentación o incluso sobre cómo es la naturaleza de la ciencia. En el cuestionario preparatorio no había preguntas sobre filosofía, quedando ese apartado sólo para la tarea con la Uve.

En el lado izquierdo también deben ser presentadas las teorías que fundamentan toda la experiencia. La teoría orienta la observación de los eventos, de los objetos de estudio y hasta el propio montaje de la experiencia. A pesar

de que en un informe tradicional eso debía quedar claro tanto para el profesor como para el alumno, dedicar un tiempo para pensar sobre la teoría puede conducir al alumno a un entendimiento aún mayor, o incluso puede clarificar para el alumno que la experiencia está fundamentada en una

teoría. Principalmente en este momento, los estudiantes relacionan el contenido abordado en las clases con el contenido estudiado en el laboratorio.

CIRCUITO RLC RESONANTE

Dominio Conceptual

Filosofía: El estudio experimental práctico de los principios y leyes de la Física complementa el conocimiento teórico adquirido por el hombre, y hace que entienda mejor la ciencia que lo rodea.

Teorías: Electromagnetismo

Principios y Leyes:

Definición de impedancia: se llama impedancia (Z) del circuito para la frecuencia de excitación ω_d :

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega_d L - 1/\omega_d C)^2}$$

Oscilaciones forzadas: Un circuito RLC serie puede sufrir oscilaciones forzadas con una frecuencia angular de excitación ω_d si es sometido a una fuerza electromotriz en la forma:

$$E = E_m \sin \omega_d t$$

La corriente producida en el circuito por esa fuerza electromotriz es dada por:

$$i = I \sin(\omega_d t - \varphi)$$

donde φ es la constante de fase de la corriente.

La corriente eficaz I_{rms} é: $I_{rms} = \frac{E_{rms}}{Z}$

La constante de fase φ es: $\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$

La frecuencia natural LC es: $f_n =$

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Conceptos clave: Fuerza electromotriz alternada, corriente eléctrica alternada, capacitor y capacitancia, inductor e inductancia, resistor y resistencia, reactancia capacitiva, reactancia inductiva, impedancia, frecuencia y frecuencia angular, resonancia.

Evento: El circuito (figura en anexo) formado por un resistor, un capacitor y un inductor en serie (RLC) y alimentado por una fuente de corriente alternada será utilizado para determinar cómo varía la impedancia con la frecuencia de excitación de la fuente.

Dominio Metodológico

Afirmaciones de valor: La resonancia tiene lugar cuando $X_C = X_L$, y la potencia disipada en el circuito es máxima. En la práctica, se ponen capacitadores o inductores en serie con la carga de los sistemas para que la constante ϕ sea 0° (y factor de potencia $\cos \phi = 1$). La variación de capacitores e inductores también sirve para sintonizar una frecuencia de resonancia, utilizados en sintonizadores de radio y TV.
Utilizando un osciloscopio con dos canales, podríamos ver y medir las formas de ondas de la fuerza electromotriz de la fuente y de las tensiones en cada componente del circuito, comparando el desfase entre ellas.

Afirmaciones de conocimiento: Calculamos el valor de la frecuencia de resonancia para el circuito RLC en cuestión. Y en la tabla 2 y gráfico 1 observamos un valor mínimo para la impedancia y el valor correspondiente la frecuencia en ese punto es la frecuencia de resonancia. Los dos valores obtenidos para la resonancia son muy próximos, teniendo en cuenta las incertidumbres de mediciones de los instrumentos utilizados. Como vemos en el gráfico 1, la impedancia del circuito RLC depende de la frecuencia de excitación, conforme aumenta la frecuencia (partiendo cerca de cero), la impedancia disminuye rápidamente hasta alcanzar el valor mínimo, que es cuando la frecuencia de excitación se iguala a la frecuencia natural LC, y cuando la frecuencia de excitación es mayor que la frecuencia natural LC, la impedancia es directamente proporcional a la frecuencia de excitación. Cuando el circuito RLC entra en resonancia, el valor de la constante ϕ es 0° , o sea, la fuerza electromotriz y la corriente en el circuito están en fase, pues $X_C - X_L = 0$

Transformaciones: En la tabla 1 tenemos los valores medidos de las tensiones y corriente y los valores calculados de reactancias, resistencias, capacitancia, inductancia y la frecuencia natural (resonancia). En la tabla 2 tenemos los valores de la corriente del circuito en función de la frecuencia de excitación. En el gráfico 1 tenemos la curva de la impedancia del circuito en función de la frecuencia.

Registros: Con la tensión de la fuente en 5V y la frecuencia de excitación en 200Hz, medimos los valores de tensión en el capacitor, resistor e inductor y la corriente del circuito. Con la tensión de la fuente en 5V, variamos la frecuencia y medimos la corriente eléctrica del circuito. Todas las mediciones de tensión fueron medidas eficaces llamadas RMS.

FIGURA 2. Ejemplo típico de Uve construida por un alumno de la disciplina, para el experimento "Circuito RLC Resonante".

En principios y leyes, se describen los enunciados más importantes de la experiencia, como las relaciones entre conceptos y las relaciones matemáticas específicas para el experimento. Es común que los conceptos sean explicados en la forma de proposiciones, sin embargo hay que tener cuidado para que no haya confusiones entre principios, leyes y conceptos: los primeros expresan relaciones entre conceptos, pero no son conceptos propiamente dichos. Los conceptos apuntan regularidades percibidas en eventos u objetos, y los conceptos-clave son los más importantes, los que estructuran la(s) teoría(s), involucrados en el experimento. Esas cuestiones fueron también explotadas en el cuestionario preparatorio, en las preguntas 3 y 4.

El lado derecho de la Uve representa el dominio metodológico y se cree que para los alumnos ésa es la parte más fácil del trabajo, pues contiene los componentes más familiares durante las prácticas de laboratorio. Mientras los registros son los datos de la experiencia, recogidos en su forma bruta, las tablas y los gráficos son considerados transformaciones de los registros. Aquí es necesaria una explicación más cuidadosa de parte del profesor a los alumnos, para evitar una posible confusión entre registros y transformaciones.

En las afirmaciones de conocimiento, la cuestión-central debe ser respondida, tomando el cuidado de abarcar todo el lado izquierdo de la Uve y las transformaciones de los registros de la experiencia. Otro error muy común es analizar los datos de forma desconectada de la teoría o también dejar de responder a las cuestiones centrales. Basándose en experiencias anteriores, los alumnos fueron instruidos para que no confundiesen el resultado de la experiencia con los datos brutos en sí, caso contrario, las afirmaciones se quedarían “sueltas”, lo cual ocurre con facilidad. Es importante que, al hacer el lado derecho de la Uve, los alumnos sean inducidos a percibir que así como la teoría influye en la metodología, los resultados de ésta influyen en la primera. Como sugiere la Uve, hay una interacción entre los dominios conceptual y metodológico de la producción de conocimientos.

Por fin, la afirmación de valor nos proporciona la expectativa del propio alumno sobre la relación que su experimento puede tener con su aprendizaje y con los trabajos futuros. Además, ayuda a entender la utilidad y las implicaciones de su experiencia. En el cuestionario preparatorio, el lado derecho de la Uve fue abordado en las preguntas finales (6 a 8).

En el trabajo de Moreira y Levandowski [7], entre las transformaciones de los datos y afirmaciones de conocimiento había aún otros dos componentes: interpretaciones y procedimiento experimental. En este caso, también los guiones de laboratorio estaban preparados de acuerdo con la propuesta de utilización de la Uve. Sin embargo, aquí se optó por el modelo propuesto por Cappelletto [6], en el cual, el evento contiene el procedimiento experimental y las afirmaciones de conocimiento abarcan las interpretaciones. En nuestra propuesta se mantuvo aún el uso del cuestionario preparatorio y no fue posible alterar los guiones de laboratorio, justificando nuestra elección por la propuesta de Cappelletto [6].

III. METODOLOGÍA

Todos los guiones de los laboratorios de Física General de la UFRGS son tradicionalmente estructurados de modo muy similar en todos los semestres, por eso los alumnos ya están acostumbrados con este tipo de actividad. Debido a la imposibilidad de alteración en esos guiones y la permanencia del enfoque tradicional en los primeros experimentos, fue posible, con ellos, evaluar el conocimiento previo y las dificultades principales de los alumnos. Después se propuso el uso de un informe semi estructurado (cuestionario) y otro en formato diagrama (Uve), manteniendo los guiones estructurados y previamente definidos.

Los encuentros fueron divididos en tres etapas, de acuerdo con la forma de evaluación: en los dos primeros experimentos fueron utilizados informes tradicionales, en los tres siguientes se utilizó el cuestionario, con una versión modificada de las “Cinco Preguntas de Gowin” [6] y en los últimos¹ la Uve de Gowin, como se presenta en el Tabla II.

TABLA II. Distribución de los experimentos conforme los instrumentos de evaluación.

Instrumento	Experimentos
Informe	- Campo electrostático; - Ley de Ohm (lineal, no-lineal).
Cuestionario	- Circuito RC en serie; - Determinación del campo magnético terrestre; - Circuito RC como diferenciador e integrador.
Uve de Gowin	- Flujo magnético; - Inductancia y circuito RL; - Circuito RLC resonante; - Reactancia capacitiva e inductiva; - Lazo de histéresis.

Los informes fueron evaluados de modo tradicional: entendemos que ese es el instrumento de evaluación que los alumnos estaban acostumbrados a producir en semestres anteriores, siendo, por lo tanto, evaluados conforme las orientaciones de la asignatura. Así, el informe debe ser escrito bajo la forma de artículo científico, contemplando, como mínimo, introducción, procedimiento experimental, resultados y conclusión. Al mismo tiempo, debe responder a otros ítems, que se piden en el guión, cual se observa en el Tabla III, donde se describen las actividades que deben ser desarrolladas y los procedimientos que serán evaluados. La puntuación es máxima cuando cada ítem del informe presenta la mejor respuesta posible, de modo claro y objetivo.

Para la evaluación de los cuestionarios, fue atribuida una puntuación variable, entre 1 y 2 puntos, conforme la Tabla I,

¹ La clase del primer semestre realizó cuatro de esos experimentos: flujo magnético; inductancia y circuito RL; reactancia capacitiva e inductiva; lazo de histéresis. La clase del segundo semestre realizó sólo tres: flujo magnético; circuito RLC resonante; reactancia capacitiva e inductiva.

de acuerdo con la relevancia de la cuestión y la posible dificultad encontrada para responderla. Esta “posible dificultad” se basa en el hecho de que el alumno no está habituado a pensar/escribir en los informes. Se espera que el estudiante aprenda a explicitar el conocimiento producido.

TABLA III. Texto retirado del guión sobre campo eléctrico.

Ítems a entregar en el informe sobre campo eléctrico.
IV. – Trabajo a entregar:
1 – Las tres configuraciones del potencial y campo eléctrico en papel milimetrado.
2 – Haga un gráfico del potencial a lo largo del eje x, entre los dos electrodos (entre $x = -10$ y $x = +10$). Calcule la intensidad del vector \vec{E} en los puntos $(-5,0)$, $(0,0)$ y $(+5,0)$.
3 – Haga las medias necesarias para determinar la intensidad de \vec{E} en el punto $(+5, +5)$ y determine este valor.
4 – Describa V: (a) en la superficie del cilindro; (b) en el interior del cilindro.
5 – Teniendo en cuenta que el cilindro es conductor, analice lo que ocurre con sus cargas libres cuando es sometido a la diferencia de potencial impuesta por las placas paralelas.
6 – Analice el comportamiento de las líneas de campo eléctrico para la situación de las partes 1 y 2 de la experiencia:
- ¿A qué sistema de cargas puede ser comparada cada una de ellas?
- ¿Cuál es la relación que hay entre placas infinitas y las placas usadas en el experimento? ¿Son equivalentes?

Para la tercera etapa, los alumnos recibieron instrucciones sobre la Uve y la aplicaron como instrumento para análisis de los experimentos realizados. Se presentaron ejemplos de Uves a los alumnos, incluso uno sobre resistores lineales y no lineales, además de un material explicativo sobre su construcción y sobre cómo serían evaluados los estudiantes. Los criterios usados en la evaluación del desempeño con relación al uso de la Uve están de acuerdo con la propuesta de Gurley-Dilger [8].

Se debe destacar que, de acuerdo con Moreira [5]: “la Uve del experimento efectivamente realizada por el alumno, en sustitución o en complementación al informe, proporcionaría, en principio, informaciones sobre lo que de hecho fue aprendido. En ese sentido, Jamett [1] condujo un estudio en el cual obtuvo evidencias de que la Uve es realmente útil en la evaluación de aprendizaje consecuente de la realización de un experimento de laboratorio”.

Partiendo de esa premisa, se les pidió a los alumnos que elaborasen sus Uves individualmente, para cada experimento de esta etapa, revelando de la mejor manera posible indicios sobre su aprendizaje con el uso del instrumento.

IV. RESULTADOS

La actividad fue realizada en 2009, en la disciplina de Física General y Experimental III del Departamento de Física de la UFRGS, abarcando el contenido de Electricidad y

Magnetismo e impartida a estudiantes de licenciatura y/o profesorado en Física. Eran ocho alumnos matriculados en el turno diurno del primer semestre y otros diez alumnos del turno nocturno en el segundo semestre (no se consideraron los alumnos que abandonaron la asignatura). No hubo la posibilidad de trabajar con muestras escogidas aleatoriamente, tampoco con grupos de control y experimental. Los mismos estudiantes participaron de las tres etapas del estudio en cada semestre.

Las dos clases investigadas presentaron el mismo comportamiento frente al cambio en la forma de evaluación: ambas aceptaron bien los nuevos instrumentos de evaluación y, en cuanto al contenido, la postura también fue positiva.

TABLA IV. Notas de los alumnos del primer semestre.

Laboratorio	TIPO	Alum- no 1	Alum- no 2	Alum- no 3	Alum- no 4	Alum- no 5	Alum- no 6	Alum- no 7	Alum- no 8
Campo electrostático	I	-	8,6	8,3	6,3	6,6	10,0	7,1	8,5
Ley de Ohm (lineal, no-lineal)	I	8,4	8,6	7,0	9,0	10,0	10,0	10,0	-
Circuito RC en serie	C	-	7,5	9,0	8,6	9,0	8,1	7,4	8,7
Determinación del campo magnético terrestre	C	10,0	9,5	9,0	-	9,0	10,0	-	-
RC como diferencia-dor e integrador	C	-	8,9	7,5	8,5	9,0	8,5	7,0	9,5
Flujo magnético	V	7,0	10,0	-	8,0	10,0	9,5	9,5	10,0
Inductancia y circuito RL	V	8,5	10,0	8,5	7,0	9,0	10,0	7,5	10,0
Reactancia capacitiva e inductiva	V	-	10,0	7,5	7,5	8,5	10,0	9,5	10,0
Histéresis	V	-	9,5	6,0	7,0	9,0	10,0	9,5	6,3

Debido al reducido número de alumnos de esta investigación, no fue posible realizar un tratamiento estadístico. Además, otro motivo fue el uso de distintas formas de evaluación. En ningún momento, nuestro

² La columna tipo se refiere a: I= informe; C=cuestionario y V=diagrama Uve.

propósito fue mejorar los resultados de los alumnos en las evaluaciones por medio de la introducción de la Uve de Gowin, percibiéndose incluso la tendencia de que los alumnos con resultados más altos mantuvieron esa característica a lo largo de todo el semestre, y viceversa. Optamos, entonces, por una evaluación cualitativa de los registros. En las Tablas IV y V se presentan los resultados (notas) de los alumnos en el primero semestre y en el segundo.

TABLA V. Notas de los alumnos del segundo semestre.

Laboratorio	TIP O ³	Alum no 1	Alum no 2	Alum no 3	Alum no 4	Alum no 5	Alum no 6	Alum no 7	Alum no 8	Alum no 9	Alum no 10
Campo electrostático	I	-	-	6,0	6,0	-	7,5	10,0	10,0	10,0	7,5
Ley de Ohm (lineal, no-lineal)	I	8,5	6,0	7,0	6,0	8,5	9,0	10,0	8,5	9,0	9,0
Circuito RC en serie	Q	9,5	4,5	-	10,0	10,0	6,5	8,8	9,8	10,0	10,0
Determinación del campo magnético terrestre	Q	9,0	2,0	5,0	8,5	9,8	7,2	10,0	8,8	10,0	8,5
RC como diferenciador e integrador	Q	-	7,0	6,0	10,0	-	9,5	9,0	9,5	10,0	9,2
Flujo magnético	V	6,5	8,0	6,0	-	10,0	8,5	10,0	9,5	9,8	9,5
Circuito RLC resonante	V	8,5	4,0	-	8,5	10,0	8,5	10,0	10,0	10,0	8,0
Reactancia capacitiva e inductiva	V	-	4,0	8,0	7,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0

La utilización del informe tradicional en el inicio del estudio buscaba indicios a respecto de la postura de los alumnos sobre el laboratorio. Nuestra concepción previa, que fue corroborada en esa etapa, era que los alumnos intentaban confirmar la teoría y que procedían de forma mecánica en el transcurso de la actividad, sin reflexionar mucho. A través del cuestionario, se introdujeron nuevos ítems, no muy usuales en informes, como las preguntas 7 y 8 del Tabla I, anticipando lo que vendría a continuación.

³ La columna tipo se refiere a: I= informe; C=cuestionario y V=diagrama Uve.

Finalmente, con el diagrama Uve, se introdujeron ítems que llevasen a la reflexión sobre las relaciones que se podían establecer en la actividad experimental como un todo, como la filosofía o la visión de mundo. Aquí fueron separados los datos de sus transformaciones, lo que tampoco ocurre comúnmente. Así, el impacto esperado por el diagrama Uve era cualitativo y no cuantitativo. Aun así, se observó que la media de los alumnos al utilizar la Uve fue levemente superior a la media alcanzada con el informe, sugiriendo una mejor comprensión del experimento como un todo y de las relaciones teórico-prácticas del contenido abordado.

TABLA VI. Textos de informes entregados por los alumnos.

Experimento	Citas literales, con énfasis agregado
1 Campo eléctrico	<i>La teoría presentada en las clases, sobre la definición de potenciales eléctricos, su relación con las líneas de campo y cómo obtenerla a través del mismo fue confirmada en el laboratorio.</i>
2 Campo eléctrico	<i>A través del experimento fue posible comprobar la relación entre el potencial y el campo eléctrico (...)</i>
3 Campo eléctrico	<i>Este experimento fue útil para probar ingeniosamente teorías de importancia crucial. Así, dentro de lo posible, conseguimos obtener resultados satisfactorios y coherentes con la teoría, no obstante algunos errores desagradables.</i>
4 Campo eléctrico	<i>(...) Vemos también que las líneas de campo entre las dos placas son paralelas, comprobando así la teoría.</i>
5 Ley de Ohm	<i>La ley de Ohm fue verificada experimentalmente.</i>
6 Ley de Ohm	<i>El resultado de este experimento fue satisfactorio, pudiendo comprobar a través de él la linealidad de la razón diferencia de potencial y corriente para resistores óhmicos. (...)</i>
7 Campo eléctrico	<i>Luego se percibe que el campo es constante, pues $E_1 \cong E_2 \cong E_3$, así el campo es uniforme.</i>
8 Ley de Ohm	<i>Basados en el análisis gráfico, podemos afirmar que la bombilla, el resistor común y el resistor VDR son lineales u óhmicos, o sea, su resistencia es constante para una determinada tensión o corriente fija.</i>
9 Ley de Ohm	<i>El objetivo del experimento fue alcanzado. Verificamos la validez de la ley de Ohm a través de experimentos usando diversos tipos de resistores. Verificamos que en la práctica existen tipos de resistores constantes que obedecen a la Ley de Ohm, en ese caso, resistores comunes y lámparas resistivas y que existen también resistores que varían en función de otras variables: VDR – varía según la diferencia de potencial; LDR – varía según la intensidad luminosa; NTC – varía según la temperatura.</i>

En los informes quedó evidente la aparente necesidad de comprobación de la teoría, aun cuando lo que se esperaba con el experimento era justamente mostrar una excepción.

En este caso, como se puede ver en las líneas 7, 8 y 9 del Tabla VI, extrañamente los alumnos tendían a “forzar” el camino de la comprobación de la teoría a través de la experiencia [9], aun cuando los datos (e incluso los gráficos) apuntasen lo contrario.

En el experimento sobre campo eléctrico, el alumno de la línea 7 obtuvo como valores para el campo eléctrico $E_1=26N/C$, $E_2=27N/C$ y $E_3=24N/C$, mostrando que el campo no es constante, pero las consideró aproximadamente iguales para comprobar que el campo es constante. En el experimento sobre la Ley de Ohm, (líneas 8 y 9) solamente el resistor común era óhmico, sin embargo la bombilla y los resistores VDR, LDR y NTC no presentaban esta característica, lo que podía ser identificado a través del gráfico lineal para el resistor común y no lineal para los otros casos. Actuando de este modo, los estudiantes descuidaban características muy ricas sobre aspectos de la teoría, que tal vez fuesen contempladas con un instrumentado menos estructurado.

Aún utilizando el informe, se observó que las fuentes de error no reciben la debida atención. En las dos primeras líneas del Tabla VII se presentan recortes del informe de dos alumnos que realizaron el experimento sobre *campo eléctrico* en el mismo equipo de recogida de datos. Para el alumno A, la fuente de error es importante, pues cualquier modificación en la inclinación de la puntera acusaba un valor diferente en el multímetro, sin embargo la validez del experimento no fue cuestionada. Pero para el alumno B fue *fácil notar* la superficie equipotencial *bien definida*, o sea, la cuestión de la inclinación de los punteros no fue considerada. Se debe notar aquí que éste es, sin duda, el experimento más impreciso del contenido programático, justamente por la dificultad encontrada en cuanto a la localización de los puntos que indican la superficie equipotencial. Esta dificultad causaba indefinición de lectura en el multímetro, ya que el mal posicionamiento o una simple inclinación de las punteras suministraban lecturas muy diferentes. Además de este problema, el alumno B, en su gráfico, supuso una curva basándose sólo en dos puntos obtenidos en la medición. Entonces, ¿cómo se podría decir que dos puntos indican una recta o una curva? ¿Qué curva sería ésa? Serían necesarios más puntos.

Otra discusión a ser realizada en las clases de laboratorio es sobre la cuestión de la mejor identificación de los presupuestos teóricos del experimento. En la última línea del Tabla VII, el alumno hace una aproximación indebida: el experimento trataba de dos placas finitas, no próximas, paralelas. Es conocido y estudiado el resultado teórico para el caso de dos placas infinitas paralelas y, para intentar hacer una aproximación de éste para el caso de las placas finitas, deben estar *muy* próximas. Por lo tanto, el experimento no debería servir como *ejemplo perfecto* de dos placas infinitas. La discusión adecuada debería presentar estas aproximaciones, pues los datos no fundamentan la cuestión de la generalización de los resultados. La suposición teórica involucrada en el experimento no tenía en cuenta una posible generalización. Nuevamente el alumno “forzó” la correspondencia del experimento con la teoría conocida, sin observar estas cuestiones.

TABLA VII. Textos retirados de informes sobre “campo eléctrico” de dos alumnos del mismo equipo.

Alumno	Citas literales
A	<i>A pesar de que la diferencia es muy pequeña, está presente, pues las fuentes de error no eran inexistentes. La mayor de ellas consistía en la inclinación del puntero del voltímetro. Cualquier fuga de la posición vertical, por menor que sea, causaba una gran diferencia de lectura.</i>
B	<i>Con los experimentos realizados es muy fácil observar que las superficies equipotenciales están bien definidas y que no es sólo en la teoría donde podemos dibujar las líneas de campo a partir de las superficies equipotenciales.</i>
B	<i>El 2º experimento es el ejemplo perfecto de dos placas finitas eléctricamente cargadas. Si analizamos un punto muy cercano a las placas y distante de los bordes podemos aproximar aquellas placas como si fuesen infinitas, pues el campo es uniforme y perpendicular a la placa.</i>

Durante la etapa de transición, o sea, en los experimentos con la utilización del cuestionario, algunos alumnos mantuvieron su postura con relación a esa necesidad de comprobación, pero gradualmente pasaron a observar que el experimento no siempre corresponde a las expectativas teóricas, aunque aún así mantenga su valor. Algunos alumnos, incluso para poder elaborar nuevas preguntas (respondiendo al ítem 7 del Tabla I), pasaron a invertir más tiempo en el experimento, testando sus hipótesis. En este caso, la nueva pregunta propuesta en realidad ya estaba siendo investigada, haciendo que el estudiante relacionase mejor el contenido en su estructura cognitiva. En el cuestionario fue atribuido un valor variable para cada pregunta, ya que se intentó explotar aspectos dejados de lado en los informes, como la cuestión central, el análisis más cuidadoso de los datos y la utilidad de cada experimento. Es simple percibir que un buen informe experimental contempla todas las respuestas de este cuestionario, pero, en la práctica, eso generalmente no ocurre.

Con el uso de la Uve epistemológica, en la tercera fase, quedó más claro para los estudiantes que cuando se violan las expectativas, se pueden buscar nuevas explicaciones teóricas o incluso investigar más a fondo nuevas cuestiones. Es este tipo de comportamiento el que se pretendía instigar en los alumnos. En el ítem *afirmación de valor* se les pidió a los estudiantes que sugiriesen por lo menos una nueva cuestión central, que pudiese originar nuevas investigaciones, o que identificasen aspectos que permanecieron sin respuesta después del experimento, informando sobre transgresiones en sus expectativas. Se observa, sin embargo, en la Fig. 2, que la primera de las afirmaciones de valor es, en realidad, una afirmación de conocimiento porque responde a la cuestión central. Es común que haya esta confusión en las primeras Uves construidas por alumnos, e incluso por los profesores.

La Fig. 2 corresponde a la Uve entregada por el alumno cuyo texto retirado del informe fue transcrito en la última línea del Tabla VI. Las Figs. 3 y 4 corresponden a las Uves entregadas por los alumnos de las líneas 3 y 4, también del

Tabla VI. Estas figuras son bastante semejantes a las que fueron construidas por otros alumnos, por eso fueron presentadas aquí como ejemplos. Es perceptible la evolución de los estudiantes frente a su percepción sobre el laboratorio: el carácter complementario de la relación teoría-práctica queda más claro, incluso en diagramas que no estén totalmente completos.

Los resultados obtenidos indican que hubo una mejora progresiva tanto en lo que se refiere a la comprensión como

al uso de la Uve en el análisis de la estructura de cada experimento: los alumnos fueron mejorando su habilidad con el instrumento y, como consecuencia, también su capacidad crítica sobre el propio objeto de estudio. En ese sentido, el aprendizaje significativo -que estábamos intentando buscar- recaería sobre la relación entre teoría y experimentación, más que en cuestiones como la destreza de los alumnos al realizar el experimento.



FIGURA 3. Ejemplo de Uve construido por un alumno de la asignatura, para el experimento “Flujo magnético”.

Esos problemas encontrados, principalmente los de naturaleza conceptual, deben, ciertamente, ser objeto de atención por parte del profesor al usar un enfoque semejante a éste. A rigor, esto es válido para cualquier enfoque que se le dé a la enseñanza experimental, ya que *el aprendizaje derivado de cualquier enfoque a dicha enseñanza solamente será significativo en la medida en la que el aprendiz tenga en su mente una estructura conceptual con un mínimo de claridad, estabilidad y diferenciación que sirva de ancladero, interactivamente, para ese aprendizaje* [7]. Todas las experiencias anteriores, principalmente las vividas en situación de laboratorio, son factores que ejercen mayor

influencia en el aprendizaje subsiguiente, según Ausubel [2].

Esos obstáculos no podrían ser identificados en un informe tradicional, pues su propia estructura no cede espacio para ciertos cuestionamientos, muy relevantes para fundamentar la futura práctica profesional del estudiante. El informe refuerza la tendencia del alumno a escribir mucho y reflexionar poco sobre el experimento. La Uve está justamente en la dirección opuesta, haciendo que el alumno reflexione más y escriba menos o, por lo menos, con más propiedad.

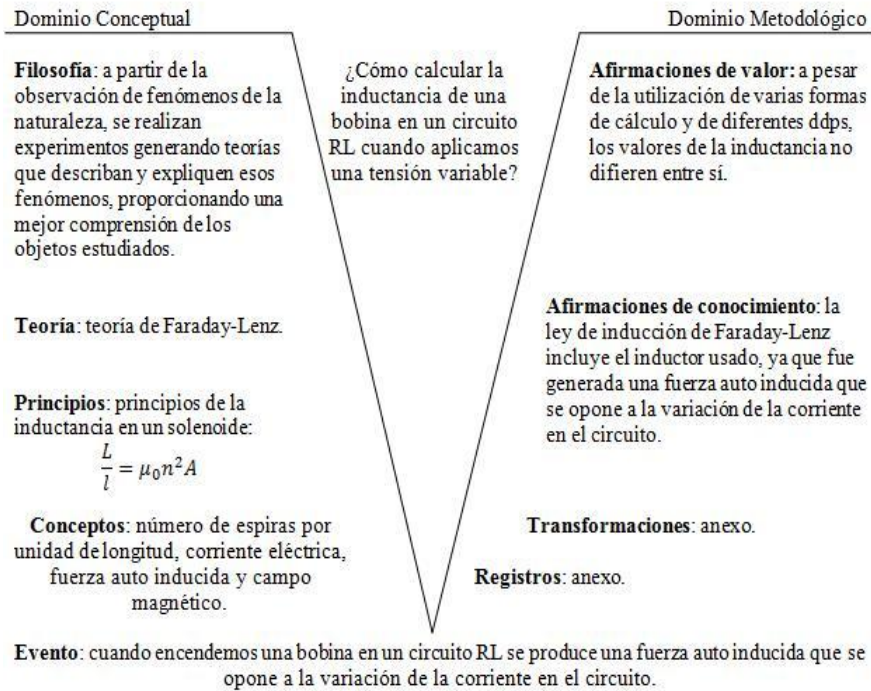


FIGURA 4. Ejemplo típico de Uve construido por un alumno de la asignatura, para el experimento “Inductancia y circuito RL”.

V. CONCLUSIONES

El aprendizaje significativo depende fundamentalmente del conocimiento previo del aprendiz, pero depende igualmente de su predisposición para aprender y ésta depende de que las situaciones tengan lógica para quien aprende. En ese caso, creemos que las situaciones de laboratorio, en asignaturas de Física General, pasan a tener mucho más sentido para los estudiantes cuando son conducidas en la perspectiva de la Uve epistemológica y, por lo tanto, con mayor potencial para facilitar el aprendizaje significativo. Los guiones de laboratorio tradicionales, tipo “receta”, normalmente promueven el aprendizaje mecánico. Se sabe que la Uve por sí sola no trae resultados efectivos, sin embargo puede suministrar indicios que lleven a la posibilidad de promover modificaciones en los guiones y/o en la metodología utilizada en las clases de laboratorio, lo cual, al menos por ahora, no fue posible.

Así como en otras investigaciones [5, 6, 7, 8, 10], se percibió que los alumnos gradualmente adquirieron destreza en la construcción de la Uve. Esto puede significar que, si se diese continuidad a este modo de evaluación, tal vez tendrían cada vez más habilidad en relacionar la teoría con la experimentación, haciendo el aprendizaje más y más significativo. Por otro lado, el contacto inicial de los alumnos con la Uve no fue más satisfactorio debido a las características del propio instrumento: siempre que hay necesidad de alterar una conducta hasta entonces muy bien utilizada por los estudiantes - de “escribir más y pensar menos” para “pensar más y escribir menos” - hay, al

principio del proceso, mucha expectativa y un poco de incomodidad.

Esta actividad se mostró bastante simple en su aplicación, teniendo en cuenta que los alumnos demostraban cierta antipatía por los informes tradicionales, a pesar de que, aun así, se resisten un poco a los cambios. Para un alumno debidamente instruido, la construcción de la Uve pasa a ser una actividad menos penosa que la elaboración de un informe y mucho más constructiva.

La Uve de Gowin pareció ser un buen instrumento para revertir la situación actual de las clases de laboratorio. Dando seguimiento a esta investigación, se pretende comparar el uso de informes tradicionales y Uves, en un nuevo estudio, sin embargo aún no se tiene información sobre el número de alumnos/clases participantes o la posibilidad de reelaboración de los guías de laboratorio. También se propondrá un acompañamiento del desempeño del alumno en semestres posteriores a la intervención, si posible, con el objetivo de evaluar si los cambios de postura con relación a las actividades experimentales son persistentes.

REFERENCIAS

- [1] Jamett, C. H. D., *Laboratório de Física: uma análise do currículo e da aprendizagem*, Porto Alegre, Dissertação (Mestrado em Física) – IF – UFRGS, (1985).
- [2] Ausubel, D. P., *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*, (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000).

- [3] Gowin, D. B., *Educating*. Ithaca, (Cornell University Press, New York, 1981).
- [4] Gowin, D. B., Álvarez, M. C., *The art of educating with V diagrams*, (Cambridge University Press., New York, 2005).
- [5] Moreira, M. A., *Mapas Conceituais & Diagramas V.*, (Edição do Autor, Porto Alegre, 2006).
- [6] Cappelletto, E., *O Vê de Gowin conectando teoria e experimentação em Física Geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo*, Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – IF – UFRGS, (2009).
- [7] Moreira, M. A., Levandowski, C. E., *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*, (Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1983).
- [8] Gurley, D. L., Gowin's, V., *Linking the lecture and the laboratory*, *The Science Teacher* **59**, 50-57 (1992).
- [9] Martinelli, F.; Pacca, J. L. A., *Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 497-505 (2006).
- [10] Moreira, M. A., *An ausubelian approach to physics instruction: an experiment in an introductory college physics course*, Tese de doutorado. Ithaca, Nova Iorque, Cornell University, (1977).