



Una propuesta constructivista para la enseñanza de la física

Carola Hernández H.

Aalborg University, Dinamarca y Universidad de los Andes, Colombia (chernan@learning.aau.dk)

Ruby Yaya E.

Universidad de los Andes, Colombia (re.yaya25@uniandes.edu.co)

INTRODUCCIÓN

La complejidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje ha llevado a varios autores a proponer el estudio de ambientes de aprendizaje. Aunque el término de ambiente de aprendizaje se originó en los espacios virtuales pensados para la educación, se ha venido ampliando su uso al pensar en espacios física y socialmente óptimos para desarrollar actividades que permitan dedicar más tiempo al aprendizaje, que integren más a los estudiantes y que propicien en ellos la autorregulación (Arias, Cárdenas y Estupiñán, 2005).

En este sentido, una mejor comprensión sobre el aprendizaje humano podría permitir diseñar mejores ambientes educativos en donde se logren los objetivos antes mencionados. El constructivismo, como una teoría de la relación entre el hombre, el conocimiento y el cómo se aprende (Savery & Duffy, 1996; Mestre, 2001), aporta elementos importantes para tomar decisiones en relación a qué hacer en el aula y cómo hacerlo. Como lo señalan Lucio (1994) y Coll (1991), el constructivismo no es una corriente de pensamiento totalmente homogénea y no existe un único texto que sintetice el pensamiento constructivista. No obstante, las distintas tendencias coinciden en que el conocimiento no es el resultado de una simple copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente que va construyendo progresivamente modelos explicativos cada vez más complejos (Garzón y Vivas, 1999; Ordóñez 2006). La corriente socio-constructivista además considera que el aprendizaje se estimula y activa en una variedad de procesos mentales que afloran en el marco de la interacción con otras personas en diferentes contextos y que siempre es mediada por el lenguaje (Carrera y Mazzarella, 2001).

El análisis de un ambiente de aprendizaje similar se realizó en el 2003 en un curso para setenta estudiantes de diseño de primer semestre (Hernández, 2004). En esta intervención, se implementó el uso de proyectos como una estrategia para lograr un aprendizaje más auténtico por parte de los estudiantes, aunque la clase en muchos sentidos se realizaba de una forma

más tradicional dado que el profesor presentaba de manera oral durante la mayoría del tiempo de clase los temas siguiendo el programa propuesto en el texto guía y promovía la participación de los estudiantes a través de preguntas; en algunas sesiones se trabajó en pequeños grupos para resolver talleres o trabajar en los proyectos. Con respecto a los proyectos, en el diseño se tuvo en cuenta que fueran relacionados con los temas de la clase pero no que tuvieran relación entre ellos o permitieran trabajar los mismos conceptos desde diferentes niveles de profundidad.

La evaluación realizada en el curso mostró que al utilizar contextos reales a través de proyectos de diseño se incrementó la comprensión de los temas científicos y que los estudiantes aprendieron más física al poder aplicar los conceptos a sus diseños (Hernández, 2004). Sin embargo, el estudio también mostró que pocos estudiantes lograron altos niveles de conceptualización, implicando que la construcción teórica que se realizó en este ambiente específico no era muy sólida. Ello tiene como consecuencia que los estudiantes pierden claridad sobre la razón por la cual es importante aprender ciencias, y que en particular la física provee modelos del mundo que nos permiten explicarlo y realizar predicciones sobre él; por el contrario, la ven como un gran panorama de ejemplos sueltos, no articulados entre sí. Este es un problema profundo en la enseñanza de la física y que lleva a preguntarse si es posible a partir del socio-constructivismo diseñar un ambiente que ayude a lograr un mejor nivel de conceptualización en física al lograr una comprensión profunda de algunos modelos por parte de los estudiantes.

El presente artículo tiene como fin presentar una propuesta que permite tratar de avanzar en esta línea de investigación al evaluar el diseño pedagógico de un curso de física de primer semestre para estudiantes de arquitectura y diseño a partir de las siguientes preguntas de investigación: ¿qué aprendizajes promueve este ambiente de aprendizaje socio-constructivista en los estudiantes de diseño y arquitectura?, y ¿qué percepción tienen los estudiantes del ambiente de aprendizaje? Para lograrlo se presenta el ambiente de aprendizaje implementado y las consideraciones teóricas que desde el socio-constructivismo dan lugar a este diseño desarrollado por el profesor del curso. Luego se presenta la metodología de investigación empleada y los resultados obtenidos. Finalmente, se discuten los resultados en relación a los cambios introducidos en el curso diseñado por Hernández en el 2004.

DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE APRENDIZAJE

Empecemos por presentar el Taller de física como un curso para setenta estudiantes de primer semestre de arquitectura y diseño. Un primer elemento, que parece casi obvio, es que los contenidos del curso se refieren a conceptos físicos. No obstante, desde el socio-constructivismo es muy importante tener presente que todo conocimiento se construye en estrecha relación con los contextos en los que se usa, y por ello no es posible separar los aspectos cognitivos, emocionales y sociohistóricos presentes en el contexto en que se actúa (Garzón y Vivas, 1999). Así, aunque en el curso trabajamos a partir de las leyes de Newton, los

tres conceptos fundamentales a aprender son las fuerzas, los torques y el equilibrio mecánico. Ello se debe a que los estudiantes de arquitectura y diseño en sus carreras estudian estructuras y objetos que deben permanecer en equilibrio. Éste fue el primer cambio en el diseño del curso: no se siguió el “orden de contenidos del libro guía” sino que el curso empezó introduciendo las leyes de Newton para entender el modelo de las fuerzas y no por el tradicional tema de cinemática, que se trabajó como una consecuencia de las fuerzas sobre un objeto. Adicionalmente, todos los contenidos fueron revisados en relación a su aporte a la construcción de este modelo físico del equilibrio y fueron omitidos aquellos que no mantenían relación directa con él.

De manera consecuente es necesario pensar de qué forma y con qué propósito se usan los contenidos por parte de quien aprende. Con Dewey (1945) nace la idea que la escuela debe conectarse con la vida diaria y que el aprendizaje es más significativo cuando esto sucede. Por otro lado, Perkins (1997) ha relacionado el incremento de la comprensión con la capacidad flexible de acción (“desempeño”) con lo que se aprende. Estas dos ideas influyen profundamente en el diseño del taller al sustentar teóricamente la generación de una de las actividades principales dentro del curso, como es el desarrollo de proyectos que involucran tanto conceptos de física, como aspectos propios de la carrera de un arquitecto o un diseñador. Esperamos que a través de los proyectos los conceptos de física se relacionen de manera clara con la vida de quien aprende y que aprendan a través del desarrollo de tareas similares a las que realizarán en el futuro. Sin embargo, en este diseño la escogencia de los proyectos estuvo en clara concordancia con su relevancia para la comprensión del equilibrio mecánico.

Durante el semestre en el que se realizó este estudio, los estudiantes llevaron a cabo en grupos fijos cuatro diferentes proyectos en los cuales se buscaba que interiorizaran y aplicaran explícitamente los conceptos de fuerza, torque y equilibrio mecánico. Los proyectos fueron:

1. Una grúa autosostenible sin contrapeso, de rotación manual, con 50 cm de alto y un brazo de 80 cm que levantara un peso de 10 N, con una fuerza menor a 2,4 N y que permitiera desplazar el peso mediante una rotación de 90 grados, a otra posición en el piso.
2. Una silla en cartón, con espaldar y patas, que se pudiera enrollar y que permitiera sentar un modelo de sujeto que pese mínimo 20 N.
3. Un puente, hecho máximo con 100 pitillos, con 4 puntos de apoyo lineales, y de 2 metros de longitud que soportara que de manera aleatoria y de forma separada se sentaran en el puente dos de los integrantes del grupo.
4. Una lámpara decorativa que sostenga una caperuza que gire sin necesidad de un motor.

Cada proyecto tenía dos semanas de desarrollo, desde la entrega de las condiciones (instrucciones y matriz de evaluación), hasta la presentación de los objetos realizados con una sustentación oral y la entrega de un documento escrito.

Un sondeo rápido en el aula al inicio del curso mostró que los estudiantes de arquitectura y diseño se sorprendían de la presencia de dos cursos de física en sus planes de estudios, y no

les resultaba muy motivante la idea de tenerlos como cursos obligatorios, pues los consideraban difíciles y de poca utilidad. En muchos casos expresaban fácilmente que eran cursos en los que no tenían buen nivel de logro en sus colegios. Surge nuevamente el reto de interesar a los estudiantes en el curso, de manera que logren avanzar en su aprendizaje de la física.

Para Vygotsky (1986), el aprendizaje es mediado por el lenguaje y sucede cuando el individuo internaliza las formas de interacción social, por ejemplo de una disciplina, hasta convertirlas en propias; por tanto, discutir con otros sobre física permite aprender física. Nuestra respuesta al reto de generar interés y lograr un ambiente donde el lenguaje físico fuera claramente utilizado llevó a que el curso funcionara en pequeños grupos de cuatro personas que se rotaron mensualmente y que discutían problemas de física de manera permanente, tratando de promover en ellos un aprendizaje colaborativo. Según Boronat y Ruiz (2007), el aprendizaje colaborativo se produce cuando los estudiantes trabajan juntos para lograr objetivos de aprendizaje compartidos. Se refiere a grupos pequeños y heterogéneos trabajando juntos en una tarea en la cual cada miembro es responsable individualmente de una parte de la actividad, que no puede ser completada sino en un trabajo colectivo, en un estado de interdependencia.

Al interior de cada grupo se discutían las preguntas de una serie de talleres en busca de una solución; para ello podían consultar textos, páginas de Internet, al profesor o al monitor. Los problemas del taller son lo que llamaríamos “conceptuales” y en muy pocos casos estaban orientados al desarrollo de procedimientos algebraicos. Algunos preguntaban directamente qué son los conceptos, otros ponían en manifiesto cómo las ideas más difundidas en la cotidianidad son erróneas desde el modelo analizado, y en varias ocasiones hasta contradicen las leyes físicas estudiadas,¹ otros pedían explicaciones de situaciones desde el uso de estos conceptos. En esta medida esperábamos que los estudiantes pudieran encontrar si sus ideas estaban o no alejadas de las científicas de manera que, al poder discutir estas diferencias en un ambiente amigable, avanzaran sobre su aproximación a la física de una manera más significativa.

Regresando a la descripción de la clase, antes del cierre de la sesión cada grupo entregaba sus respuestas y se daba paso a una discusión en forma de plenaria sobre la mayor cantidad de preguntas posibles. Esta discusión con toda la clase tenía el propósito de profundizar en el modelo y dar un último espacio de confrontación de los temas del día y así poco a poco construir los conceptos físicos a través de la revisión permanente de sus significados y sus consecuencias. En este momento de la clase el profesor ayuda a resolver dudas generales, establecer relaciones y jerarquías entre los conceptos estudiados que no siempre son fácilmente visibles por parte de los estudiantes.

Aunque, en la parte presencial del curso había una gran cantidad de trabajo en pequeños equipos, fuera de él se realizaban varias actividades individuales. En primer lugar, para revisar y corregir en detalle los talleres realizados en las clases, se le asignaron a cada estudiante dos preguntas de un taller en una fecha especificada desde la primera clase. El estudiante debía

¹ Por ejemplo: ¿cómo le explicas a tu amigo que está equivocado, cuando dice que los asteroides giran alrededor del sol por la inercia que han mantenido durante millones de años?

buscar la respuesta aceptada por la física a la pregunta (con el texto o el profesor), y luego revisar las mismas preguntas en los productos de grupo desarrollados ese día en la clase y hacer comentarios a la respuesta de cada grupo sobre la calidad de su argumentación. Finalmente, este material era revisado por el profesor y se dejaba a disposición del curso de manera que se contaba con los talleres revisados y cada grupo recibía sus propios comentarios.

La segunda actividad fue la escritura de un documento de reflexión personal en donde cada estudiante tomaba un tema, de cuatro posibles, para presentar cuáles consideraba los conceptos físicos más relevantes de éste, definirlos, presentar una comparación entre lo que sabía de ellos al iniciar el curso y el momento de realizar el escrito, y una selección de ejemplos de los talleres realizados en el curso que le hubiesen ayudado en este proceso.

Estas dos actividades tuvieron el propósito de ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre su aprendizaje y el de sus compañeros. Esto se fundamenta en varios estudios realizados desde la metacognición que indican que los estudiantes no son concientes, ni se les advierte de la importancia que tiene el reflexionar sobre sus propios saberes y la forma en que se producen, no solo los conocimientos, sino también el aprendizaje (Chrobak, 2000). En consecuencia, aprenden menos y son menos capaces de identificar en qué fallan. Por ello, al emplear herramientas metacognitivas los estudiantes pueden autorregular su aprendizaje y con ello obtener un mejor desempeño.

Consistente con esta forma de ver el ambiente de aprendizaje, la evaluación se realizó a partir del desempeño en los proyectos grupales (documentos escritos y sustentaciones orales) y en las entregas de productos individuales descritas anteriormente. Se entregó con anticipación una matriz de calificación para cada actividad que explicitaba los tipos de aprendizaje esperados y los niveles grados de calidad alcanzados por los estudiantes que se traducen en niveles cualitativos y cuantitativos diferentes. Estas matrices de calificación habían sido ajustadas a partir de las sugerencias de la investigación de Hernández (2004). Con ello, esperábamos que la evaluación estuviera de acuerdo con el concepto de evaluación formativa (Garzón y Vivas, 1999), la cual implica una actitud crítica constante por parte del educador, no una simple calificación, tanto hacia su propia actuación como para la actuación del aprendiz y que busca el crecimiento y desarrollo de este, en cuanto a su autonomía, su responsabilidad y libertad.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL CURSO

Las preguntas que guían esta investigación son:

¿Qué aprendizajes promueve este ambiente de aprendizaje constructivista en los estudiantes de arquitectura y diseño?

¿Qué percepción tienen los estudiantes del ambiente de aprendizaje?

Para responder estas dos preguntas se llevó a cabo una recolección de datos en el segundo semestre de 2008 a partir de diferentes instrumentos. Los estudiantes fueron consultados y se recibió el consentimiento de 57 de ellos para participar en esta investigación.

En primer lugar se utilizaron los resultados de los estudiantes en las diferentes evaluaciones del curso a través de las matrices de evaluación. También se tomaron extractos de los documentos reflexivos de 18 estudiantes escogidos de manera aleatoria. En los documentos se trató de identificar los principales aprendizajes que reportaban los estudiantes y el manejo del lenguaje físico que utilizaban a lo largo del escrito.

Finalmente, se realizaron 15 entrevistas semiestructuradas en donde se indagó por la visión de los estudiantes sobre las actividades del curso, cómo ellas le resultaban importantes para aprender y qué aprendían a través de ellas. Estos 15 estudiantes fueron escogidos por sus diferentes niveles de logro en el curso utilizando sus calificaciones en las diferentes actividades, tratando de localizar cuatro en niveles de logro altos, siete en niveles medios y cuatro en niveles bajos.

Los datos estadísticos se analizaron en el Software SPSS, empleando la prueba Wilcoxon que es una prueba no paramétrica para datos correlacionados. Se emplea una prueba no paramétrica debido a que no se puede garantizar la distribución normal en la muestra y la correlación se logra dado que en el primer período las observaciones servirán de control, para conocer los cambios que se susciten después de aplicar la intervención. La prueba compara variables estadísticas de los grupos de datos y se determina si entre esos parámetros las diferencias son estadísticamente significativas, o si sólo corresponden a diferencias aleatorias.

La información cualitativa se clasificó en categorías y se contrastó lo que presentan los diferentes actores y tipos de información sobre un mismo aspecto, con el propósito establecer similitudes, diferencias y tensiones. Éstos son los resultados que se presentan a continuación y que se discuten en relación con los resultados presentados por Hernández en el 2004.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

APRENDIZAJES EN EL CURSO

Las siguientes son las categorías de aprendizaje incluidas en las matrices de calificación:

Definición de conceptos. Determinar qué conceptos físicos son pertinentes en el análisis y diseño del objeto planteado, buscar sus definiciones en diferentes fuentes y citarlas, estableciendo relaciones matemáticas y verbales entre estos conceptos.

Manejo conceptual. Análisis concreto del objeto a diseñar, uso de principios físicos para explicar situaciones cotidianas, superando las concepciones no científicas o el manejo, dentro

de la cotidianidad profesional, de ciertos principios no cuestionados pero tampoco entendidos desde la física.

Consideraciones sobre materiales. Determinación de las propiedades físicas que se hacen necesarias en los materiales empleados en la generación del objeto. Determinar los materiales adecuados requiere un análisis de sus propiedades, su mejor uso, economía y eficiencia.

Calibración. Dadas las restricciones de los objetos solicitados, es necesario llevar a cabo procesos de pruebas previas suficientes para garantizar que el objeto satisface las restricciones requeridas según las instrucciones de diseño, y llevar un registro claro de este proceso que permita identificar el avance del diseño y la aplicación de la física en su transcurso. En muchos casos este criterio implica el uso del lenguaje matemático para realizar cálculos previos pertinentes que ayuden en el diseño del objeto.

Análisis gráfico del problema. Parte del aprendizaje de la física es el manejo formal de uno de sus lenguajes propios, que es la representación gráfica. Los diseñadores y arquitectos emplean algunos modos de representación gráfica en su aprendizaje y desempeño cotidiano; por ello una forma de observar qué tanto aplican los conceptos que definen en palabras y ecuaciones es utilizar el lenguaje gráfico de la física. Para ello deben utilizar una representación gráfica adecuada, que involucre los conceptos físicos correctos para abordar el problema concreto del objeto que están diseñando.

Reflexión sobre el proceso. Dada la importancia que tiene en el aprendizaje recapacitar sobre lo que han hecho, los aciertos y errores y cómo superarlos, esta reflexión busca que los estudiantes expresen claramente las dificultades que encontraron a lo largo del desarrollo de su proyecto, cómo las superaron y cómo ha mejorado su conocimiento de la física en este proceso.

Objeto presentado. El producto final de las entregas grupales es un objeto que debe satisfacer todas las restricciones establecidas, funcionar y ser estéticamente aceptable, considerando que éstas serán necesidades reales en su vida profesional.

Estas categorías fueron clasificadas en el estudio realizado por Hernández (2004) en dos niveles: los aprendizajes centrados en la disciplina que incluyen la definición de conceptos, el análisis gráfico del problema (uso de diagramas de fuerzas y torques) y la reflexión sobre el proceso, en especial sobre el uso de la física para su futuro profesional. En segundo lugar, los aprendizajes de transferencia que se evidencian en el manejo conceptual (aplicación directa el problema presentado), las consideraciones sobre los materiales empleados, la calibración y los objetos presentados. La tabla 1 muestra los resultados estadísticos sobre las diferentes categorías de análisis; en nuestro caso utilizaremos la misma clasificación para discutir los resultados en relación a los que presentó dicho estudio.

Desde la primera entrega los niveles de desempeño no son deficientes, aunque el valor más bajo se obtiene en el análisis gráfico del problema. Esto evidencia una dificultad en la conceptualización y en el manejo de uno de los lenguajes propios de la física. Al comparar con la entrega final se encuentra que entre las categorías de análisis gráfico del problema y reflexión sobre el proceso hay una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de desempeño de los estudiantes. Esto muestra que a partir de las actividades propuestas en este

diseño se logra generar un mayor nivel en los desempeños disciplinares, a diferencia del estudio realizado por Hernández en el 2004.

En los desempeños de transferencia sólo se obtienen diferencias significativas en la categoría del objeto presentado; ello podría deberse justamente a que un mejor dominio conceptual se traduce en un objeto mejor diseñado. El estudio de Hernández mostraba en el 2004 que los estudiantes lograban mayor nivel de logro en estos desempeños desde las primeras entregas, debido a que se relacionan directamente con las actividades propias de sus carreras. También es posible que el ajuste de las matrices de evaluación brinde mayor claridad a los estudiantes sobre qué se espera de ellos en estas categorías, y sea necesario pensar otras estrategias para promover cambios.

Tabla 1. Resultados estadísticos de los grados de desempeño de los estudiantes en el curso

Categorías	Promedio entrega 1 (sobre 5.0)	Promedio entrega 4 (sobre 5.0)	Valor p	Diferencias estadísticamente significativas
Definición de conceptos	3,63	3,74	0,112	No
Análisis gráfico del problema	3,06	3,97	0,000	Si
Reflexión sobre el proceso	4,09	4,76	0,000	Si
Manejo conceptual	3,88	3,88	0,280	No
Consideraciones sobre materiales	3,94	4,01	0,233	No
Calibración	4,06	4,15	0,530	No
Objeto presentado	3,97	4,77	0,000	Si

Nota: Si $p < 0,05$ hay diferencias significativas entre los valores estadísticos. Las categorías en negro corresponden a los aprendizajes centrados en la disciplina y las categorías en naranja corresponden a los aprendizajes de transferencia.

Por otro lado, los resultados estadísticos para los desempeños de tipo disciplinar se corroboran en los trabajos individuales, en donde 15 de los 18 estudiantes muestran claridad y profundidad conceptual en los tres conceptos relevantes desarrollados en el curso, como podemos observar en los siguientes extractos:

(Estudiante 5) Antes de comenzar el curso de Taller de física I no tenía claros los conceptos de fuerza, torque, inercia y equilibrio. Los había visto y estudiado en el colegio, pero la verdad es que si me hubieran preguntado estas vacaciones que era cada uno de ellos, no habría podido responder satisfactoriamente. Sin embargo, ya estando al final del primer semestre, sé qué soy capaz de relacionarlos y explicarlos al derecho y al revés. Sé que un cuerpo puede cambiar su estado de inercia cuando se le aplica una fuerza externa, y que de pronto esa fuerza genere un torque al estar a una distancia suficiente del punto de giro del objeto. De igual forma, si se le aplica una fuerza de igual magnitud pero al otro lado del punto de giro del objeto, los dos torques se van a anular, haciendo que el cuerpo quede en equilibrio.

(Estudiante 13) Antes [de] empezar el curso de física este semestre, tenía claro que significaba el diagrama de fuerzas ya que éste, al igual que un diagrama de cuerpo libre, suponía el estudio de un objeto a través de sus fuerzas. Aun así el estudio de las fuerzas externas que se aplicaban a un objeto siempre fue para mí el estudio de un objeto puntual, sin tener en cuenta las dimensiones o la forma de éste, Lo que fue una novedad este semestre fue el concepto de diagrama de torques ya que aunque este suponía también un estudio de la fuerza externa que se aplicaban a un objeto, éste también tomaba en cuenta las dimensiones del objeto y las distancias de aplicación de cada una de las fuerzas.

Al analizar la información de las entrevistas es posible observar los dos tipos de desempeño: por un lado, los niveles de transferencia de los conceptos a sus carreras, unidos a altos niveles de reflexión y claridad en el manejo del lenguaje formal de la física, como se muestran en los ejemplos que siguen:

(Estudiante 6) Como arquitecta es muy importante que entienda el concepto de torque y fuerza y la aplicación de cada uno de éstos, ya que en mi vida profesional tendré que tener en cuenta las fuerzas que debe resistir elementos estructurales como las columnas o vigas para saber a qué distancia entre ellos deben ser colocados, de manera que no haya desperdicio de material (construyendo más de los necesarios) pero que sean las suficientes para que no falle toda la estructura.

(Estudiante 8) La aplicación conceptual es muy importante porque como el curso está diseñado para carreras como arquitectura y diseño, entonces es más importante para nosotros aprender qué es lo que pasa y no un número una fórmula o una respuesta matemática que en teoría no sirve para mucho, lo importante es entender qué va a pasar para poder diseñar y pensar cómo se va a hacer todo el proyecto con base a eso.

(Estudiante 7) Con la experiencia de la construcción de los proyectos me di cuenta de la importancia de las fuerzas. En el caso de la grúa fue muy importante analizar la cantidad de peso que podía soportar ésta antes de deformarse; en la silla fue necesario analizar los torques, para poder equilibrarla y hacerla estable; y en el puente fue indispensable analizar la presión que ejercíamos sobre este antes de que se desfigurara.

Durante la entrevista se les preguntó a los estudiantes si consideraban que los proyectos desarrollados este semestre tenían un hilo conductor. Encontramos una correlación entre el nivel de desempeño general en el curso por parte de los estudiantes y su habilidad de identificar de manera holística el contenido de éste. Por ejemplo, estudiantes de desempeño alto nos brindaron las siguientes respuestas:

(Estudiante 3) [A] mí me parece que el concepto que como que ha unificado todos los proyectos y que es como el hilo conductor de los mismos han sido los torques porque a

partir de esta idea pues surgen otros conceptos también como equilibrio de fuerzas o aplicación de fuerzas y es muy importante porque en todos los vimos: en la grúa pues el carro de la grúa no podía tener un torque muy grande; en la silla pues salió como completamente porque tenía que quedar quieta y no se podía ir para adelante debido al peso de la persona; bueno el puente también tuvo un problema como de equilibrio y pues la lámpara también genera equilibrio y genera torques y por eso y se vio muy claro.

(Estudiante 8) El torque... yo pude aplicar estos conocimientos en la realización de las tres entregas, la grúa, el puente y la silla, ya que en todos se tenía que tener en cuenta los torques que se producían en el sistema y asegurarse de que la sumatoria de estos fuera cero, para que el sistema estuviera en equilibrio, en la lámpara había torques pero no equilibrio.

Una de las estudiantes de desempeño promedio nos dijo:

(Estudiante 11) Yo creo que llevaba una línea conductora en cuanto a los temas de clase y reforzaba algunos conceptos como el diagrama de torques, el peso, pero simplemente eran conceptos que se repetían y que pues creo que esa era la idea y que reforzáramos ese conocimiento... pero realmente nunca se me había ocurrido que tuvieran un hilo conductor.

Mientras que los estudiantes de niveles de desempeño bajo expresaron:

(Estudiante 9) No creo que tengan un hilo conductor, se hicieron proyectos bastante difíciles que sí tenían algunos conceptos en común, pero entre sí no creo que tuvieran alguna relación.

(Estudiante 14) Yo no creo que tuvieran relación, pues cada proyecto iba de acuerdo a los temas, pero no tenía una claridad, no tenía como una línea conductora.

Este es un resultado interesante en relación a la construcción conceptual dentro del curso, que nos podría indicar que una baja comprensión de los conceptos se evidencia en una visión seccionada de los contenidos trabajados por parte de los estudiantes; mientras que una visión más holística del proceso lleva a los estudiantes a un mejor grado de comprensión de la física como teoría predictiva, dadas las relaciones que pueden establecer entre diferentes conceptos y sus aplicaciones.

Así, los resultados de esta categoría nos llevan a considerar que el nivel grado de desempeño alcanzado por los estudiantes en general es positivo y se encuentra un desarrollo más equilibrado entre los aprendizajes de tipo disciplinar y los de transferencia. Éste es un avance importante en relación al ambiente analizado en 2004, que mostraría que la

construcción conceptual por parte de los estudiantes se favorece a través de dos acciones concretas: primera, la discusión permanente de los conceptos físicos a través de preguntas que los lleven a usar el modelo que están aprendiendo, en este caso las leyes de Newton; segunda, el desarrollar proyectos que tengan un hilo conductor que les permita a los estudiantes revisar varias veces su comprensión de estos mismos conceptos.

PERCEPCIÓN SOBRE EL AMBIENTE DE APRENDIZAJE

Al preguntar a los estudiantes sobre su percepción sobre el ambiente de aprendizaje, pudimos identificar el impacto de las diferentes actividades desarrolladas y su pertinencia. Muchos de los estudiantes consideran que lo más relevante del curso son los proyectos, como ellos mismos expresan:

(Estudiante 2) Lo más importante fueron los proyectos. El proyecto que realizamos en clase, porque nos ponen como un reto de hacer una cosa y uno ahí más o menos relaciona como que conceptos va a utilizar... la construcción y eso sí es aplicar los conceptos, y luego el trabajo escrito es como terminar de entender esos conceptos dentro del proyecto y dentro de lo que tu hiciste, entonces para mí eso es súper importante. Eso se le graba a uno en la cabeza como por experiencia, entonces a uno nunca se le va a olvidar, entonces uno puede relacionar muy fácil fenómenos o no se cosas que van a pasar como la grúa o como la lámpara.

(Estudiante 12) Las entregas grupales, aunque en serio eran difíciles. Para mí era mejor aprender a través de ensayar, equivocarse y lograr llegar a algo después de analizar lo que realmente a uno le piden y lo que uno sabe y cómo aplicar lo que uno sabe a la realidad, entonces eso es lo que más me ha ayudado a aprender en este curso.

(Estudiante 11) Para mí la parte más importante es la aplicación en los objetos que hacemos, en los proyectos porque los conceptos están ahí pero es bueno saber en la realidad como están, muchas veces en la teoría se ponen casos ideales, casos perfectos y en la realidad es otra cosa, entonces vemos lo que pasa en la realidad.

Sin embargo uno de los entrevistados manifestó:

(Estudiante 9) A veces me parece un poco tedioso la realización de los proyectos grupales, porque me estreso mucho tratando de llegar a lo que busca el proyecto tiene muchas condiciones, tiene muchas limitaciones y a veces me parece difícil lograr lo que me están pidiendo, uno necesita como una explicación adicional más clara del profesor.

En relación a los talleres de clase, las opiniones son divididas. Algunos manifiestan su importancia:

(Estudiante 1) Los talleres son la base del proyecto, realmente lo que explica cada taller son como los conceptos básicos para desarrollar cada proyecto.

(Estudiante 8) Tal vez en el colegio uno no tiene la posibilidad de hacer muchos talleres que lo lleven a aprender muchas cosas sobre todo los temas que hemos visto en física, pero de una manera muy superficial. Entonces, ahorita digamos que reafirmas y además aprendemos muchos más conceptos que antes no se veían en el colegio.

(Estudiante 15) El hecho que se hagan talleres día a día relacionados con los temas fortalece siempre lo que uno está aprendiendo de física.

(Estudiante 6) Hay algunos talleres que sí funcionan porque le dan cierto sentido a las prácticas que nos ponen a hacer y entonces uno puede como tomar las respuestas de otros talleres y aplicarlas a los proyectos que uno está haciendo.

(Estudiante 7) [...] los talleres tienen unas preguntas que a uno le sorprende que puedan ser ciertas. Como una pregunta que a mí me queda todavía me queda en la cabeza es que la Luna esta en caída libre de alguna manera... entonces lo hace pensar a uno por qué la Luna se está cayendo.

Sin embargo, otros estudiantes ven las actividades menos significativas:

(Estudiante 11) [...] en clase uno no aplicaba, o sea era simplemente leer un libro y copiar lo que estaba dicho en el libro [...].

(Estudiante 9) [...] cansa que sean solo talleres, pues ya uno empieza como a poner cualquier cosa sin aprender, como que uno se distrae y le pierde el hilo porque uno tiene muchas cosas en que pensar [...].

Por otro lado, las actividades individuales fueron vistas como espacios para aprender. Todos los estudiantes entrevistados consideraron provechosa la revisión de las preguntas de los talleres, aunque muchos consideraron que no se sacó todo el provecho que se podía a esta actividad:

(Estudiante 6) Yo creo que es interesante la revisión de las preguntas, porque uno refuerza por lo menos en esas preguntas que le toca, uno refuerza el tema principal,

digamos un problema que le veo es que solamente se centran en la pregunta y en ese tema entonces uno queda solamente con la claridad en ese concepto, pero solamente en ése. Digamos de pronto deberían ser las preguntas más repartidas alrededor de todo el semestre, para que uno llegara a entender más todos los conceptos y no se quedara solo con uno...

(Estudiante 13) [...] hay un dicho que dice ‘se aprende de los errores’ y pues en este caso también se aprende de los errores ajenos y pues para eso nos sirvió la clase para darnos cuenta de que los errores que comete la gente se deben a una falta de comprensión y que esa falta de comprensión a veces coincide con la que uno mismo tiene, entonces para eso sirvió para corregirse a uno mismo, corregir a las otras personas...

De igual forma, doce de los estudiantes coincidieron en afirmar que las entregas individuales aportaron de manera positiva a su aprendizaje:

(Estudiante 8) A mí me parecen chéveres las entregas individuales porque es una manera didáctica de aprender física, o sea uno no revisa no sólo la teoría sino piensa que aprendió uno con eso, es algo más práctico. Hace que a uno le quede y que uno aprenda más...

En relación a las dificultades que puede tener el curso, los estudiantes que afirmaron que los talleres les resultaban poco interesantes volvieron a hacer énfasis en este hecho, pero aparecieron otras inconformidades como:

(Estudiante 9) [...] las clases deberían tener menos cantidad de personas porque se pierde la individualidad porque todo es en grupos, todo funciona en grupos, tal vez si las cosas fueran más individuales podría uno hacer su propio trabajo...

(Estudiante 7) [...] El horario, a las 7 am... las madrugadas no sirven para pensar en física...

(Estudiante 14) [...] a veces era confuso porque no había una introducción previa al tema de la clase, como explicar la teoría antes de ir al taller, no uno llegaba justo al taller...

En general, encontramos que las actividades propuestas cumplen sus objetivos y aunque no siempre los estudiantes pueden percibir la importancia de algunas de ellas, sí se benefician al llevarlas a cabo. Es el caso de los talleres de clase, en los que un grupo significativo de estudiantes reconocen que es una actividad importante, que conecta el curso y que ayuda a la construcción de los conceptos a trabajar mientras otros lo ven como la “tarea” obligatoria. Al

no evaluar cada taller es responsabilidad de cada estudiante desarrollarlo; sin embargo, es claro en el desarrollo de las actividades individuales que aquellos estudiantes que realizan a profundidad los talleres identifican mejor esas preguntas que les ayudaron a mejorar su comprensión del tema, asimismo la revisión de las preguntas de sus compañeros alcanza mayor claridad y conceptualización.

Esta investigación también muestra que algunos estudiantes no se terminan de sentir a gusto con el diseño del ambiente de aprendizaje, pero son casos puntuales y por razones diversas sobre las cuales el profesor como diseñador de dicho ambiente en varias ocasiones tiene poca incidencia (como el horario), o que corresponden a visiones más tradicionales sobre lo que debe ser una clase, en particular de física.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Una de las conclusiones importantes de este estudio, es que a través de este ambiente de aprendizaje socio-constructivista la percepción general de los estudiantes sobre qué significa estudiar un curso de física cambia ampliamente, y que todo el proceso del curso los hace más reflexivos no sólo en relación a los conocimientos de física, sino a su forma de proceder, ya que la transferencia que se realiza a sus disciplinas en la mayoría de los casos proviene de un manejo de los conceptos físicos a un nivel adecuado desde la física y no sólo desde lo cotidiano de su entorno. Ello les permite a los estudiantes empezar a aprovechar esta comprensión de la física como modelo teórico que brinda una explicación del mundo para planear, predecir, cuestionar, analizar las propiedades de los materiales que emplearán, y no solamente lanzarse a hacer objetos sin reflexionar.

Desde nuestra perspectiva hay dos elementos del diseño que inciden profundamente en los resultados obtenidos: en primer lugar, los talleres desarrollados en clase de manera colaborativa y, en segundo lugar, lograr identificar un modelo físico que se desarrolla a profundidad desde una serie de proyectos que lo tienen como hilo conductor. Presentaremos algunas consecuencias que consideramos más generales de estos dos elementos.

Por un lado, esta investigación muestra un caso particular en donde se puede evidenciar que el aprendizaje es mediado por el lenguaje y que al discutir a profundidad los conceptos complejos o teorías abstractas el aprendiz puede identificar si está lejos o cerca del razonamiento de la disciplina, evidenciar el tipo de razonamiento al interior de ésta y buscar ser coherente con esta nueva forma de entender la realidad. En esta medida es un reto pedagógico pensar en ambientes donde se promueva el diálogo auténtico sobre la disciplina que se aprende, y así permitir a los estudiantes interiorizar sus formas de pensar y construir conocimiento.

En segundo lugar, el uso de proyectos permite aprendizajes más significativos, contextualizados en la carrera de los estudiantes aunque la disciplina concreta que aprenden no sea pertenezca a ésta, en este caso arquitectos y diseñadores que aprenden física. Sin

embargo, hay que tener cuidado sobre el tipo de proyectos y lo que se busca de ellos. Esta investigación muestra que la escogencia misma de los proyectos permite o entorpece la profundización en la disciplina y por lo tanto es un nuevo elemento a considerar dentro el diseño pedagógico.

Un último resultado interesante que queremos destacar es la percepción de los estudiantes de las actividades individuales; en nuestro caso los estudiantes las encontraron significativas. Esto nos recuerda que los aprendices están dispuestos a realizar acciones por su aprendizaje cuando éstas le aportan profundidad o mayor claridad, y que como profesores debemos ser cuidadosos al momento de elegirlos.

Finalmente, hacia el futuro persiste la pregunta de cómo equilibrar el trabajo individual con el grupal para ofrecer actividades que permitan seguir profundizando en los conceptos a desarrollar, y cómo lograr que ese grupo de estudiantes que sigue teniendo dificultades con los modelos teóricos y la comprensión más holística del curso se aproxime a ellos.

REFERENCIAS

- Arias J.D., Cárdenas C. & Estupiñán F. (2005). *Aprendizaje cooperativo*, (2a Ed.). Bogotá: Editora Guadalupe.
- Boronat, J. & Ruiz H. (2007, septiembre). La doble contribución del aprendizaje colaborativo: Aportaciones al profesorado y al alumnado. Ponencia presentada en las *Jornadas Nacionales de Metodologías ECTS*, Badajoz, España. Recuperado en <http://oce.unex.es/jornadas/Actas/pdf/252.pdf>
- Carrera B. y Mazzarella C. (2001). Vygotsky: Enfoque sociocultural. *Educere*, 5(13), 41-44. Recuperado en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/356/35601309.pdf>
- Chrobak, R. (2000). La metacognición y las herramientas didácticas. *Contextos de Educación*, 5. Recuperado en <http://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/05/Chrobak.htm>
- Coll, C. (1991). Concepción Constructivista y Planteamiento Curricular. *Cuadernos de Pedagogía*, 188, 8-11.
- Dewey, J. (1945). *Experiencia y educación*. (L. Luzuriaga, Trad.). Buenos Aires: Editorial Losada.
- Garzón, C. & Vivas, M. (1999). Una didáctica constructivista en el aula universitaria. *Educere*, 3(5). Recuperado en <https://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/19454/1/articulo3-5-5.pdf>
- Hernández, C. (2004). Física para diseñadores industriales: ¿Qué y cómo aprenden cuando diseñan? *Revista de Estudios Sociales* 19, 15-31. Disponible en línea en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/815/81501902.pdf>
- Lucio, R. (1994). El enfoque constructivista en la educación. *Educación y Cultura*, 34, 6-12.
- Mestre, J.P. (2001). Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers. *Physics Education*, 36, 44-51.
- Ordóñez, C.L. (2006). Currículo: La necesidad y la forma de cambiar. Ponencia presentada en el *Segundo Encuentro Pedagógico Ecuatoriano*, Manta, Manabí, Ecuador.
- Perkins, D. (1997). What is understanding? En M.S. Wiske (Ed.), *Teaching for understanding: Linking research with practice* (pp.39-57). San Francisco: Jossey-Bass Publisher.
- Savery, J. & Duffy, T. (1996). Problem based learning: an instructional model and its constructivist framework. En B.G. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. New Jersey: Educational Technology Publications.

Vygotsky, L.S. (1986). *Thought and language*. Cambridge: The MIT Press.