

Aprendizaje significativo y desarrollo de competencias científicas en física a través de la Uve Gowin

Ivan Ramón Sanchez Soto¹, Edith del Carmen Herrera San Martín²

isanchez@ubiobio.cl , eherrera@ubiobio.cl

¹UBB, Universidad del Bío Bío: Avda. Collao 1202, Casilla 5-C - CP: 4051381 Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Concepción, Región del Bío-Bío, Chile.

²Facultad de Educación y Humanidades, Departamento de Ciencias de Educación, La Castilla 311, Chillán, Campus la Castilla, Universidad del Bío-Bío, Chillán, Región de Ñuble, Chile.

Resumen

La investigación aborda la eficacia de los trabajos prácticos de Física por indagación y modelización con el uso del diagrama Uve de Gowin en el nivel de logro de la competencia científica y el rendimiento académico de estudiantes de Ingeniería Civil. El diseño aplicado es cuasi-experimental con pre y post-test con dos grupos de estudio. Para ello, se realizó previamente la construcción y validación de las guías de laboratorio diseñadas para trabajar por indagación y modelamiento, las cuales se organizaron en un manual para el semestre. La práctica de laboratorio se inició con un proceso de inducción a los estudiantes del grupo experimental en la forma de construir el diagrama Uve en formato digital al indagar una situación problema en el laboratorio y su evaluación se realizó a través de una rúbrica que entrega evidencia del proceso. Las mayores dificultades detectadas se refieren a construir preguntas investigables, identificar variables, formular hipótesis con respecto al problema a resolver. Los resultados demuestran mejoramiento en el nivel de logro de la competencia científica en el grupo experimental y en el rendimiento académico se muestran cambios estadísticamente significativos con respecto al grupo control. Finalmente, los estudiantes valoran positivamente el trabajo colaborativo en la indagación y el modelamiento de situaciones en el contexto de Ingeniería.

Palabras clave: Educación en Ingeniería, indagación, modelización, prácticas de laboratorio

Significant learning and development of scientific competences in physics through uve Gowin

Abstract

The research studies the effectiveness of the practical work of Physics by inquiry and modeling with the use of the Uve de Gowin diagram in the level of achievement achieved of scientific competence and in the academic performance of Civil Engineering students. The applied design is quasi-experimental with pre and posttest with two study groups. For this, the construction and validation of the laboratory guides designed to work by inquiry and modeling organized in a manual was carried out previously. The laboratory practice begins with a process of induction to the students of the experimental group in the form of investigating, modeling and constructing the Uve diagram digitally prior to the laboratory sequence programmed for a semester. Its evaluation was carried out through a rubric that provides evidence of the processes of inquiry and modeling, the major difficulties detected are referred to constructing searchable questions, identifying variables, formulating hypotheses in the problem situation to be solved. The results show improvement of the level of achievement of the scientific competence in the experimental group and in the academic performance show statistically significant changes with respect to the control group. Finally, the students positively value the collaborative work in the investigation and the modeling of situations in the Engineering context.

Keywords: Education in Engineering, inquiry, modeling, laboratory practices

Résumé

La recherche étudie l'efficacité des travaux pratiques de physique par recherche et modélisation à l'aide du diagramme de Uve de Gowin, tant au niveau de la réalisation des compétences scientifiques que de la performance académique des étudiants en génie civil. La conception appliquée est quasi-expérimentale avec pré et post-test avec deux groupes d'étude. Pour cela, la construction et la validation des guides de laboratoire conçus pour fonctionner par enquête et modélisation modélisées dans un manuel ont déjà été réalisées. La pratique de laboratoire commence par un processus d'induction destiné aux étudiants du groupe expérimental, consistant à rechercher, modéliser et construire numériquement le diagramme d'Uve avant la séquence de laboratoire programmée pour un semestre. Son évaluation a été réalisée à travers une rubrique qui apporte la preuve des processus d'investigation et de modélisation, les principales difficultés détectées étant liées à la construction de questions interrogeables, à l'identification de variables, à la formulation d'hypothèses dans la situation à résoudre. Les résultats montrent une amélioration du niveau de réalisation des compétences scientifiques dans le groupe expérimental et des performances académiques montrent des changements statistiquement significatifs par rapport au groupe témoin. Enfin, les étudiants apprécient positivement le travail collaboratif dans la recherche et la modélisation de situations dans le contexte de l'ingénierie.

Mots clés: Education en ingénierie, enquête, modélisation, pratiques de laboratoire

1. INTRODUCCIÓN

Autores como, Hofstein (2017), Hofstein y Lunetta (2004), National Research Council (2005), Shulman y Tamir (1973) han planteado que el aprendizaje en el laboratorio implica un conocimiento práctico, proporciona la oportunidad para hacer que la ciencia sea "real" al estudiante y favorece el desarrollo de habilidades, convirtiéndose así en un núcleo del proceso de aprendizaje de ciencias. Sin embargo, Hodson (1994) concluyó que en las prácticas de laboratorio muchas veces los estudiantes se perciben activos, pero muchos de ellos son incapaces de establecer la conexión entre "lo que están haciendo y lo que están aprendiendo" cuando estas prácticas no están bien diseñadas y los estudiantes desarrollan actividades de laboratorio, siguiendo instrucciones "tipo receta". Por ello, cuestionamos esta forma tradicional de aprender en el laboratorio y planteamos como objetivo diseñar e implementar prácticas de laboratorio que fomentan la construcción del aprendizaje por indagación y modelización a partir de una situación problemática contextualizada a su carrera (Ausubel, 2002), en el laboratorio de Física General I, trabajando en grupos colaborativos.

Lo anteriormente señalado obedece a que el proceso formativo de los estudiantes de Ingeniería, propone el desarrollo de competencias profesionales para adaptarse exitosamente a los cambios que están ocurriendo en el entorno laboral (resolución de problemas, toma de decisiones, comunicación, colaboración, creatividad, innovación, pensamiento crítico). Desde esta perspectiva y fundamentados en la Teoría Aprendizaje Significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983; Ausubel, 2002) para concretarlo lo estudiamos a través de prácticas de laboratorio constructivas por indagación y modelización (Windschitl, Thompson y Braaten, 2008).

Por lo anterior, el estudio aborda cómo transformar el laboratorio tradicional en prácticas que demandan conocimientos de física y procesos cognitivos de nivel superior con el objeto de aportar en el desarrollo de la

competencia científica de los estudiantes, para lo cual, se utiliza como andamiaje de este proceso indagatorio el diagrama Uve Gowin. Cada sesión Trabajo Práctico de Laboratorio (TPL) se inicia analizando una situación problemática por los estudiantes, los cuales han de elaborar preguntas, indagar sobre los conceptos involucrados en el problema, identificar sus variables, generar hipótesis, elaborar un diseño para probarlas, hacer la recolección y organización de los datos y finalmente elaborar conclusiones (argumentadas como respuesta a los objetivos e hipótesis y basada en datos teóricos- empíricos).

Los estudiantes van sistematizando en el TPL sus explicaciones, datos, modelos, registrándolos en los elementos didácticos constitutivos del diagrama Uve digital. Durante el desarrollo de este proceso se realiza el seguimiento de la competencia científica, (OCDE, 2016) la cual, es evaluada a través de indicadores en el nivel de logro alcanzado en tres sub competencias científicas: 1) Identificación de cuestiones científicas; 2) explicación científica de las situaciones; 3) uso de pruebas relevantes.

De esta forma los trabajos prácticos de laboratorio de física han sido diseñados con el propósito de que los estudiantes se apropien de los conceptos, desarrollen competencias científicas e integren, actitudes en el trabajo colaborativo, de modo que, la experiencia de aprendizaje realizada por los estudiantes en el laboratorio sea significativa.

2. Aprender con significado a través del diagrama Uve de Gowin en el laboratorio.

2.1 Finalidad Trabajo Práctico Laboratorio (TPL)

Los trabajos prácticos de laboratorio han sido concebidos con la finalidad de que los estudiantes no solo aprendan contenidos cognitivos, sino también, métodos y destrezas que permitan acceder a este conocimiento. Según lo plantean Carreras, Yuste y Sánchez (citados por Agudelo y García, 2010, p.150) "Los experimentos, por sencillos que sean, permiten a los estudiantes profundizar en el conocimiento de un fenómeno determinado, estudiarlo

teórica y experimentalmente, y desarrollar habilidades y actitudes propias de los investigadores...”.

Hofstein (2017) señala que en la literatura de educación científica la lista tradicional de objetivos para el laboratorio incluye: i) Comprensión de los conceptos científicos, ii) Interés y motivación, iii) Promover la actitud hacia la ciencia., iv) Habilidades científicas prácticas y habilidades para resolver problemas, v) Hábitos de pensamiento científicos, vi) Comprender la naturaleza de la ciencia (NOS), vii) La oportunidad de hacer ciencia. Cabe señalar que algunos de estos objetivos, como "mejorar el aprendizaje de los conceptos científicos" han sido sugeridas como metas para la actividad de laboratorio según Bennett, (2003).

Las investigaciones revisadas sugieren que muchos estudiantes participan en actividades de laboratorio sin tener claridad con el objetivo que este persigue. Según Von Aufschnaiter. y Von Aufschnaiter (2007) si los alumnos no tienen un concepto que se relacione al contenido presentado, es probable que no comprendan la finalidad del experimento.

Para Chang y Lederman, (1994) un trabajo de laboratorio está bien diseñado, cuando al enfrentarse el estudiante con situaciones problemáticas, le permite desarrollar sus habilidades científicas, sin embargo, gran parte de las dificultades de enseñanza del laboratorio están asociadas a las ideas de los maestros, por considerar a esta práctica como una forma de comprobar la teoría (Hodson, 1994) y en sus diseños las actividades se caracterizan por el control en seguir instrucciones desde una pauta , dejando de lado la exploración de las ideas previas y el aprendizaje por error, limitando así el desarrollo de habilidades de orden superior. Por lo anterior, es clave cambiar esta visión tradicional de enseñanza en el laboratorio y el diseño de las actividades prácticas de laboratorio que promuevan la construcción del aprendizaje significativo por los estudiantes.

2.2 Diseño TPL para aprendizaje con significado con el diagrama Uve de Gowin.

El aprendizaje significativo, según Moreira (2010), supone cuestionamiento y requiere la implicación personal de quien aprende, es decir, una actitud reflexiva hacia el propio proceso y al contenido objeto de aprendizaje, tendiente a que nos preguntemos qué queremos aprender, por qué y para qué aprenderlo significativamente. Este autor señala, además, que construir la Uve de Gowin es un método de aprendizaje que capacita al alumno para las actividades de indagación dentro de la ciencia, siendo una herramienta eficaz de auto-evaluación, para valorar la intensidad y calidad de interacciones entre lo que el alumno sabe, piensa y lo que hace.

Basado en ese planteamiento Roth y Tobin (2007) indican: "Un ingrediente crucial para el aprendizaje significativo en las actividades de laboratorio es proporcionar a cada estudiante oportunidades para reflexionar sobre los hallazgos, aclarar la comprensión y la incomprensión con sus compañeros, y consultar una variedad de recursos, que incluyen otros estudiantes, el maestro, libros y materiales" (p. 415).

Un enfoque de aprendizaje constructivista considerando el uso del diagrama Uve Gowin como un instrumento facilitador se diseñan las sesiones de laboratorio para explorar conocimientos previos, relacionar conocimientos

conceptuales, elaborar modelos explicativos sobre un problema, con un trabajo que difícilmente los estudiantes pueden llevar a cabo sólo de memoria, puesto que requiere no sólo de interpretación, sino además de análisis, síntesis y evaluación del conocimiento, así como, la negociación de significados entre los integrantes del grupo y de estos con el profesor.

Según sus autores Novak y Gowin (1988) el diagrama Uve está formado por el lado conceptual o saber (izquierdo) y el lado hacer o procedimental (derecho). Para Escudero y Moreira (1999), Herrera y Sánchez, (2012) la construcción de esta herramienta heurística permite integrar el conocimiento cotidiano con el científico, logrando ser considerada altamente significativa.

La adaptabilidad de la Uve de Gowin a los diferentes contextos en los que se ha empleado, según López, Veit y Solano (2014), ha demostrado que dicha herramienta, utilizada por los alumnos, admite una mejoría en la actitud hacia la resolución de problemas de física y un análisis más profundo y significativo de estos. La figura 1 muestra los elementos didácticos específicos del diagrama Uve de Gowin digital adaptada para esta investigación.

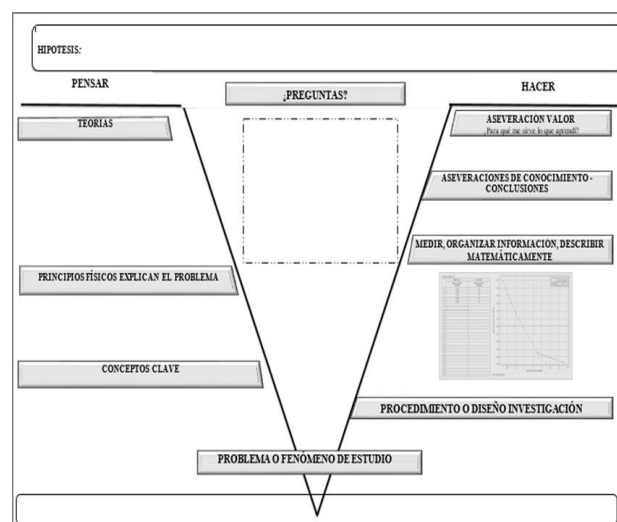


Figura1. Modelo digital diagrama Uve de Gowin adaptado en TPL de Física (autores, 2019).

Creemos que esta Uve digital, adaptada ayudará a los estudiantes a razonar sobre los hechos, de acuerdo a una finalidad (la pregunta de indagación), procurando que este razonamiento sirva para vincular significativamente situaciones problemas con variables (causales), conceptos, unas ideas con otras, y hechos e ideas, entre sí. En este sentido, el diagrama Uve se convierte en un recurso que conduce a los estudiantes hacia la interpretación de lo que están haciendo en un lenguaje científico.

Es importante destacar que la producción de conocimiento no se concluye con la obtención de unos determinados resultados, sino que el proceso se extiende hacia las afirmaciones de valor, que pueden motivar la reformulación de conceptos y teorías, comenzando un nuevo el proceso, del mismo modo que los planteamientos clásicos de la metodología científica. De acuerdo con Sanabria y Ramírez (2004); García, Insausti y Merino, (2003) la adaptación de la Uve de Gowin usada de manera consciente y reflexiva, contribuye con el aprendizaje de los estudiantes en el laboratorio.

Durante el trabajo que realizan los estudiantes, el maestro actúa como guía y apoyo para que estos desarrollen control y conciencia sobre su aprendizaje en varias etapas de la indagación y en discusiones que tienen lugar con sus compañeros, en lugar de actuar solo como un facilitador de datos e información. En su rol como mediador el profesor debe “negociar significados” conceptuales para que en un episodio de enseñanza el alumno capte, y venga a compartir, los significados de lo que está aprendiendo.

En la perspectiva socio-constructivista (Vygotsky, 1979), en la que se enmarcan las actividades de laboratorio diseñadas a partir de una situación problema, se propician interacciones sociales, para hacer cuestionamientos en que una persona con más conocimiento guía la comprensión emergente de otra. El trabajo colaborativo de los grupos de laboratorio se desarrolla en un entorno menos formal que el aula convencional, el que promueve el diálogo, compartir significado a través de la interacción entre material educativo, (diagrama Uve de Gowin) estudiantes y profesor. Según San Martín y Aymerich, (2014) en la interacción dialógica durante la construcción de los diagramas Uve de Gowin cada alumno recorrerá la Uve según su propio estilo de aprendizaje, siendo múltiples los recorridos válidos y su completación puede no ser correcta en un primer momento, pero deben evolucionar a partir de la discusión y de la corrección colectiva de los errores hasta llegar a representar en la conclusión, la interpretación “pactada” (la explicación) de los fenómenos estudiados en clase entre los estudiantes y el profesor. En esta perspectiva, el diagrama Uve puede ser usado para: a) establecer conexión entre la teoría y el laboratorio; b) orientar la planificación de la indagación.

3. Desarrollo de la Competencia Científica por indagación en el laboratorio.

El concepto de competencia es polisémico y a su alrededor existen muchas definiciones, por esta razón según Sanmartí y Marquéz (2017) un concepto en construcción que evoluciona a partir de reflexiones teóricas, la práctica y la evolución de la sociedad. La OCDE (2006) por su parte, señala que la competencia es una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes apropiadas para desenvolverse adecuadamente en distintos contextos de la vida diaria. Siguiendo en esta línea, pero en el marco de PISA se plantea como "la capacidad de usar el conocimiento científico, identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el medio natural y los cambios que son consecuencia de la actividad humana".

Esta noción de competencia como una capacidad de poner en práctica de forma integrada, en contextos y situaciones diversas, los conocimientos, destrezas y actitudes desarrolladas en el aprendizaje, supone dos novedades importantes, en primer lugar, se subraya la puesta en práctica, la aplicación de lo aprendido a contextos y situaciones nuevas y en segundo lugar se plantea la integración de saberes conceptuales, destrezas y actitudes.

Para el estudio entendemos que la competencia científica se delimita en los ámbitos que esta incluye, por lo que, se establece su estudio a través de tres sub competencias: 1) Identificación de cuestiones científicas; 2) explicación científica de las situaciones; 3) uso de pruebas relevantes. Todas estas sub competencias requieren conocimientos científicos, conocimientos procedimentales y conocimientos

epistémicos y desde esta perspectiva adherimos a Perrenoud (2007) que aporta una visión integrada al señalar que la competencia representa una “capacidad para movilizar varios recursos cognitivos para hacer frente a un tipo de situaciones”.

En el último informe PISA (OECD, 2016) la visión de competencia científica ha evolucionado en parte y de acuerdo a Sanmartí y Marquéz (2017) se podría discutir si esta es más idónea o no. En él se señala que la competencia científica es “la habilidad para interactuar con cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo”. Como se puede comprobar, la definición destaca el “para qué” aprender ciencias para toda la población, y lo relaciona con la toma de decisiones para actuar en base a pruebas.

En este sentido es muy importante el rol de la educación universitaria para la promoción y desarrollo de la competencia científica en los procesos formativos de los estudiantes, ya que resulta crucial en la preparación para la vida de las y los jóvenes. Esto, porque mediante ella el individuo puede participar plenamente en una sociedad, donde las ciencias desempeñan un rol fundamental, faculta a las personas para entender el mundo que les rodea y poder intervenir con criterio sobre el mismo.

3.1 Los TPL por indagación en el desarrollo de competencia científica.

De acuerdo a Abrahams (2011) los laboratorios por indagación son fundamentales para el aprendizaje de las ciencias, porque los estudiantes están involucrados en el proceso de concebir problemas, formular hipótesis, diseñar experimentos, recopilar y analizar datos, y sacar conclusiones sobre problemas científicos o fenómenos científicos y concluye que “este enfoque fomenta el aprendizaje más activo, más profundo y constructivo por parte de los estudiantes

Por su parte, Maubecin y Romano (2015) concluyen que el trabajo práctico de laboratorio puede ser orientado de manera que los estudiantes tengan la posibilidad de interpretar las situaciones y resultados de diversas formas, lo que les permite transformar el conocimiento y expresarlo a través de la escritura reconociendo esta como un potencial epistémico porque ofrece la posibilidad de reestructurar el pensamiento al momento de enfrentar lo que sabían frente a un tema y lo que demanda la nueva situación.

La indagación centrada en modelización en este estudio sigue la propuesta de Windschitl, Thompson y Braaten, (2008) que la define como una estrategia para analizar un fenómeno y para formar estudiantes capaces de resolver un problema, los que trabajando en grupos colaborativos pueden involucrarse para plantear una pregunta de investigación, recolectar evidencia desde conceptos, teorías y leyes, involucrarse en la creación de un diseño investigación sobre ese problema, proponer y probar hipótesis, analizar datos e inferir resultados, comparar estos resultados con otras ideas, discutir con otros compañeros, con su profesor y comunicar su conclusión basada en argumentos científicos. En el desarrollo de este proceso investigativo es factible estudiar cómo se va desarrollando la competencia científica.

Los TPL de Física General bajo estructura modular han sido diseñados para favorecer la indagación y modelización con el uso del diagrama Uve, yendo más allá de las destrezas

manipulativas y proponen abordar de forma integral una situación problema relacionada con el contexto de Ingeniería y que promueva el desarrollo de la competencia científica. Los estudiantes enfrentados a estas situaciones tienen que tomar decisiones para precisar los problemas, esto es: definirlos, identificarlos y entenderlos. Una vez que esto ocurre, lo siguiente es entrar en el proceso de resolución en donde se espera que ellos vivan situaciones de alguna manera similares a los que viven las comunidades de científicos, que hacen investigación en sus respectivos campos del saber, en este estudio de problemas de cinemática, dinámica, trabajo y energía entre otros.

Considerando este planteamiento, la noción de competencia la entendemos como un proceso en construcción que involucra una “movilización de saberes” en: i) el uso de los conceptos involucrados en el problema, ii) su interrelación con el diseño a probar y el uso interactivo de herramientas en laboratorio, iii) en la interacción de estudiantes heterogéneos para actuar en forma autónoma en el desarrollo de su trabajo.

Esta forma de abordar los trabajos prácticos, se aleja del aprendizaje por descubrimiento, puesto que, en las actividades experimentales, resulta muy relevante la construcción del diagrama Uve y la guía del profesor (Hmelo Silver, Duncan y Chinn, 2007) para que los estudiantes desarrollen las capacidades de indagación, representación cualitativa y la modelización matemática. Con las actividades propuestas, el estudiante tendrá la oportunidad de aplicar conocimientos teóricos y experimentar para resolver las situaciones problemáticas propuestas que le permitirán observar, reflexionar e interpretar, desarrollando capacidades de investigación inherentes al razonamiento científico, en cada una de las tres sub competencias científicas anteriormente mencionadas.

En coherencia con el cambio metodológico en los trabajos prácticos se implementó la evaluación de proceso en cada sesión de laboratorio. Esta evaluación se realiza según la completación de los elementos didácticos en el diagrama Uve de Gowin al inicio y durante el desarrollo del laboratorio utilizando una rúbrica (ver figura 5) que busca pesquisar el nivel de logro de los estudiantes en las tres sub competencias científica (OCDE, 2016), específicamente en: 1) Identificación de cuestiones científicas; 2) explicación científica de las situaciones; 3) uso de pruebas relevantes; y se incorpora además como indicador de evaluación la actitud hacia el trabajo colaborativo demostrada, para establecer el desempeño alcanzado por los alumnos en la sesión.

De esta forma, la experiencia de aprendizaje-práctica del laboratorio de física está orientada a desarrollar en los estudiantes sus capacidades para formular preguntas relevantes, sistematizar información, analizar datos empíricos y teóricos.

4. METODOLOGÍA

La investigación responde a un enfoque cuantitativo a través de un diseño cuasi-experimental de dos grupos independientes (Cohen y Manion, 1990), un Grupo experimental (GE) y un grupo control (GC) con pre y post-test en la variable de estudio: rendimiento académico en la carrera de Ingeniería Civil. Ambos grupos cursan la asignatura Física I, bajo estructura modular y realizan los TPL de física en el módulo I y II. En cada sesión del laboratorio se evalúa el contenido del diagrama Uve y un

test de salida. Al término de cada módulo los estudiantes realizan un test de ciclo. Con los resultados parciales y final de cada módulo se obtiene el rendimiento final del laboratorio.

Se ha considerado complementar este diseño con el uso de técnicas cualitativas para describir en forma integrada el nivel de logro alcanzado en el desarrollo de la competencia científica en el GE durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un semestre, a través de una rúbrica que evalúa cada una de las tres sub-competencias científicas. Esta rúbrica ha sido validada en su contenido y constructo por expertos (ver figura 4) y adaptada luego de su aplicación en una sección piloto en el semestre anterior. Además, los estudiantes del GE contestaron una encuesta sobre su percepción del aprendizaje al finalizar el curso.

La investigación se organizó en dos fases:

Fase I: la primera se desarrolla en el primer semestre del año 2018 entre febrero y julio e incluye el diseño de las guías didácticas de TPL. A partir de la revisión teórica se definió el diseño y la necesidad de construir los instrumentos de evaluación para medir cada una de las sub competencias científicas y la forma de validación por juicio de expertos (n=5) que permitió establecer la validez de contenido y de constructo. Al comenzar los TPL en ese semestre se realizó en esta fase del estudio piloto la propuesta de cambio metodológico en el Laboratorio de Física general, con su aplicación y seguimiento. Como resultado de esta fase se obtuvo la adecuación de las guías didácticas y de los instrumentos evaluativos, para realizar los ajustes necesarios y luego ser empleados en la recolección de información en la fase siguiente.

Fase II: La segunda fase se realizó entre agosto y diciembre del 2018 y se inició con la implementación de la propuesta, recolección de datos y sistematización de la información durante el segundo semestre de ese año. En esta fase se consideró la elección de una muestra de estudiantes de primer año de Ingeniería Civil, la que presenta la tabla 1.

Tabla 1

Grupos	Asignación	Tratamiento TPL
Grupo Experimental Ingeniería Civil	No azar (n=100)	Indagación modelización Con Diagrama V de Gowin
Grupo Control Ingeniería Civil	No azar (n=100)	Laboratorio informe Tradicional

Desde la perspectiva del estudio de la propuesta metodológica implementada en estudiantes de Ingeniería se presenta a continuación el diseño didáctico con el trabajo de cada sesión y la forma en cómo fue realizada su evaluación.

4.1. Fase I: Diseño de trabajos prácticos de física con Uve de Gowin

La metodología ha sido diseñada de tal forma que el estudiante tenga un rol activo en su aprendizaje, sea reflexivo sobre el porqué de las actividades que realiza y tenga un conocimiento del proceso, del resultado y de su aplicación en el contexto de Ingeniería. Al indagar los contenidos de física en su práctica de laboratorio, utilizando el diagrama Uve de Gowin, se implica en su aprendizaje de

manera activa, autónoma y colaborativa, utilizando los recursos tecnológicos (Data Studio) del programa informático Casptone-Pasco y se orienta en este proceso el desarrollo de las sub competencias científicas 1, 2 y 3, como se muestra en la figura 2.

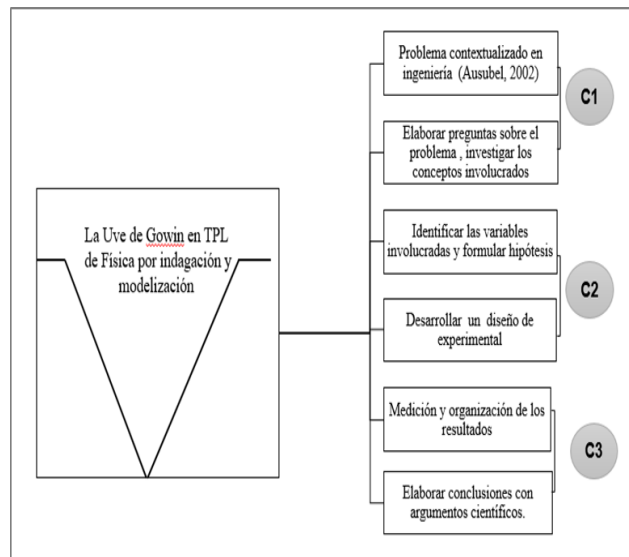


Figura 2. Diseño de TPL de Física con uve de Gowin por indagación y modelización. (Autores, 2019)

4.1.1 Propuesta didáctica de TPL por indagación y modelización

a. Planificación de sesiones: el cambio metodológico en los TPL se comunicó a los estudiantes al inicio de la asignatura, que considera el Módulo I y II, los cuales recibieron el compendio de guías de laboratorios disponibles en la plataforma Moodle, UBB. Este diseño incluyó 10 sesiones de trabajo para el desarrollo del curso y consideró en su diseño: 1 sesión de inducción, 5 sesiones del Módulo I y 4 sesiones en Módulo II. La tabla 2 muestra la organización de las distintas sesiones del TPL.

Tabla 2

Programación de secuencia didáctica de TPL Física

Módulo I	Módulo II
*Laboratorio de inducción a la metodología	
1. ¿Cómo rectificar una curva?	1. ¿Por qué se mueven los cuerpos?
2. ¿Qué variables físicas se manifiestan en el movimiento rectilíneo uniforme?	2. ¿Se conserva la energía en un carro que se mueve en un tramo de una montaña rusa?
3. ¿Qué variables físicas están presente en el movimiento rectilíneo uniforme variado?	3. ¿Cuáles son las variables que afectan el movimiento de rotación?
4. ¿Cuáles son las variables que influyen en el alcance de un proyectil?	4. ¿Cuáles son las variables que afectan al movimiento oscilatorio?
5. ¿Cuáles son las variables presentes en cantidad de movimiento de un cuerpo?	

El diseño de aprendizaje experimental propuesto con la problematización de una situación real permite al estudiante, un acercamiento teórico de los conceptos físicos y la REIEC Año 2019 Nro. 14 Mes Diciembre
Recepción: 21/07/2019

modelización matemática, en su aplicación como instrumento útil en el ejercicio de la ingeniería, desde este planteamiento los modelos son interpretaciones de lo que acontece en el mundo físico desde una teoría o marco conceptual.

b. Diseño guía didáctica: Cada guía de laboratorio de TPL de Física General consta de un encabezado común con los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales y se acompaña de una rúbrica de evaluación utilizada por el profesor (ver figura 5) y por los estudiantes en su autoevaluación.

Durante el desarrollo del laboratorio se trabaja en grupos colaborativos de dos o tres estudiantes, para desarrollar la guía didáctica y completar el diagrama Uve de Gowin (formato digital) en sus elementos didácticos constitutivos, dando evidencia en su construcción del desempeño alcanzado en cada una de las sub competencias científicas. A modo de ejemplo, en la figura 3, se desarrolla una de las sesiones de trabajo del módulo II, específicamente de la sesión 2 del TPL.

c. lectura e indagación sobre la situación problema:

¿Se conserva la energía en un carro que se mueve en un tramo de la montaña rusa?

Una vez que se presenta la situación problema en su guía didáctica los estudiantes buscan dar respuesta en grupos mediante la indagación siguiendo la orientación que se muestra en la figura 3.

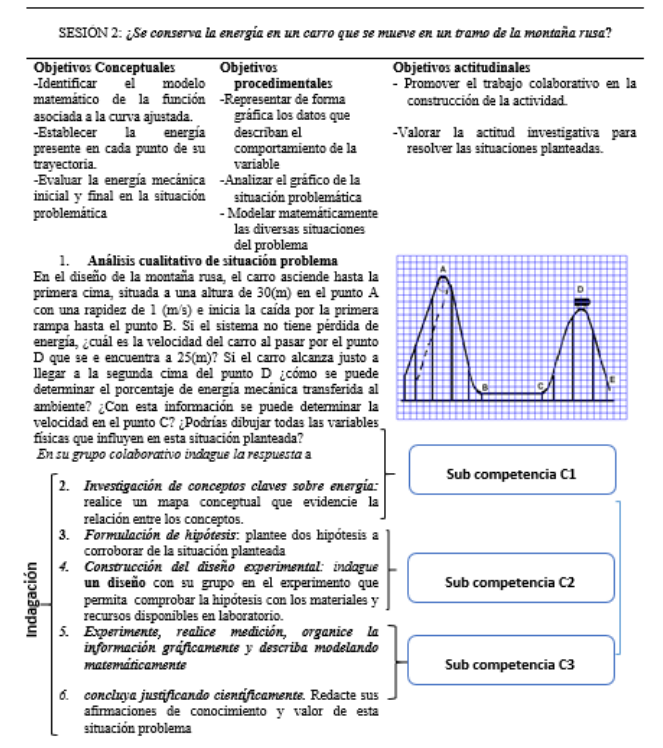
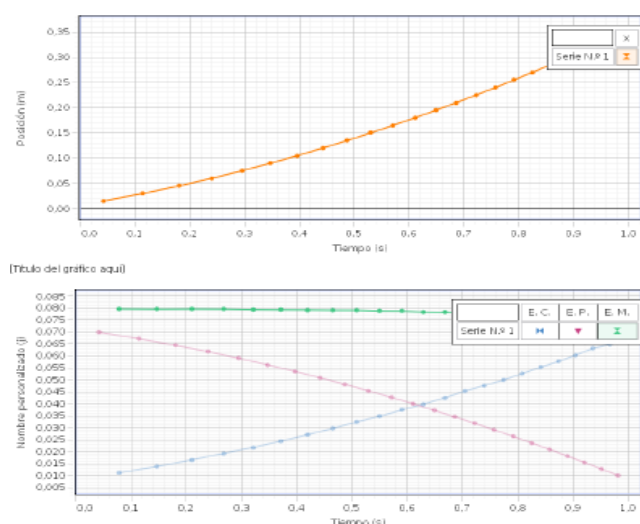
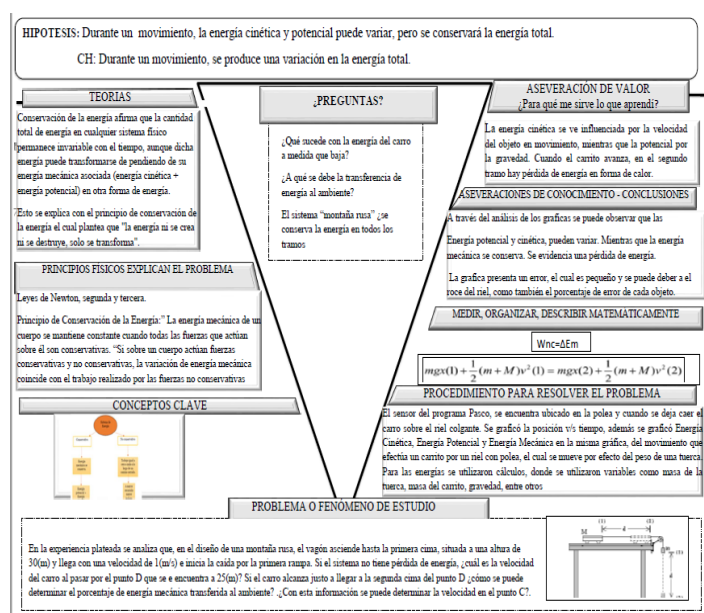


Figura 3. Diseño de sesión de TPL módulo II de Física. (Autores, 2019)

d. Trabajo colaborativo grupal. Los estudiantes resuelven la situación problema por indagación en el TPL, registran en el diagrama Uve Gowin y comunican su solución.



e. Subida a plataforma *Moodle* del curso de Física General del diagrama construido por el grupo. Se anexa además los link del programa Capstone-Pasco registrados en la sesión.



4.2. FASE II: implementación de la propuesta de cambio en TPL de Ingeniería Civil

Caracterización de la asignatura modular de Física General: La estructura modular implicó un rediseño curricular que permitió organizar productos y procesos complejos de una manera eficiente y organizó la asignatura en dos módulos en los que se incluyen unidades de aprendizaje más reducidas a aprender, antes de acceder al siguiente módulo. Los alumnos pueden reprobar un solo modulo del curso, y tienen la posibilidad de cursar el módulo II al final del semestre de forma intensiva. La asignatura es certificada cuando ambos módulos se aprueban de forma independiente.

El módulo I agrupa los contenidos de cinemática y dinámica y el módulo II trabajo, energía, principios de conservación y dinámica de cuerpo rígido. Antes de comenzar la intervención, los profesores del laboratorio entregaron y retiraron el consentimiento informado de los estudiantes del GE y se explicaron los objetivos de la innovación metodológica de aula y del proceso de inducción previo al comenzar los laboratorios.

La etapa de implementación se inició con una sesión de inducción y posteriormente se desarrolló cada una de las sesiones del TPL: cinco sesiones para el módulo I y 4 sesiones para el módulo II cada una con su correspondiente situación problema (ver tabla2).

4.3. Instrumentos de recogida de la información

1. Para medir el rendimiento académico (RA) se determinó el promedio de: test de salida del laboratorio de cada sesión, informe del diagrama Uve digital subido a la plataforma Moodle en cada sesión y evaluación final (test de ciclo del módulo I y II), estas evaluaciones finales han sido construidas por 6 docentes de la asignatura, lo que asegura su validez de constructo y contenido. Las diversas formas de evaluación nos proveen información del proceso de aprendizaje y del resultado final alcanzado en cada módulo.

2. El nivel de desempeño de la competencia científica se midió al resolver una situación problema (ver tabla 2) que se completó en el diagrama Uve de Gowin y se evaluó a través de la rúbrica (figura 4) para indagar una situación problema contextualizado en Ingeniería y comunicar la solución a modo de un informe en cada TPL en GE, en cambio el GC trabaja con el informe tradicional. La competencia científica se evaluó en las sub competencias científicas (OCDE, 2016) según indicadores dados por Ferrés, Marbà, Sanmartí (2015) y ha sido validada por jueces expertos después de su aplicación piloto en semestre anterior. Sus dimensiones se muestran en la figura 4.

RÚBRICA PARA EVALUAR LABORATORIO FÍSICA GENERAL I				
Nivel DESEMPEÑO :	1= básico	2= Adecuado	3= avanzado	Eval.
Identificación de cuestiones científicas	Identificación de problemas o formulación de preguntas	No identifica problemas y no plantea preguntas		1
		Identifica parte del problema y sus preguntas no se focalizan en la situación.		2
		Identifica el problema y plantea preguntas de la situación.		3
Identificación de fenómenos científicos	Describe o interpreta fenómenos científicamente	No plantea hipótesis correctamente ni relaciona las variables.		1
		Formula hipótesis ambiguas y no relaciona correctamente las variables		2
		Formula hipótesis, a partir de la información disponible y relaciona las variables involucradas.		3
Explicación científica de las situaciones determinadas	Transfiere el conocimiento de la ciencia a una situación determinada	Identifica conceptos físicos, hechos, principios y leyes presentes en la práctica de laboratorio, y no tiene clara su aplicación.		1
		Busca en forma autónoma la información para describir y explicar los conceptos físicos, hechos, principios y leyes involucrados en la práctica de laboratorio y los aplica parcialmente.		2
		Aplica los conceptos físicos, hechos, principios y leyes involucrados en la práctica de laboratorio.		3
Explicación científica de las situaciones experimentales	Predice cambios e identifica las descripciones, explicaciones apropiadas en su diseño experimental	Describe los procedimientos para contrastar las hipótesis correctamente de forma parcial.		1
		Diseña el experimento para contrastar las hipótesis correctamente y controla las variables involucradas en las prácticas de laboratorio		2
		Realiza el montaje del experimento para contrastar las hipótesis correctamente y controla las variables involucradas en las prácticas de laboratorio		3
Uso de pruebas en contextos relevantes	Analiza los datos recogidos y su congruencia con datos teóricos	Procesamiento incompleto de los datos, en tablas o gráficos.		1
		Interpreta, analiza datos a partir gráficos y no modela matemáticamente la situación.		2
		Interpreta, analiza datos a partir gráficos y modela matemáticamente la situación.		3
Actitudes	Comunica sus resultados con argumentos científicos	Comunica en forma parcial los resultados y no responden a la hipótesis, objetivos de la situación.		1
		Comunica en forma parcial los resultados y estos se ajustan a la hipótesis y objetivos, pero no argumentan su respuestas.		2
		Comunica correctamente los resultados en coherencia con la hipótesis y objetivos planteados, argumenta con los conceptos físicos involucrados en la situación.		3
Actitudes	Trabajo colaborativo	El trabajo que realizan los integrantes del grupo no evidencia implicancia y participación en las tareas		1
		Los miembros del grupo trabajan, pero evidencian falta de organización y comprensión en algunas tareas		2
		Los miembros trabajan con responsabilidad, rigurosidad y todos se implican en la realización de las actividades		3

Figura 5. Rúbrica de evaluación de TPL de Física en Sub- competencias científica. (Autores, 2019)

3. La valorización de la propuesta metodológica por los estudiantes de Ingeniería en el aprendizaje alcanzado en el TPL al finalizar las sesiones del módulo I y II en el GE, se determinó mediante tres preguntas: i) ¿Cuál es el aprendizaje alcanzado en este laboratorio?, ii) ¿Qué me faltó para aprender de mejor forma? y ¿Qué cambiaría?, iii) ¿Qué me aportó esta actividad a mi carrera?

Análisis de la información:

Para establecer el nivel de significado en el rendimiento académico se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para comparar los promedios del GC y GE en dos mediciones al final de cada módulo con uso del programa estadístico SPSS.

Se utilizó estadística descriptiva para analizar la frecuencia en los niveles de logro alcanzados en cada indicador de las tres sub-competencias científicas: Identificación de cuestiones científicas; explicación científica de las situaciones; uso de pruebas relevantes y en las respuestas sobre la percepción del aprendizaje de los estudiantes.

5. RESULTADOS

5.1. Efecto de la Uve de Gowin utilizada en TPL de Física en el rendimiento académico (RA).

El rendimiento del módulo I y II, consideró el promedio obtenido en las calificaciones de los estudiantes de Ingeniería Civil después del cambio metodológico en el GE y del laboratorio tradicional en GC.

Las calificaciones obtenidas en el GE en cada módulo corresponden al promedio ponderado de cuatro test de salida de laboratorio, cuatro informes de laboratorio del diagrama

Uve subido a la plataforma Moodle en cada sesión (70%) y un test de ciclo del módulo I y II, (30%). La evaluación final corresponde a un test de ciclo que ha sido construido por 6 docentes de la asignatura, lo que asegura su validez de constructo y contenido. Se siguió un proceso de doble revisión para asegurar la fiabilidad en los resultados de las calificaciones del test de ciclo, con una pauta corrección previamente consensuada.

En el GC el promedio de las calificaciones del TPL sigue la aplicación de las mismas evaluaciones y sólo cambia la evaluación de un informe tradicional entregado después de realizado el laboratorio.

Las diversas formas de evaluación empleadas nos proveen información del proceso y final del aprendizaje alcanzado en cada módulo. Las calificaciones se presentan agrupadas en escala (de 1 a 7) en las categorías de: Muy bueno (6,0 -7,0), Bueno (5,0- 5,9), Suficiente (4,9 -4,0), Insuficiente (menor 4,0) que muestra la figura 6.

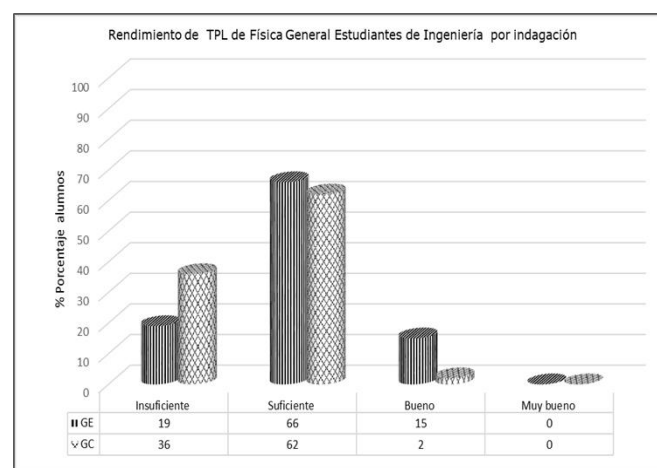


Figura 6. Rendimiento Académico del GE y GC en TPL de física. (Autores, 2019)

En la figura 6 se observa que un mayor porcentaje de estudiantes del GE se encuentra en el nivel Suficiente de aprobación (66%) y GC (62%), seguido por el Insuficiente, donde el mayor porcentaje corresponde al GC (36%) y GE (19%). En el tramo con promedio Bueno el mayor porcentaje es del GE (15%) y GC (2%), por último, en el tramo con rendimiento Muy bueno no se registran estudiantes en los GE y GC.

Para establecer la eficacia de la propuesta metodológica en el rendimiento académico en el GE y GC en los TPL, se realizaron dos mediciones según la prueba de Wilcoxon, la primera antes de la intervención, indicó que ambas muestras eran homogéneas, por lo cual, se puede afirmar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. En cambio, en la segunda medición después de la intervención en el módulo I y el módulo II, se obtienen los siguientes datos estadísticos y nivel de significancia ($z=4,363$; $p=0,00$) y ($z=4,935$; $p=0,00$) respectivamente.

Por último, al comparar el promedio final del curso se mantienen estas diferencias a favor GE ($z=4,75$; $p=0,00$) respecto al grupo control. Esto indica que hay diferencias estadísticamente significativas a favor del GE, que utilizó la Uve de Gowin que promueve la indagación y modelización para un aprendizaje significativo en los TPL. Por lo que se infiere que trabajar con esta propuesta didáctica incide

positivamente en el rendimiento académico de los estudiantes.

5.2. Efecto de la Uve de Gowin utilizada en TPL de Física en el nivel de logro de competencia científica (CC).

El nivel de desempeño de los estudiantes de Ingeniería en la competencia científica en los TPL de Física se disgregó en su evaluación en las tres sub-competencias científicas, con sus correspondientes dimensiones e indicadores (OCDE, 2016). En el grupo colaborativo se evaluó al construir el diagrama Uve de Gowin sobre una situación problema planteada utilizando la indagación y modelización para cada sesión. Para ello, al iniciar la sesión el profesor interactuó con cada grupo y registró el desempeño en la sub competencia 1, sea en nivel 1 (básico), 2 (adecuado) y 3(avanzado). A medida que se desarrolló el trabajo en el laboratorio se continuó con la evaluación de las sub competencias 2 y 3. Los resultados en frecuencia de logro (%) se muestran en la tabla 3

Tabla 3
Nivel de logro de la competencia científica del GE en TPL.

Competencia científica		Nivel de logro		
Sub competencia	Dimensiones	1	2	3
1.Identificación de cuestiones científicas	Formula preguntas	9%	43%	48%
	Interpreta fenómenos científicamente	21%	50%	29%
2.Explicación científica de las situaciones	Transfiere el conocimiento de la ciencia a una situación determinada	22%	30%	48 %
	Predice cambios e identifica las descripciones, explicaciones apropiadas en su diseño experimental	10%	52 %	37%
3.Uso de pruebas relevantes	Analiza los datos recogidos y su congruencia con datos teóricos	2%	47%	51%
	Comunica resultados con argumentos científicos	17%	40%	43%

Fuente: elaboración propia.

Sub competencia 1, identificación de cuestiones científicas: el mayor % de alumnos se encuentra: i) en el indicador formular preguntas en el nivel de logro a) avanzado (48%); b) adecuado (43%) y ii) en el indicador interpretar fenómenos, a) adecuado (50%); b) adecuado (29%). Al revisar los diagramas Uve con la rúbrica se infiere que las mayores dificultades de los estudiantes se presentan en formular hipótesis, a partir de la información disponible.

Sub competencia 2, explicaciones científicas, i) en el indicador de transferencia del conocimiento, los estudiantes

se encuentran en el nivel de logro a) avanzado (48%); b) adecuado (30%) y ii) en el indicador predice cambios en el diseño experimental a) adecuado (52%); b) avanzado (37%). Sus dificultades se refieren específicamente en el indicador de aplicar los conceptos físicos, principios y leyes en la práctica de laboratorio.

Sub competencia 3, uso de pruebas científicas, i) en el indicador de analizar los datos experimentales, el % estudiantes que se encuentran en el nivel de logro a) avanzado es (51%); b) adecuado (47%) y ii) en el indicador comunica sus resultados con argumentos científicos a) avanzado (43%); b) adecuado (40%). Sus mayores dificultades se presentaron en el indicador de comunicar sus resultados en coherencia con la hipótesis, resultados y conocimientos físicos involucrados.

5.3. Valoración de estudiantes de Ingeniería sobre uso del diagrama Uve de Gowin en TPL Física

Los resultados de las respuestas de los estudiantes según su frecuencia (%) sobre interrogantes referidas a: la utilidad de la metodología en los TPL, sus dificultades y el aporte de las actividades aprendizaje a su carrera se presentan en la figura 7.

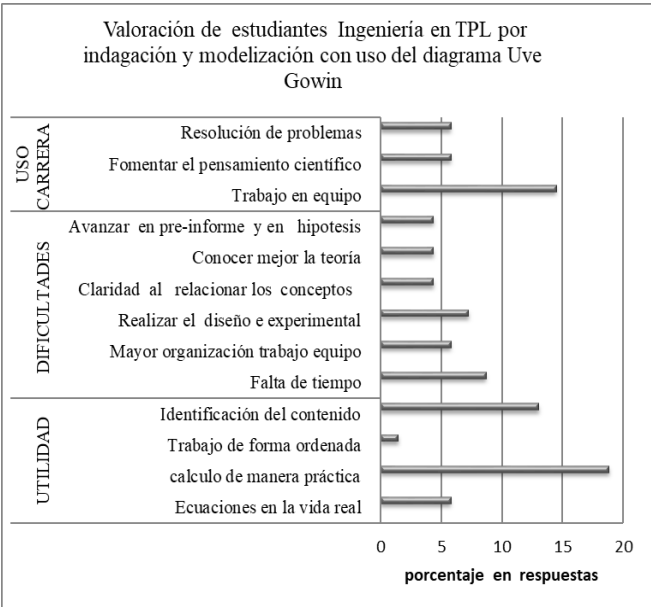


Figura 7 Valoración de estudiantes de Ingeniería sobre el cambio metodológico en TPL de Física. (Autores, 2019)

En la figura 7, se observa que los estudiantes valoran positivamente el uso de la Uve de Gowin implementada para promover la indagación y modelización en el laboratorio de física específicamente en la resolución de problemas matemáticos de forma práctica en un contexto de la vida real (19%) y ayuda a comprender los conceptos físicos (13%). Por otra parte, su mayor dificultad está referida a falta de tiempo en el laboratorio (9%) y el diseño experimental (7%). Los estudiantes, reconocen el aporte a su especialidad, al aprender a trabajar en equipo (14%).

6. DISCUSIÓN

Los resultados del uso del diagrama Uve de Gowin para promover la indagación y modelización en los TPL de física general indican un cambio estadísticamente significativo en el rendimiento académico del GE al final del curso ($z=4.75$; $p=0.00$) respecto al grupo control. La mayoría de los grupos lograron vincular en forma efectiva los elementos del dominio conceptual con los del metodológico en cada problema a resolver, posibilitando la construcción de los conocimientos relacionados con la práctica, así como el aprendizaje significativo y el fomento de algunas de las habilidades investigativas enmarcadas en la competencia científica. Estos resultados concuerdan con el estudio de Morantes, Arrieta, Nava (2013) en situaciones didácticas basada en la herramienta heurística Uve de Gowin, como mediadora aprendizaje experimental, orientado al desarrollo de la formación investigativa y el aprendizaje significativo de los estudiantes de Ingeniería. Similares resultados obtienen Guardian y Ballester, (2011) al utilizar la Uve de Gowin como instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencias.

La implementación de la Uve de Gowin en los TPL Física con estudiantes de Ingeniería es coincidente con la propuesta de Tobón et al., (2015, pp. 8-20) cuando señala que no se trata de producir y trabajar con datos, sino producir, compartir y aplicar el conocimiento para la resolución de problemas abordados de forma colaborativa para su solución y donde el apoyo entre pares forma parte de la metodología, por tanto, el diagrama Uve cumple una función socio formativa.

El trabajo en cada sesión de laboratorio evidenció las dificultades en el desarrollo de la competencia científica que presentaron los estudiantes sobre todo en la sub competencia científica de *identificar cuestiones científicas*, al formular preguntas e hipótesis que involucran relación de variables, así como también al *comunicar una conclusión con argumentos científicos*. Esto se ajusta a los resultados de Oliveras, Márquez y Sanmartí (2013), al señalar que los estudiantes tienen más dificultades en la formulación de una pregunta científica que en el diseño de un experimento para responderla y a menudo se proponen simples predicciones que no tienen el formato de una deducción, en consecuencia, no orientan para que se pueda seleccionar el procedimiento más idóneo para dar respuesta al problema que se investiga, ni en la identificación de variables que involucra el problema.

La reflexión de los estudiantes sobre el aprendizaje logrado, y sus dificultades en la solución al problema; señalaron las tensiones generadas con esta experiencia y explicitar lo que les falta por aprender, lo que favoreció el desarrollo de estrategias de autorregulación del aprendizaje y el sentimiento de autoeficacia en la tarea (Zimmeerman y Martínez-Pons, 1990, Jessy, Moore y Atputhasamy, 2003).

7. CONCLUSIONES

Esta propuesta didáctica de Trabajo Práctico de Física trata de superar la idea empirista de que a partir de la simple observación se puede construir la ciencia, y resalta que toda indagación viene marcada por un paradigma teórico (leyes, teorías, conceptos). La implementación de la propuesta para enseñar y aprender física aborda, en lo posible, todas las dimensiones y procesos de las ciencias utilizando la

construcción del diagrama Uve de Gowin, como instrumento que facilita la indagación y modelización, encaminando al desarrollo de competencias científicas para aproximar a los estudiantes en la solución de situaciones problemáticas abarcando todos los aspectos conceptuales, metodológicos, actitudinales, aprendizaje colaborativo y con significado en su práctica de laboratorio.

Realizar los TPL de Física a partir de la indagación de un problema con el uso del diagrama Uve de Gowin promovió un aumento estadísticamente significativo del rendimiento académico del Grupo Experimental con respecto al Grupo Control que realizó el laboratorio tradicional. La relevancia de replantear los TPL con una estrategia metodológica que va mucho más allá de generar réplicas o simulaciones sin sentido, optando por una que propone el desarrollo de habilidades para la competencia científica, requiere por parte de los estudiantes de un proceso de construcción del conocimiento a partir de una situación-problema con el objetivo de contrastar sus hipótesis, y en particular, deben tener la oportunidad de demostrar sus capacidades asociadas al razonamiento hipotético-deductivo: el control de diversas variables en el diseño experimental, preparar las tablas para la recogida de datos, interpretar los resultados y analizar la coherencia de los mismos con los conceptos teóricos, procesos que involucran la implicación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Desde esta perspectiva las actividades de laboratorio basadas en indagación y modelización diseñadas en el contexto de ingeniería proporcionan actividades de aprendizaje que ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades de nivel superior. También brindan oportunidades importantes a los estudiantes a aprender a investigar (por ejemplo, hacer preguntas, construir diseños para responderlas), para construir afirmaciones científicas y justificar esas afirmaciones en su grupo colaborativo de trabajo y con apoyo, y orientación de su profesor.

Los resultados de la competencia científica en los TPL de laboratorio estudiado a través de las sub-competencias científicas (OCDE, 2016) indican que la mayor proporción de estudiantes en nivel logro destacado se alcanzó en la sub-competencia 3 *en el uso de pruebas relevantes*, seguido de la sub-competencia 2. *explicación científica de las situaciones* del grupo experimental, los cuales no son comparables con el grupo control. El estudio de los TPL de Física abre un campo interesante para el análisis en su potencialidad para responder a los nuevos retos del modelo educativo centrado en el aprendizaje del estudiante, y propone cómo evaluar el desarrollo de competencia.

AGRADECIMIENTOS: El presente trabajo es parte de una investigación, que es posible gracias al financiamiento logrado a través del Proyecto de Investigación FONDECYT N° 1181525. y el Proyecto de Iniciación a la Investigación de la Universidad del Bío-Bío N° 173623 3/I.

8. REFERENCIAS

- Agudelo, J y Garcia, G. (2010) Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión. *Latin-American Journal of Physics Education*. vol. 4, no. 1, p. 149-152.
- Ausubel, D., & Novak, J. D. y Hanesian, H. (1986): *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Ausubel, D. P., y Sánchez Barberán, G. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*.
- Bennett, J. (2003). Teaching and learning science: A guide to recent research and its application. J. Bennett. *Context-Based Approaches to The Teaching of Science*, 99-122.
- Chang, H. P., y Lederman, N. G. (1994). The effect of levels of cooperation within physical science laboratory groups on physical science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 167-181.
- Chamizo, J. A., & Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 51, 9-19.
- Cohen, L., y Manion, L. (1990). *Método de investigación educativa* (No. 37.012). La Muralla.
- Ee, J., Moore, P. J., y Atputhasamy, L. (2003). High-achieving Students: their motivational goals, self-regulation and achievement and relationships to their teachers' goals and strategy-based instruction. *High Ability Studies*.
- Escudero, C., y Moreira, M. A. (1999). La V epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), 61-68.
- Ferrés, C., Sanmartí, N., y Marbà, A. (2015). ¿Cómo evaluar los trabajos de indagación del alumnado? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (80), 1001-1011.
- García, P; Insausti, M. y Merino, M. (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagrama V. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 2. (1)
- Gil, J., Solano, F., Tobaja, L. M., y Monfort, P. (2013). Propuesta de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física. *Revista brasileira de Ensino de Física*, 35(2), 1-12.
- Guardián, B. y Ballester, A. (2011). UVE de Gowin instrumento metacognitivo para un aprendizaje significativo basado en competencia. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 51-62.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., y Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and. *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.
- Hodson, D. (1994). Seeking directions for change: The personalisation and politicisation of science education. *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98.
- Hofstein, A. (2017). The role of laboratory in science teaching and learning. In *Science Education* (pp. 355-368). Brill Sense.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty- first century. *Science education*, 88(1), 28-54.
- López, S., Veit, E., y Solano, I. (2014). La modelación computacional con diagrama AVM en la formación de profesores de física: un aporte al desarrollo de una visión crítica sobre la ciencia y la modelación científica. Revisado 10 de mayo 2019. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/4658>
- Maubecin, C. C., y Romano, L. G. (2015). ¿ Qué y para qué se escribe durante un trabajo práctico de laboratorio de biología en la escuela secundaria? *Bio-grafía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 8(14), 117-128.
- Morantes, Z., Arrieta, X., y Nava, M. (2013). La V de Gowin como mediadora en el desarrollo de la formación investigativa. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 8(2), 12-33.
- Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. (2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos1 The process of integration and the pedagogical use of ICT in schools. *Revista de educación*, 352, 77-97.
- National Research Council. (2000). *The aging mind: Opportunities in cognitive research*. National Academies Press.
- National Research Council. (2005). *National science education standards*. Retrieved May 29, 2019, from <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/index.html>
- Novak, J. D., Gowin, D. B., y Otero, J. (1988). *Aprendiendo a aprender* (pp. 117-134). Barcelona: Martínez Roca.
- OCDE, O. (2016). La naturaleza del aprendizaje: Usando la investigación para inspirar la práctica. *Entornos*, 29(2), 467-468.
- Roca Tort, M., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 0095-114.

Roth, W., Tobin, K. (2007) *Science, Learning, Identity. Socio Cultural and Cultural – Historical Perspectives*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers

Piaget, J. (1929). The child's conception of the world (J. Tomlinson & A. Tomlinson, Trans.). *London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co.*

San Martín, E. H.; Sánchez Soto, Iván (2012). La Uve de Gowin como instrumento de aprendizaje y evaluación de habilidades de indagación en la unidad de fuerza y movimiento. *Paradigma*, 33(2), 103-127.

San Martín, E. H.; Aymerich, M. I. (2014). Indagación guiada con diagrama uve para un aprendizaje significativo en primaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(3), 643-656.

Sanabria, I. (2004). Una estrategia de aprendizaje para integrar teoría y laboratorio de física I mediante los mapas conceptuales y la v de gowin. In *Concept maps: theory, methodology, technology: proceedings of the first International Conference on Concept Mapping* (pp. 323-326). Servicio de Publicaciones.

Sanmarti Puig, N., y Márquez Bargalló, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Apice*, 1(1), 3-16

Secker, C. V. (2002). Effects of inquiry-based teacher practices on science excellence and equity. *The Journal of Educational Research*, 95(3), 151-160.

Schoffstall, A. M., & Gaddis, B. A. (2007). Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84(5), 848.

Shulman, L.S., y Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. *Second handbook of research on teaching*, 1098-1148.

Tobón, S., González, L., Nambo, J. y Vázquez, J. (2015). La socioformación: un estudio conceptual. *Paradigma*, 36(1), 7-29.

Vygotsky, L. (1979). Consciousness as a problem in the psychology of behavior. *Soviet Psychology*, 17(4), 3-35.

Von Aufschnaiter, C., y Von Aufschnaiter, S. (2007). University students' activities, thinking and learning during laboratory work. *European journal of Physics*, 28(3), S51.

Windschitl, M., Thompson, J., y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.

Zimmerman, B., & Martinez-Pons, M. (1990). Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy use. *Journal of educational Psychology*, 82(1), 51.