

# TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS BÁSICAS

## Alternative Techniques to Improve the Academic Improvement Performance within the Basic Sciences' Learning

Aura Lucía Quirós Rojas\*  
aura.quirós@ulatina.cr

Marianela Salazar Ramos\*\*  
marianela.salazar@ulatina.cr

Óscar Andrés Arroyo Chavarría\*\*\*  
oscar.arroyo@ulatina.cr

### Resumen

El propósito del estudio consistió en desarrollar y aplicar un modelo alternativo de enseñanza –aprendizaje para las Ciencias Básicas, específicamente enfocado en las áreas de física y estadística, con el fin de desarrollar estrategias que faciliten la comprensión de estos temas en los estudiantes de ingeniería.

Con base en una investigación acerca de prácticas innovadoras que se han venido desarrollando en el ámbito de la educación superior, se crea un modelo de enfoque cognitivo, donde se relacionan las concepciones de la enseñanza para la comprensión y la de los aprendizajes colaborativos, con metodologías de resolución de problemas, enfoque a proyectos y experiencias de laboratorios, en conjunto con herramientas evaluativas no tradicionales como la heteroevaluación y la autoevaluación.

Para la validación del modelo se realizaron dos actividades principales, la primera consistió en su aplicación en dos grupos de estudiantes del área de Física, y cuatro grupos de estudiantes en el área de Estadística, ambos pertenecientes a la Facultad de Ingeniería, los cuales se comparan con grupos de los mismos cursos que recibieron técnicas de enseñanza tradicionales. Con base en esto, se pudo confirmar que con el modelo desarrollado

### Abstract

The purpose of this study is to develop and apply an alternative teaching-learning model for basic sciences. It should be specifically focused on Physics and Statistics areas to develop strategies that facilitate these subjects' comprehension in engineering students.

A model of cognitive approach is created, based on an investigation of new educational practices that have been developed in the field of college education. Here, the concepts of teaching the understanding and collaborative learning are related to methodologies that are based on real life issues and on an approach to projects and laboratory experiences. All of them together are non-traditional assessment tools as hetero-evaluation and self-evaluation.

To validate this model, two main activities were carried on, the first was the application of the model to two groups of students in the Physical Field and four groups of students in the Statistics Field, both from the Faculty of Engineering.

These groups were compared to the same courses that received traditional teaching techniques. The results confirmed that with the developed model, the students have a better comprehension of the proposed topics, seeing this situation

\*Coordinadora académica de Ingeniería Industrial, Universidad Latina de Costa Rica.

\*\* Profesora Universidad Latina de Costa Rica.

\*\*\*Profesor Universidad Latina de Costa Rica.

los estudiantes logran tener una mayor comprensión de los temas propuestos, viéndose esto reflejado en su rendimiento académico, el cual es notablemente distinto de los grupos que trabajaron con metodologías tradicionales.

### Palabras clave

Técnicas alternativas de enseñanza, Ciencias Básicas, Aprendizajes colaborativos, Enfoque cognitivo, Física, Estadística, Enseñanza universitaria.

reflected on their academic performance, which is considerably different from the one of the groups that worked with traditional methodologies.

### Keywords

Alternative Teaching Techniques, Basic Sciences, Collaborative Learning, Cognitive Approach, Physics, Statistics, University Education.

La finalidad del proceso de enseñanza-aprendizaje es lograr que se dé una comprensión integral de la materia por parte de los alumnos. A pesar de que en apariencia esto se entiende como un fin lógico, en muchas ocasiones, se pierde su perspectiva como objetivo principal. En la práctica, es común observar docentes que consideran que únicamente su conocimiento es lo requerido para lograr este propósito; sin embargo, más importante que una transmisión unilateral, es la capacidad de lograr que el estudiantado pueda aplicar lo aprendido en su desempeño profesional.

Si bien la transmisión de conceptos es fundamental en este proceso, el propósito de la enseñanza va más allá de esto, engloba el concepto de un aprendizaje profundo que pueda ser no solo comprendido, sino recordado y reproducido en momentos futuros de la vida profesional del estudiante.

En la educación superior en general, y especialmente en el área de las Ciencias Básicas para Ingeniería, el concepto de *lección magistral*, ha sido el predominante en la impartición de los cursos, donde el profesor es quien dicta la clase y la enseñanza se centra únicamente en lo que este le muestre a la clase.

En los últimos años se ha comprobado que las metodologías tradicionales de enseñanza favorecen la pasividad de los alumnos, y la única forma de controlar el aprendizaje es con un examen final, el cual muchas veces es reprobado y es en ese momento donde se comienza a cuestionar dónde estuvo el fallo.

En la actualidad, se comienzan a explorar las nuevas metodologías didácticas de un aprendizaje centrado en el estudiante, donde se busca su involucramiento en el proceso, creando conciencia para que tomen un papel activo en su educación.

El presente artículo consiste en demostrar la importancia del uso de técnicas alternativas en la enseñanza de las Ciencias Básicas (Física y Estadística), para los estudiantes de Ingeniería.

La propuesta puede ser de gran provecho para mejorar las aprobaciones de los cursos, pero más importante que eso, que con ellas se puede alcanzar el aprendizaje integral de los estudiantes en estas materias, pilares para el razonamiento lógico y desarrollo de modelos, habilidades indispensables en los estudiantes de Ingeniería.

Por medio de implementación de herramientas novedosas en el contexto de la Universidad Latina de Costa Rica, en grupos piloto de los cursos anteriormente mencionados, así como la aplicación de una encuesta que mida las formas en las que a los estudiantes se les facilita mayormente la comprensión de la materia, se pretende corroborar que los estudiantes logran un aprendizaje profundo e integral cuando se convierten en elementos activos de su educación, donde ellos son los protagonistas y responsables de este proceso.

Antecedentes: realidad costarricense en las áreas de matemática, física y estadística

Las dificultades en las bases conceptuales de las Ciencias Básicas se evidencian en la educación superior, ya que es difícil encontrar el balance entre experiencia y teoría, y existen factores propios del currículum y las metodologías de enseñanza que hacen que su aprendizaje presente deficiencias, que dificultan el desempeño del alumnado cuando ingresa a la universidad. Según Reyes (2004), el estudiantado que ingresa a la educación superior muestra deficiencias en el área de la Física y en sus hábitos de estudio, que tienen como consecuencia problemas de rendimiento académico que limitan su formación y desempeño profesional.

Algo similar sucede en el campo de la Estadística, donde al tratarse de matemáticas aplicadas, si se traen malas prácticas desde la secundaria, se complicará su comprensión y desarrollo en el ámbito universitario.

Un ejemplo de las deficiencias que acarrea el estudiantado que ingresa a la educación superior, se evidencia en los resultados de las pruebas de bachillerato. Particularmente, del 2003 al 2011, Física presenta un porcentaje de aprobación bajo en comparación con las demás materias. Según el Ministerio de Educación Pública (2012), "el porcentaje de promoción de Física en la modalidad académica diurna, durante el año 2007 es el más bajo de los nueve años registrados [...]. Los nueve años muestran promociones superiores a 77%" (p. 49).

El estudiante ingresa a la universidad después de haber recibido una formación secundaria de al menos cinco años, donde ha aprendido conceptos variados acerca de distintos temas, no solo en materia de definiciones y procedimientos, sino también buenas y malas prácticas acerca de cómo se supone que deben estudiar y cuál es el propósito de llevar un curso.

Algunos tienen conocimientos sólidos en matemática y matemáticas aplicadas, sin embargo, una gran cantidad de alumnos provenientes de distintos colegios del país, han aprendido técnicas tales como memorización, repetición, prepararse únicamente para ganar un examen, entre otras más, o simplemente no han obtenido el aprendizaje suficiente para enfrentarse a los cursos universitarios, como sería ideal.

Para reaccionar correctamente frente a esta situación, es importante comprender qué es lo que ocurre en las secundarias, ya que esto repercute (de forma positiva o negativa) en el desempeño del estudiante en la universidad.

Castillo, Chavarría y García (2015) en *el Quinto Informe Estado de la Educación* indican que la mayoría de los alumnos

tiende a ubicarse en los niveles de menor desempeño en las pruebas diagnósticas de III y II ciclos aplicadas en 2010 y 2012, respectivamente, al igual que en las pruebas Terce en 2012 y las pruebas PISA (*Programme for International Student Assessment*) en 2012. Y no se pueden dejar por fuera las pruebas de bachillerato 2012-2014, siendo la asignatura de Matemáticas la que presenta mayores dificultades en todos los casos.

De estos datos, destaca el referente a las pruebas PISA y al bachillerato. Sobre las primeras se debe destacar que son aplicadas por el país en conjunto con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la cual funciona como un foro de discusión que busca mejorar el bienestar social y económico de sus miembros con el fin de enfrentar los principales retos que surgen, debido a la globalización.

Las pruebas PISA buscan medir las capacidades de los estudiantes de quince años en tres rubros: lectura, matemática y ciencias. Tienen media de 500 puntos y desviación estándar de 100 puntos. Según los datos de las pruebas aplicadas en el 2012 (las pruebas son aplicadas cada tres años) a 65 países, Costa Rica fue el cuarto mejor a nivel latinoamericano en la prueba de matemática, con un promedio de 407, por debajo de Chile que obtuvo el mejor puntaje (423), México (413) y Uruguay (409). Nótese que ninguno de estos países alcanza la media de 500 puntos esperada.

Aunque esta comparación parece alentadora, debe tenerse presente que el país está lejos de los que tienen los resultados. Se ubicó en el puesto 55 entre los 65 países y economías participantes. A la cabeza de estas pruebas (según sus calificaciones en matemáticas) se encuentra Shanghái-China (613), Singapur (573), Hong Kong-China (561). Todos con puntuaciones hasta 200 puntos superiores a las de Costa Rica.

En el país, el 60% de los estudiantes fueron catalogados en un nivel dos o

inferior (de los seis niveles posibles) en matemáticas.

En cuanto a las pruebas de bachillerato, los resultados del año 2014 reflejan la misma problemática. Matemática es la materia con menor promoción, solo un 74,39% de los estudiantes aprobaron los exámenes y este resultado disminuyó respecto al del 2013 cuando hubo un 75,2% aprobación.

Uno de los problemas más graves que han podido observarse con respecto a este tema es que, adicional a las tasas de aprobación, en muchos centros educativos se prepara a los estudiantes para ganar el examen únicamente, sin explicarles el razonamiento de las preguntas, por lo cual, en ocasiones, aunque lo aprueben no se garantiza el conocimiento.

Un cambio impulsado por el Ministerio de Educación Pública (MEP) sustentado en PISA, ha sido los nuevos programas de estudios de Matemática, los cuales empezaron a regir en el sistema educativo costarricense en el 2013.

Según la Organización de Estados Iberoamericanos (2012, p. 11), en una entrevista realizada al ministro de la cartera de Educación, se indica que en la Reforma Curricular del 2012 para Matemáticas I y II Ciclo de la Educación Primaria, III Ciclo de Educación General Básica y Educación Diversificada:

Una de las estrategias es promover procesos que en lugar de partir de lo abstracto, de la teoría, del teorema, para llegar algún día (si es que llegan) a lo concreto... se hace lo contrario: se enfatiza la participación activa de los estudiantes en la resolución de problemas asociados a su propio entorno, el entorno físico, social, cultural... o problemas que puedan ser fácilmente imaginados por las y los estudiantes.

Sin embargo, es necesario aun esperar para ver los resultados de esta reforma curricular.

Además, está el hecho de que el estudiante percibe las matemáticas de cierta manera, a veces como inalcanzables, pero curiosamente a veces las percibe en el extremo opuesto.

Castillo et al. (2015, p.19), indican en el quinto informe Estado de la Educación:

Existe contradicción entre la percepción de los estudiantes sobre el grado de dificultad de algunos contenidos matemáticos y sus resultados en la prueba diagnóstica. A pesar de que los alumnos catalogaron temáticas de secundaria como fáciles o muy fáciles para su aprendizaje, los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica, que debía resolverse sin usar la calculadora científica, contradicen esas afirmaciones, ya que más del 80% falló en preguntas relativas a las áreas de álgebra y trigonometría.

Finalmente, pero no menos importante, el Estado de la Educación resume que la metodología en el aula de las secundarias sigue siendo la tradicional. El método expositivo es el más usado por los docentes. Es por lo tanto comprensible que el estudiante esté acostumbrado a este método, y que no siempre esté en capacidad de aprovechar al máximo las clases, ya que esta forma de enseñar restringe al estudiantes y lo relega a un papel secundario, siendo el docente el actor principal en el proceso de enseñanza.

Gracias a las debilidades en la formación en el campo de las Ciencias Básicas en secundaria, es fundamental que el profesorado universitario conozca y utilice técnicas de enseñanza que favorezcan los aprendizajes de los conceptos de la Física y la Estadística, para mitigar el efecto que las carencias de formación en esa materia afecten el desempeño académico en educación superior.

### *Situación actual en la Universidad Latina de Costa Rica*

Actualmente en Costa Rica existen grandes limitaciones en la enseñanza de estas materias, principalmente por la forma tradicional de pensamiento que se ha venido fomentando hasta hoy. En la Universidad Latina de Costa Rica, han predominado las técnicas tradicionales de enseñanza en las áreas de Física y Estadística.

El método más utilizado es el expositivo combinado con la demostración práctica, en el cual el docente se ha encargado de impartir sus conocimientos mediante el uso de recursos tales como diapositivas y pizarra. Se ha dado un alto énfasis en el sustento teórico de los cursos, basándose en un libro de texto y donde el profesor asume el papel principal en el proceso de aprendizaje, al ser él quien dicta la clase y quien resuelve los ejercicios.

Se ha creído que si el profesor desarrolla una gran cantidad de ejercicios durante la lección le da suficiente referencia de estudio al alumno; sin embargo, bajo estas metodologías este nunca llega a tomar un papel activo ni a empoderarse de su aprendizaje, razón por la cual, lo que sucede comúnmente es que el estudiantado únicamente copie lo que se le dicta más no lo interiorice.

En el contexto nacional y cultural del país, sobre todo en una era donde los distractores tecnológicos son predominantes y el interés que se pueda despertar en un estudiante por estas materias es bajo, una clase donde este es un simple espectador no cumple con el objetivo de un proceso integral de aprendizaje, ya que se ha observado que las personas, en general, no mantienen la atención por periodos largos de tiempo.

Todo esto conlleva a que los alumnos busquen formas automatizadas de aprobar los cursos, por medio de la memorización y repetición de procedimientos, sin embargo, de esta manera solo se logra un aprendizaje superficial que se olvida fácilmente.

### *Modelo alternativo de enseñanza para las Ciencias Básicas*

#### *La enseñanza para la comprensión en el área de Ingeniería*

En lo que se refiere a las matemáticas en la educación universitaria, existe una larga historia de uso de métodos tradicionales, en las que el alumno debe su aprendizaje a la absorción de conocimiento a través de lo que el docente enseña. Según Alsina (2001), en muchos casos se cree que el estudiante es un receptáculo de todo lo que se considera necesario que sepa (álgebra, cálculo, estadística, física, etc.) si planea integrarse en el mundo profesional de las ciencias y tecnologías. Se cae en el mito de que las matemáticas son universales y, por lo tanto, que no deben justificarse a sí mismas y pueden ser enseñadas fuera de contexto.

Recientemente se han hecho llamados para cambiar la forma en que se enseñan estas disciplinas. Se ha criticado que no se puede seguir trabajando para el modelo cognitivo-memorístico (planteado por Atkinson y Shiffrin en 1968), y que es necesario enseñar desde una perspectiva más constructiva (tal es el caso de Kolb (1984), quien indica que el aprendizaje debe construirse desde la experiencia, observación, reflexión y puesta a prueba de los conceptos estudiados, y en este ciclo el principal actor debe ser el estudiante, en donde el estudiante no solo recibe el conocimiento desde su profesor, sino que ayuda a crearlo a través del trabajo en equipo y de la contextualización de ese nuevo conocimiento. Los seguidores del constructivismo en pedagogía sugieren que el enfoque debe centrarse en procesos contextualizados, en lugar de instruir hechos aislados. Brooks y Brooks (1993, p.64) mencionan que "En el enfoque constructivista, buscamos no aquello que los estudiantes puedan repetir, sino lo que pueden generar, demostrar y exponer". Brooks y Brooks se refieren a la enseñanza constructiva, en general en educación primaria, pero el mismo enfoque se puede aplicar a la enseñanza universitaria.

Tinker (2013), fundador de *The Concord Consortium* (una organización sin fines de lucro que busca investigar y desarrollar estrategias en el campo de la educación, con énfasis en matemáticas, ingeniería y ciencia), llama la atención respecto a la forma en la que se debe educar a estudiantes de ingeniería. El autor indica que se debe tratar de desarrollar modelos *constructivistas* en la enseñanza en contraposición con los modelos *instructivistas* que se usan normalmente. Indica Tinker que los estudiantes de Ingeniería requieren contar con la oportunidad de aprender haciendo. Para explicar la importancia de este modelo constructivista utiliza una analogía. Dice que aprender en el modelo instructivista es como esperar que un estudiante aprenda a jugar *Football* viendo a otros jugarlo, en el modelo constructivista el estudiante aprende a jugar *Football* jugándolo.

Se tiene entonces, desde esta línea de pensamiento que el aprendizaje debe ser una experiencia basada en el estudiante, que el aprendizaje debe ser autónomo, al menos, así debe fomentarse y que debe contextualizarse en situaciones reales de interés para el alumno, que estén asociados con conocimientos previos que el estudiante tenga. Además, se considera, dentro del constructivismo, que la motivación del estudiante y la relación con su profesor es importante para lograr un correcto aprendizaje.

La sociedad de hoy presenta nuevos retos para los jóvenes profesionales en Ingeniería, actualmente se exige un número mayor de habilidades y capacidades cognoscitivas, adicionales a los modelos y técnicas aprendidos en el aula. El mercado laboral demanda que el profesional cuente con capacidad de razonamiento, resolución de problemas, habilidades de comunicación oral y escrita, entre otras, que con una clase magistral son difíciles de desarrollar.

El modelo alternativo diseñado busca desarrollar en el estudiante de Ingeniería habilidades, para que pueda razonar y argumentar acerca de los temas del curso,

así como plantear y resolver problemas, establecer relaciones entre la materia vista, reproducirla y resumirla (de forma gráfica, numérica, simbólica, tabular, etc.), con el fin de poder comunicar las conclusiones a las que llega, de forma tal que puedan ser comprendidas por cualquier persona.

Para lograr este objetivo cada estudiante debe asumir un compromiso con la construcción de sus aprendizajes, y aquí el docente juega un papel fundamental, no solo en la generación de los mismos sino en la motivación y el planteamiento y resolución de problemas aplicados en la organización de las lecciones. Al colocarse en contextos reales, esto conlleva directamente a la identificación, uso y construcción de modelos matemáticos.

A continuación, se describirán algunos elementos curriculares que se consideraron en la aplicación de un modelo alternativo de enseñanza de la Física y de la Estadística en la Universidad Latina de Costa Rica, como medida para mejorar las tasas de aprobación en ambas materias.

### Enfoque cognitivo

Según Díaz-Barriga y Hernández (2001, p.31), el enfoque cognitivo hace "énfasis en el desarrollo de habilidades del pensamiento, aprendizaje significativo y solución de problemas". Las estrategias alternativas que se formularon para la enseñanza de la Física y la Estadística se encuentran sustentadas en este modelo.

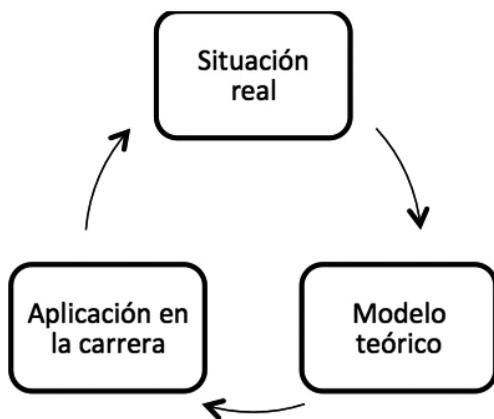
Las características del enfoque cognitivo que se adaptan al modelo aplicado en la enseñanza de las Ciencias Básicas son las siguientes:

1. Modelos de procesamiento de la información y aprendizaje estratégico
2. Representación del conocimiento esquemas cognitivos
3. Énfasis en el desarrollo de habilidades del pensamiento (como el razonamiento deductivo

e inductivo), el aprendizaje significativo y resolución de problemas

A nivel universitario, es necesario trabajar de manera intensiva en el fortalecimiento de las habilidades del pensamiento que le permitan al estudiantado desarrollarse de la mejor manera en su futura profesión. Lo anterior solo se puede lograr si los aprendizajes cobran un sentido real, donde se les permita resolver problemas de la vida cotidiana por medio de la aplicación de conceptos y teorías planteadas en los cursos de Física y Estadística. La Figura 1, resume la adaptación del modelo cognitivo que se implementó en el desarrollo de las clases.

Figura 1. Enfoque curricular cognitivo.



Elaboración propia.

Es así entonces, como se busca una comprensión integral del estudiante, haciéndolo participe de su propio aprendizaje. Se elimina la concepción de la enseñanza tradicional con la explicación primeramente de modelos teóricos y la resolución de ejercicios por parte del profesor, y se cambia por una explicación donde se parte de una situación real tomada de la cotidianeidad del estudiante (por ejemplo consultarles por sus edades, carreras, cuánto gastan en un fin de semana, etc.), y a partir de ahí se constru-

ye un ejemplo del cual se van sacando los conceptos teóricos que el estudiante necesita comprender, para después, explicarles cómo se puede aplicar eso a su carrera, lo que se convierte en una nueva situación real para completar el ciclo.

#### Enseñanza para la comprensión

El proceso de enseñanza - aprendizaje de cualquier disciplina se encuentra permeado por diversos aspectos que influyen de manera directa en el conocimiento adquirido por parte del estudiantado. Factores como la motivación de los alumnos y profesores, el ambiente escolar, los métodos de evaluación, el material didáctico, la supervisión y asesoría pedagógica, y el apoyo de los padres de familia en conjunto determinan el éxito o el fracaso de un proceso educativo.

En los factores citados, existe diversidad de variables que no pueden ser controladas por el cuerpo docente, es por esto que hay que aplicar estrategias en la mediación del profesor, que favorezcan el proceso de enseñanza para la comprensión en el estudiantado. Al respecto, Perkins en Stone (1999, p.4), menciona que "comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe". Esta situación, en particular, marca el desenlace de aprendizajes que cobren significados particulares en el estudiantado.

Con base en esta definición, se puede entonces analizar que, la comprensión se logra a partir de elementos provenientes de la cotidianeidad del estudiante, donde le es más fácil razonar e interpretar la materia si esta es asociada con lo que ellos conocen.

Por lo tanto, no se puede concebir una visión tradicionalista del currículo si se espera que exista un entendimiento, de manera integral y aplicada, del conocimiento científico. Es por ello, que en la enseñanza para la comprensión, se requiere que el cuerpo docente identifique cuáles son los tópicos generadores (también conocidos como tópicos generativos) que le permitan relacionar de manera integrada

el conocimiento. Stone (1999, p.15), señala que un tópico es generativo cuando "es central para el dominio o la disciplina, es accesible e interesante para los alumnos, excita las pasiones intelectuales del docente y se conecta fácilmente con otros tanto dentro como fuera del dominio o disciplina particular".

A medida que el profesorado identifica cuáles son los tópicos generativos, el proceso de enseñanza – aprendizaje se direccionará más hacia la comprensión de las aplicaciones reales de lo estudiado en la clase. Es importante considerar que existen contenidos que parecieran no ser generativos que resultan fundamentales para construir elementos cognitivos de mayor complejidad, y por lo tanto, su estudio se hace necesario.

Adicionalmente, es importante que durante el proceso educativo se consideren metas de comprensión que delimiten los alcances de los tópicos generativos. Al respecto, Jaramillo, Escobedo y Bermúdez (2004, p.532), mencionan que en algunas oportunidades "el problema de los tópicos generadores es que precisamente por ser tan ricos en conexiones e interés se vuelven excesivamente amplios y por eso requieren ser delimitados y especificados".

Al definir metas de comprensión claras, direcciona el proceso de enseñanza y aprendizaje hacia hechos concretos que pueden ser medibles. Jaramillo et al., argumentan que su principal ventaja es que hace que tanto "los profesores como los estudiantes permanezcan mucho más enfocados y, por ende, más productivos, porque el alumno entiende exactamente hacia dónde va y por qué eso importa" (p. 533).

Como se observa, la comprensión no es un hecho que se alcanza de manera expedita, sino que más bien es un proceso que requiere de diversas situaciones que le permitan al estudiantado equivocarse y analizar sus errores bajo la supervisión y la retroalimentación del cuerpo docente. Los autores, mencionan que "la comprensión, no se logra de la noche a la mañana; requiere práctica o mejor aún, lo que po-

dríamos llamar praxica (-reflexión-acción-reflexión-acción-...)" (p. 533). Esta acción se denomina desempeños de comprensión, y es en gran medida el motor de la comprensión por parte del estudiantado.

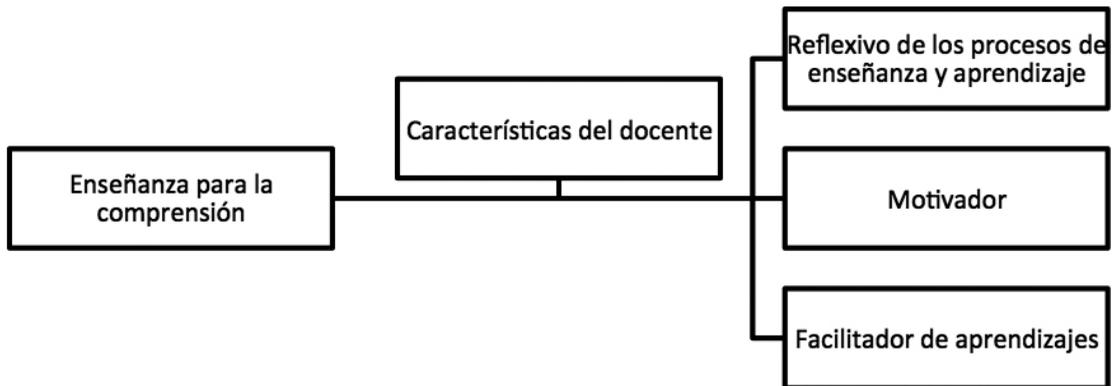
Por consiguiente, el segundo elemento importante, por tomar en cuenta en el modelo, es que, además de explicar las bases teóricas con elementos familiares para los alumnos, estos deben realizar práctica suficiente para que puedan aprender de sus errores. Es importante comprender que esta práctica no puede ser desarrollada por el docente, como se ha venido trabajando en los modelos tradicionalistas, sino que es el estudiante quien debe realizar los ejercicios, y es él mismo, con apoyo y guía del profesor, quien debe detectar donde se encuentran sus fallos.

Finalmente, para completar el proceso de enseñanza para la comprensión, hay que considerar la realización de valoraciones continuas que conduzcan a una evaluación final, que determine el logro de los aprendizajes por parte del estudiantado. Mencionan que estos son fundamentales

"en la promoción y la cualificación de la comprensión porque solo cuando los desempeños propios son valorados por las demás personas y por uno mismo es posible fortalecer los logros y detectar los vacíos o contradicciones que requieren ser resueltos" (p. 533).

En la Figura 2. Se muestran las características deseables que se buscaron en el docente durante la aplicación del modelo.

Figura 2. Enfoque curricular cognitivo.



Elaboración propia.

La figura anterior describe que el aprendizaje no puede centrarse en el docente, sino que este debe ser un facilitador y motivador, sin embargo, es el estudiante el eje principal del proceso.

#### *Estrategias de enseñanza para el desarrollo del modelo*

Las estrategias o metodologías de enseñanza aplicadas en el modelo desarrollado se dividieron en resolución de problemas, enfoque por proyectos y experiencias de laboratorio.

#### *Resolución de problemas*

A partir de la resolución de problemas, se fomenta el desarrollo de las habilidades del pensamiento en situaciones cotidianas que permiten al estudiantado analizar las relaciones existentes, entre el fenómeno real y su abstracción matemática.

La resolución de problemas confronta a los alumnos con un fenómeno real y cuantificable, donde resuelve problemas sistemáticamente con ayuda del método científico para la adquisición de los aprendizajes. Según Gómez y Neira (1986, p. 304): "el desarrollo de esta técnica implica que los alumnos realicen experiencias de aprendizaje en las que se cumplan los distintos pasos del método científico, apliquen conocimientos y adopten actitudes necesarias para la investigación".

La resolución de problemas estimula el pensamiento crítico a través de la habilidad para pensar en forma organizada y sistémica, ya que con la aplicación de esta estrategia el alumnado juzga la validez de las distintas soluciones posibles en un problema, de las fuentes de información por consultar, de las conclusiones obtenidas, entre otras. Estos autores explican que la aplicación de esta estrategia fomenta en el estudiante "habilidades para el estudio: buscar información, interpretar datos, establecer relaciones, elaborar cuadros sinópticos, conocer las fuentes de información, usar la biblioteca, entre otros" (p.305).

En la resolución de problemas se sigue el método científico:

1. Definición del problema
2. Formulación de la hipótesis

### 3. Verificación de la hipótesis

#### 3.1 Cálculos

##### 3.1.1 Interpretación y análisis de los datos

###### 3.1.1.1 ¿Qué significan estos datos?

###### 3.1.1.2 ¿Cómo se relacionan con otros datos?

###### 3.1.1.3 ¿Cuál es la relación entre los datos y la hipótesis?

###### 3.1.1.3 ¿Qué efectos tienen estos datos sobre nuestra hipótesis?

##### 3.1.2 Correcta aplicación de las fórmulas

### 4. Evaluación de las conclusiones

Por esta razón este enfoque es fundamental en la mejora del rendimiento académico del estudiante, ya que este deja de ser un simple receptor y toma un papel activo, donde desarrolla habilidades de razonamiento deductivo y de interpretación de resultados.

#### *Enfoque por proyectos*

El proyecto de aplicación exige que los estudiantes desarrollen el proceso completo de una investigación. Desde la formulación del problema de interés hasta la defensa del trabajo frente a sus compañeros y profesores.

Para desarrollar el trabajo se le da al estudiante una guía de lo que debe hacer. Existen pasos por seguir que están bien detallados en los libros de texto y se complementan con la explicación del profesor. En este caso, el estudiante aplica la materia vista en clase y hace los análisis requeridos, siguiendo cada uno de estos pasos. Es una experiencia vivencial que desarrolla en el estudiante la habilidad de extrapolar lo aprendido a una situación que no está previamente definida, para obtener una respuesta correcta, como lo están los ejercicios que se desarrollan en la clase. El proyecto muchas veces obliga al grupo

de trabajo a doblar los modelos vistos en clase, para que se ajusten a su realidad y le permite comprender que hacer esto es muchas veces la solución correcta.

La defensa del trabajo busca que el alumno sea capaz de resumir lo que hizo, de forma que personas que no estuvieron involucradas en el mismo lo puedan entender y acepten los resultados obtenidos. Y esto también desarrolla un proceso de aprendizaje, en el que el profesor ya no es el que tiene la información sino que los compañeros de clase son los que le entregan al grupo conocimiento.

#### *Experiencia de laboratorios*

Los laboratorios reciben este nombre porque son experiencias vivenciales, solamente que más cortas que un proyecto y con una guía puntual de lo que se espera obtener como resultado. Los laboratorios se pueden trabajar tanto dentro del aula como fuera de ella, y se busca que los estudiantes apliquen los conceptos vistos en clase en una situación en lugar de un ejercicio.

Al alumno se le dan instrucciones básicas del tema por desarrollar y lo que se espera lograr, sin embargo, para resolver la situación, el estudiante debe analizar qué datos necesita con el fin de plantear el problema. Es decir, que debe comenzar por determinar cuáles son los bloques que necesita para construir su ejercicio. Es importante resaltar aquí que el estudiante no tiene un ejercicio para resolver aún.

Es muy común en una clase tradicional, entregarle al estudiante toda la información y dejarlo resolver ejercicios, pero esto los desconecta de la realidad y no les exige cuestionarse de dónde salen esos datos que están recibiendo y esto es lo que se busca eliminar.

Con un laboratorio, como el del ejemplo, el grupo de trabajo se dará cuenta de que ocupa resultados que no existen, esto lo llevará a la conclusión de que debe buscarlos de su realidad inmediata ya que el primer bloque para construir su ejercicio son números que aún no tiene.

Entonces deberá buscar la forma de recolectar estas variables para posteriormente analizarlos.

Una vez que el estudiante tiene los datos debe darles los tratamientos necesarios, para resumirlos de forma que puedan servir en el marco conceptual que adquirieron. Con estos datos y el análisis posterior pueden sacar conclusiones sobre su población de interés. Dado que no se pide responder a preguntas particulares sino que el estudiante está en libertad de plantear las propias, cada grupo de trabajo llegará a conclusiones diferentes y variadas. El hecho de que no exista una receta en este tipo de ejercicios, les permite salir del ambiente controlado de la clase y de las respuestas pre-construidas a las que muchas veces se ven limitados.

#### *Evaluación de los aprendizajes*

Durante el proceso de enseñanza se fortalecen los procesos diagnósticos y formativos en la evaluación. Con este, se pretende determinar el alcance de los aprendizajes en la población estudiantil al utilizar estrategias metodológicas alternativas. En general, la evaluación contempla los siguientes principios:

1. Es integral: involucra las dimensiones social, intelectual, afectiva y motriz del estudiantado.
2. Es continua: se lleva a cabo a lo largo de todo el proceso. Permite identificar los conocimientos o actividades que presentan mayores dificultades en la búsqueda de soluciones en las actividades

de enseñanza para la mejora del aprendizaje.

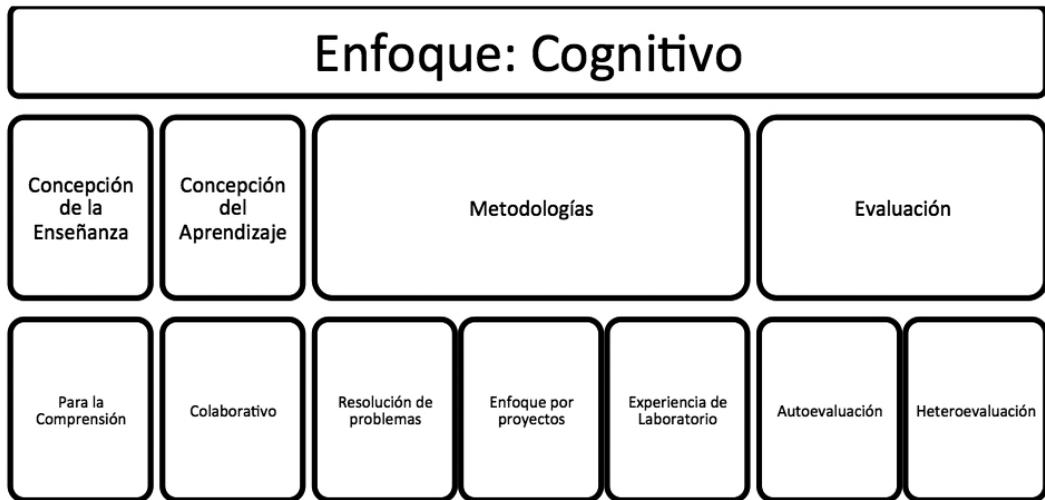
3. Es sistémica: tiene una estructura delimitada en dos categorías; primero, la comprensión de la realidad del fenómeno en su relación con el entorno; segundo, la comprensión matemática de los conceptos y su relación con situaciones similares, pero con condiciones distintas.

La evaluación de los aprendizajes se lleva a cabo bajo dos parámetros: la autoevaluación y la heteroevaluación. En la autoevaluación, el equipo de trabajo conformado por el estudiantado se cuestiona si los resultados obtenidos en cada uno de los procesos tienen sentido, es decir, ningún procedimiento en la resolución de los problemas se realiza de forma mecánica, sin pensar sus implicaciones reales, sino que busca un desarrollo en las capacidades de pensamiento que le permita discriminar entre situaciones reales y situaciones que no corresponden al comportamiento real del fenómeno.

En la heteroevaluación, el profesorado califica de manera diagnóstica, formativa y sumativa a la población estudiantil. Este proceso permite al cuerpo docente determinar si los aprendizajes alcanzados son suficientes y responden al desarrollo de habilidades de pensamiento en los procesos de construcción del conocimiento.

Todos estos factores conforman el modelo mostrado en la Figura 3, la cual se muestra a continuación:

Figura 3. Modelo de enseñanza – aprendizaje de las ciencias básicas.



Elaboración propia.

Validación del modelo

*Aplicación del modelo en la enseñanza de la física*

*Metodología de validación*

Las técnicas descritas anteriormente se aplicaron en dos grupos piloto del curso de Física I en la Universidad Latina, Sede San Pedro, durante el II cuatrimestre del 2015, comprendido desde mayo hasta agosto; uno de los grupos se tomó con población diurna y el otro con población nocturna o trabajadora, para así analizar la funcionalidad del modelo en estudiantes de distintos tipos.

En el mismo cuatrimestre, los demás grupos de Física I, constituidos en total por 136 estudiantes repartidos en 9 grupos distintos, recibieron la materia como tradicionalmente se venía explicando, con clases magistrales y ejercicios del libro resueltos por el profesor.

Con el fin de analizar la efectividad del modelo, se hizo una comparación de las notas de los grupos en los que fue aplicado con los que recibieron las lecciones, como usualmente se venía haciendo.

La población total estaba constituida por los estudiantes que llevaron la materia de Física I en el II cuatrimestre del 2015 y terminaron el curso ( Se excluyen los estudiantes que retiraron el curso de forma injustificada), de las distintas carreras de Ingeniería, tanto los dos grupos que recibieron tratamientos distintos con el modelo planteado, como de los demás grupos que llevaron el curso pero de la forma tradicional, para un total de 169 estudiantes analizados, de los cuales, los grupos piloto estuvieron compuestos por 15 y 18 estudiantes respectivamente, para un total de 33 estudiantes.

Para realizar la validación, tanto a los grupos en los cuales se trabajaron las nuevas técnicas, como a los grupos que recibieron la enseñanza tradicional, se les aplicó la misma rúbrica de evaluación, repartida en exámenes, pruebas cortas y laboratorios, con instrumentos que evaluaban los mismos temas de forma similar.

La única diferencia, entonces, radicó en las técnicas aplicadas en el aula, con el fin de que la efectividad del modelo se viera reflejada en la nota final del estudiante, esperándose que, si las técnicas alternativas funcionaban, los estudiantes de los grupos que las habían recibido sobresalieran de entre los demás.

#### Discusión de resultados

A continuación se muestran resumidos los resultados de aprobación de los grupos en los que se impartieron clases magistrales y demostrativas, con los grupos en los que se aplicaron las nuevas técnicas, a saber, grupos 3 y 4, y 7 y 8 (Se trabajan en conjunto ya que en los grupos se juntan en la teoría y se separan en el laboratorio por limitación de espacio):

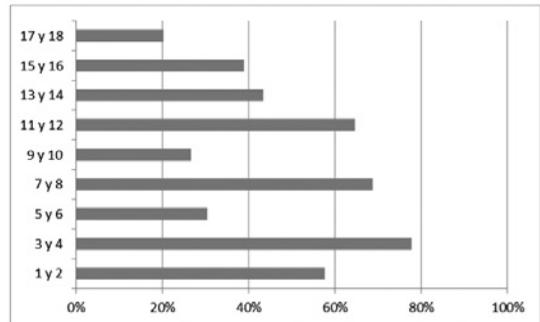
Tabla 1. Universidad Latina: tasas de aprobación de los grupos de Física I en el II cuatrimestre del 2015

| Número de grupo | Tasa de aprobación |
|-----------------|--------------------|
| 1 y 2           | 58%                |
| 3 y 4           | 78%                |
| 5 y 6           | 30%                |
| 7 y 8           | 69%                |
| 9 y 10          | 27%                |
| 11 y 12         | 65%                |
| 13 y 14         | 43%                |
| 15 y 16         | 39%                |
| 17 y 18         | 20%                |

Nota: Las tasas calculadas no incluyeron a los estudiantes que no terminaron el curso.

Datos tomados del Departamento de Registro de la Universidad Latina de Costa Rica.

Figura 4. Universidad Latina: tasas de aprobación de los grupos de Física I en el II cuatrimestre del 2015.



Elaboración propia, con base en la información de la Tabla 1.

Como se puede observar, los grupos 3 y 4 y 7 y 8, en los cuales se trabajaron las nuevas metodologías, tienen tasas de aprobación de un 78% y un 69% respectivamente, cuando entre el resto de los grupos se tiene un promedio de 40%, siendo algunos inclusive inferiores a este valor. Esto demuestra que, con respecto a la aprobación del curso, los grupos a los que se les aplicó el modelo desarrollado, obtienen una mayor cantidad de estudiantes que ganan el curso con respecto a los que reciben enseñanzas tradicionales, y esta aprobación es en promedio de un 33,5% mayor que las de los demás grupos.

Adicionalmente, se decidió comparar las notas finales de los estudiantes, ya que no solamente es importante analizar la aprobación global, sino también las notas obtenidas, con el fin de evidenciar la diferencia real entre los grupos, no solo en términos de cantidad de estudiantes que pasaron la materia, sino en términos de reducción de variabilidad y aumento del rendimiento en general del grupo.

Para este fin, se divide la población en dos grandes grupos, los que recibieron las lecciones aplicando el modelo, y los que recibieron enseñanza regular o tradicional. A cada grupo se le realizó una prueba de normalidad de *Anderson Darling* (véase Apéndice B) con el software *MINITAB*

16, con el fin de determinar si los datos se distribuían simétricamente alrededor de la nota promedio del grupo, dando como resultado que en ninguno de los casos los grupos eran normales.

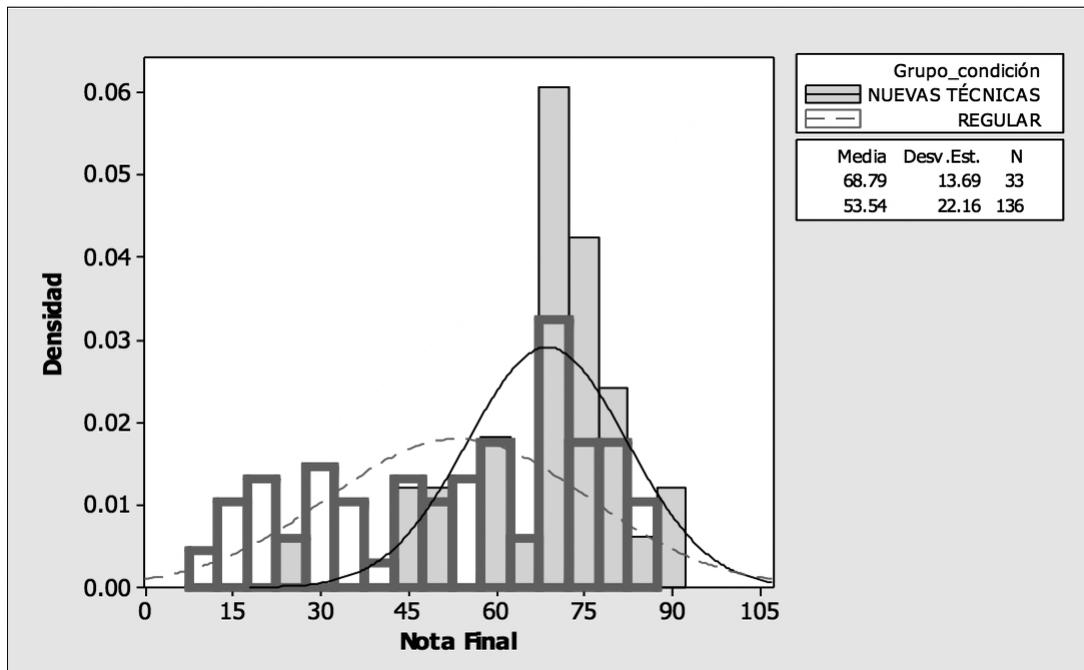
Esto puede deberse a que en el caso de los grupos regulares, hay una tendencia muy marcada entre estudiantes que reprueban con notas muy bajas, y estudiantes que aprueban con notas altas, tendiendo la mayoría a las calificaciones inferiores.

En los estudiantes que trabajaron con el modelo, aunque tampoco se comportan de forma normal, si se evidencia que

se mueve la nota promedio y la tendencia, donde más bien se observa que la mayoría de los estudiantes aprueban el curso y obtienen notas altas.

La siguiente figura muestra la comparación de ambos histogramas, donde se evidencia lo detallado anteriormente. Se puede observar que con las nuevas técnicas los estudiantes, con notas inferiores a 60 son realmente pocos, estando la mayoría por encima de 70 y con notas altas, cosa que no sucede en los grupos que se aplicó una enseñanza regular, donde la cantidad de estudiantes con notas superiores a este valor más bien es mínima.

Figura 5. Universidad Latina: histograma comparativo de las notas finales de los grupos de Física I en el II cuatrimestre del 2015.



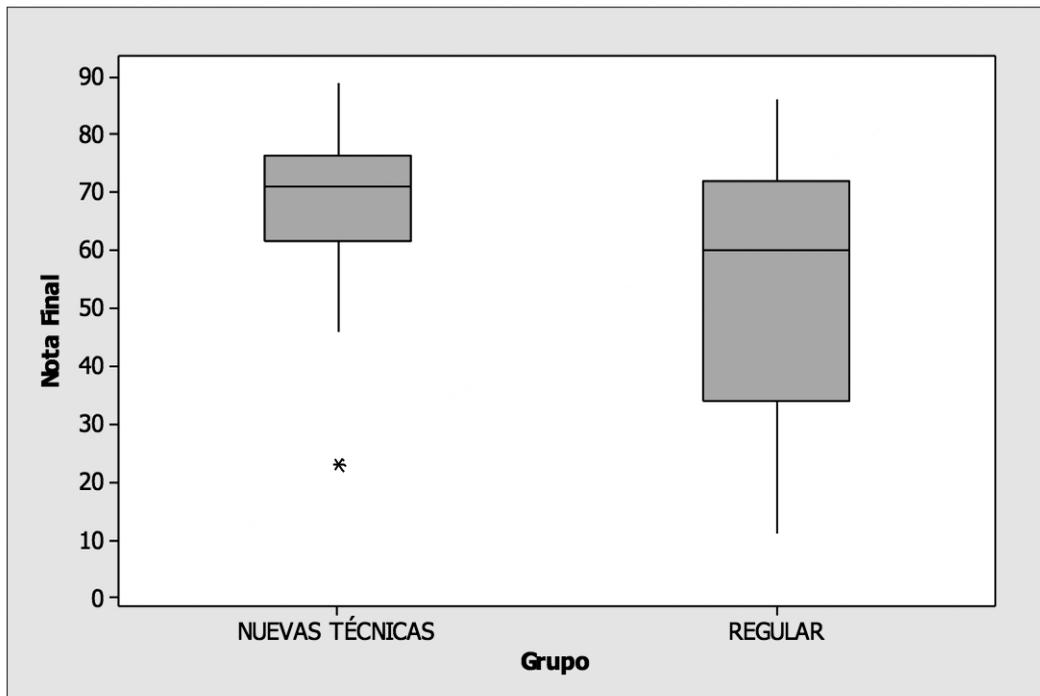
Elaboración propia.

Datos tomados del Departamento de Registro de la Universidad Latina de Costa Rica.

Se buscó también identificar sobre qué valor se encontraba la mayoría de las calificaciones de los estudiantes, y observar cómo la variabilidad se veía disminuida con la aplicación de las nuevas técnicas, es decir, que el grupo se comportara de forma más similar, y tendiendo a lo positivo o a las notas superiores, con la aplicación del modelo.

La siguiente figura de caja, muestra las relaciones descritas anteriormente, comparando ambos grupos de estudiantes.

Figura 6. Universidad Latina: notas finales de los grupos de Física I en el II cuatrimestre del 2015.



Elaboración propia.

Datos tomados del Departamento de Registro de la Universidad Latina de Costa Rica.

Se puede observar que el grupo que se muestra más consistente con respecto a sus notas es aquel en que se aplicaron las nuevas técnicas, estando el 50% de los alumnos con notas entre 61,5 y 76,5, en contraste con el grupo de estudiantes que recibió la metodología regular, donde la mitad de ellos se encontraron con calificaciones entre 34 y 72.

Adicionalmente, los estudiantes que recibieron las nuevas técnicas son los que tienen la mediana más alta, garantizando que la mitad del grupo sacó más de 71 en su nota final.

Además, se demuestra que existe una mayor simetría en el grupo, tendiendo hacia las notas superiores, cosa que no ocurre en los grupos que recibieron las técnicas tradicionales.

En resumen, los resultados demuestran que los grupos de Física a los que se les aplicó el modelo desarrollado presentan un mejor rendimiento que los que recibieron una enseñanza tradicional, reflejado tanto en el porcentaje de estudiantes que aprobaron el curso, como en las notas globales de los grupos.

## Aplicación del modelo en los cursos de Estadística

### Metodología

En el caso de Estadística, se eligió como población piloto para aplicar el modelo a los estudiantes de Ingeniería que llevaron el curso de Probabilidad y Estadística I en el II Cuatrimestre del 2015, la cual estaba constituida por 89 estudiantes.

Con estos grupos las clases se trabajaron enfocadas en experiencias de laboratorio y alrededor de los proyectos de los alumnos, más que con ejemplos genéricos, esto para explicar los aspectos teóricos. Después de haber construido la teoría a través de experiencias de laboratorio, los estudiantes se enfocaron en resolución de problemas y aplicando el conocimiento al proyecto del curso, lo que se esperaba mejorara los resultados con respecto a los que simplemente hicieron ejemplos genéricos, en su mayoría resueltos por el profesor.

Para validar la efectividad del modelo, se decidió comparar esos grupos con los de Probabilidad y Estadística I del III Cuatrimestre del 2014, los cuales recibieron las lecciones utilizando técnicas de enseñanza tradicionales, la cual se constituyó de 111 estudiantes de distintos grupos. La po-

blación fue seleccionada en cuatrimestres distintos ya que a partir del II Cuatrimestre del 2015 el modelo se aplicó en todos los grupos, por lo que la comparación tenía que ser con un periodo anterior.

Cabe destacar que para ambos casos se excluyeron a los estudiantes que abandonaron el curso de forma temprana, es decir, los que retiraron injustificadamente o nunca llegaron a clases.

### Discusión de resultados

Al igual que en el caso de Física, lo primero que se realizó fue una comparación de las tasas de aprobación de los estudiantes que recibieron las distintas técnicas, en comparación con los grupos del III Cuatrimestre del 2014 donde se aplicaba la enseñanza tradicional.

A continuación se muestran un cuadro y un gráfico que resumen las tasas de aprobación de los estudiantes de ambos cuatrimestres, donde se puede evidenciar que efectivamente en el segundo periodo del 2015, donde se aplicó el modelo, el rendimiento de todos los grupos es notablemente superior a cuando se trabajó únicamente con clases magistrales, lo que comprueba que efectivamente las nuevas técnicas de enseñanza favorecen la aprobación del curso.

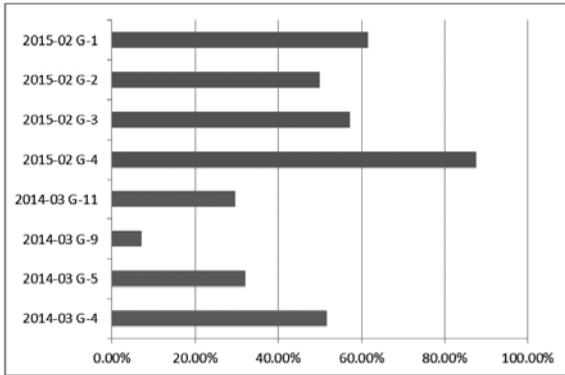
Tabla 2. Universidad Latina: comparación de las tasas de aprobación de los grupos de Probabilidad y Estadística I (IIIC-2014, IIC-2015)

| Cuatrimestre | Grupo | Aprobados | Total | Tasa de aprobación |
|--------------|-------|-----------|-------|--------------------|
| 2014-03      | 4     | 16        | 31    | 51.61%             |
| 2014-03      | 5     | 8         | 25    | 32.00%             |
| 2014-03      | 9     | 2         | 28    | 7.14%              |
| 2014-03      | 11    | 8         | 27    | 29.63%             |
| 2015-02      | 4     | 21        | 24    | 87.50%             |
| 2015-02      | 3     | 12        | 21    | 57.14%             |
| 2015-02      | 2     | 9         | 18    | 50.00%             |
| 2015-02      | 1     | 16        | 26    | 61.54%             |

Nota: Las tasas calculadas no incluyeron a los estudiantes que no concluyeron el curso.

Elaboración propia. Datos tomados del Departamento de Registro de la Universidad Latina de Costa Rica.

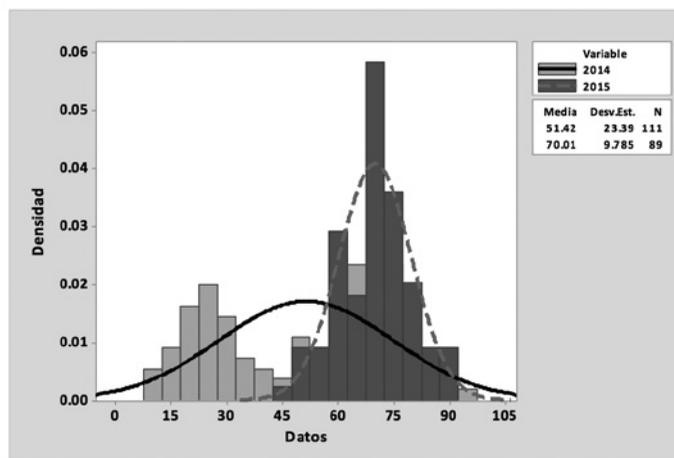
Figura 7. Universidad Latina: comparación de las tasas de aprobación de los grupos de Probabilidad y Estadística I (IIIC-2014, IIC-2015).



Elaboración propia, con base en la información de la Tabla 2.

Como se puede observar, en el periodo 2014-03, las tasas de aprobación se encontraban en un rango desde 7,14% hasta 51,61%, teniendo en promedio un porcentaje de aprobados de 30,10%. Una vez implementadas las nuevas técnicas en los grupos, en el periodo 2015-02 el valor se incrementa a un rango que va desde un 50% hasta un 87,5%, con un promedio de 64,05%.

Figura 8. Universidad Latina: notas finales de los grupos de Probabilidad y Estadística I (IIIC-2014, IIC-2015).



Elaboración propia.

Datos tomados del Departamento de Registro de la Universidad Latina de Costa Rica.

Estos resultados demuestran que la aprobación de los grupos incrementa notablemente con la aplicación del modelo, en promedio, es mayor en un 33,95%.

Analizando las notas de los estudiantes en el periodo donde se aplicó el modelo, con el periodo que trabajó con enseñanza regular, se realizan pruebas de normalidad de *Anderson Darling* con el software *MINITAB 16* en ambos grupos (véase Apéndice B), dando como resultado que, en el III cuatrimestre del 2014 los datos no se comportaban de forma normal, ya que existían dos grupos muy marcados, un grupo mayoritario de estudiantes con notas inferiores a 45, y otro con notas entre 45 y 90.

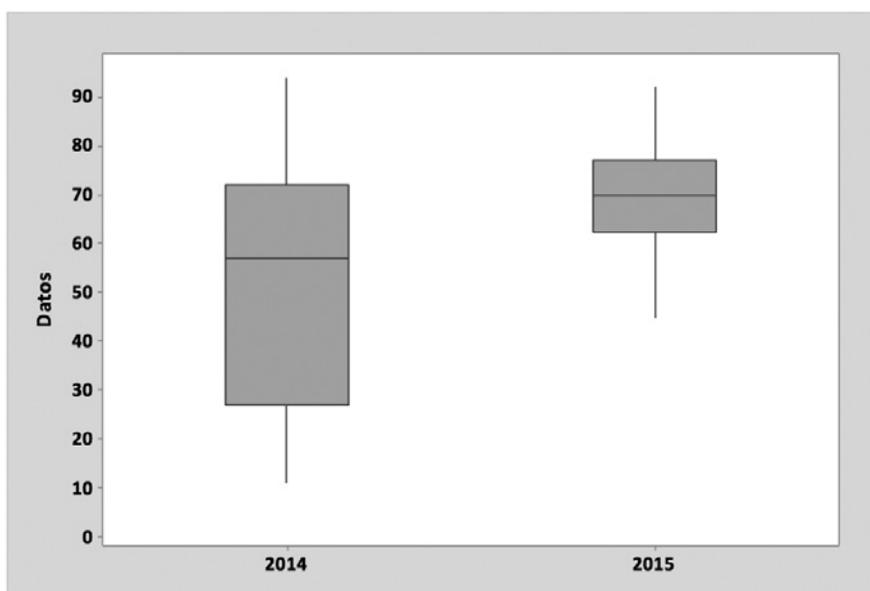
En el II Cuatrimestre del 2015, una vez que se implementa el modelo, se observa cómo los datos ya se comportan de forma normal, distribuyéndose simétricamente alrededor de un promedio de 70, lo que indica que se logra, no solamente una mayor estabilidad en el rendimiento del curso y una variabilidad reducida, sino que también un incremento en la nota promedio final de los estudiantes.

A continuación se muestra una figura que compara los dos histogramas de los grupos, con el modelo y sin él, evidencia lo descrito anteriormente:

También se quiso observar el incremento entre las notas de los grupos, con el fin de validar no solo la aprobación promedio sino los resultados globales, obteniéndose que efectivamente los grupos del II Cuatrimestre del 2015 tuvieron un mayor rendimiento, estando la mitad de los estudiantes con notas por encima de 70, mientras que en el periodo que se recibió la enseñanza tradicional, el 50% de los alumnos se encontraba por encima de 57 y apenas un 25% tenía notas superiores a 72. En este periodo la mitad del grupo tenía notas entre 27 y 72, presentando una alta variabilidad.

En el cuatrimestre que se implementó el modelo se puede ver cómo esa variabilidad se reduce notablemente, estando el 50% de los estudiantes con notas entre 62,5 y 77. No solamente las notas suben sino que el proceso se estabiliza notablemente. Todo esto se resume en la siguiente figura.

Figura 9. Universidad Latina: notas finales de los grupos de Probabilidad y Estadística I (IIIC-2014, IIC-2015).



Elaboración propia.

Datos tomados del Departamento de Registro de la Universidad Latina Costa Rica.

### *Validación del modelo con la opinión estudiantil*

Mucho se ha dicho de las metodologías constructivistas y de cómo estas permiten un aprendizaje más profundo. Pero con el fin de determinar si el estudiante se siente cómodo con estas se aplicó una encuesta de Preferencias en Técnicas de Aprendizaje, la cual se muestra en el Apéndice C, a un grupo de 117 estudiantes de la Universidad Latina, Sede San Pedro, en el III Cuatrimestre de 2015, de los cursos de Física y Estadística. El fin del cuestionario consistió en identificar cuáles son las metodologías que ellos prefieren en sus clases y fuera de estas.

El primer resultado concluyente que se puede observar es que los estudiantes tienen una mayor facilidad de recordar ejercicios resueltos en clase si los mismos se construyeron a partir de su realidad inmediata.

Figura 10. Universidad Latina: temas que los estudiantes de estadística y física recuerdan mejor días después de la clase, IIIC-2015.

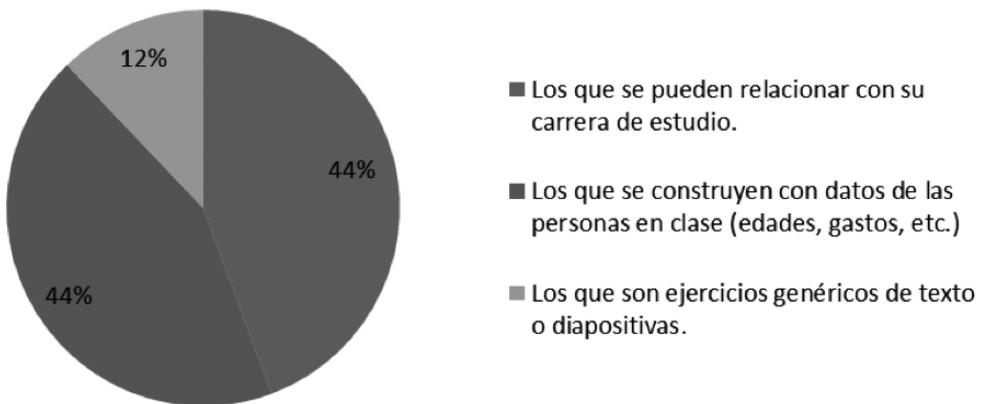


Elaboración propia. Datos tomados de la encuesta.

Más de la mitad de los estudiantes aseguran que recuerdan, por encima de otros, los ejercicios en los que se tomaron datos del grupo o situaciones cotidianas para ellos, y a partir de esos datos se desarrolla el ejercicio. Esto implica que lo que para ellos es más fácil recordar son los casos que se desarrollan en los laboratorios, pero también ejercicios en los que el profesor entrevista a los estudiantes para determinar elementos de su vida cotidiana y con estos desarrollar la teoría.

Otro resultado interesante es que, al ver temas nuevos, los alumnos los comprenden mejor si los pueden relacionar con su realidad inmediata, o bien con su carrera de estudio.

Figura 11. Universidad Latina: situaciones/ejercicios que los estudiantes de física y estadística tienen mayor facilidad de comprender desde la primera vez, IIIC-2015.



Elaboración propia. Datos tomados de la encuesta.

Este resultado apoya al anterior y lo que se ha demostrado con la implementación piloto. Queda manifiesto que por encima de los ejercicios genéricos de los libros de texto (en los cuales solamente un 12% de los estudiantes comentó recordar más fácilmente), el alumno prefiere los que han sido contextualizados en su futuro profesional o bien su realidad actual. Esto implica que, aun sin conocer la teoría acerca del tema, el estudiantado prefiere en clase el enfoque constructivista, en el que pueden construir con su profesor ejercicios y relacionarlos con su área de estudio, en lugar de tomarlos de textos.

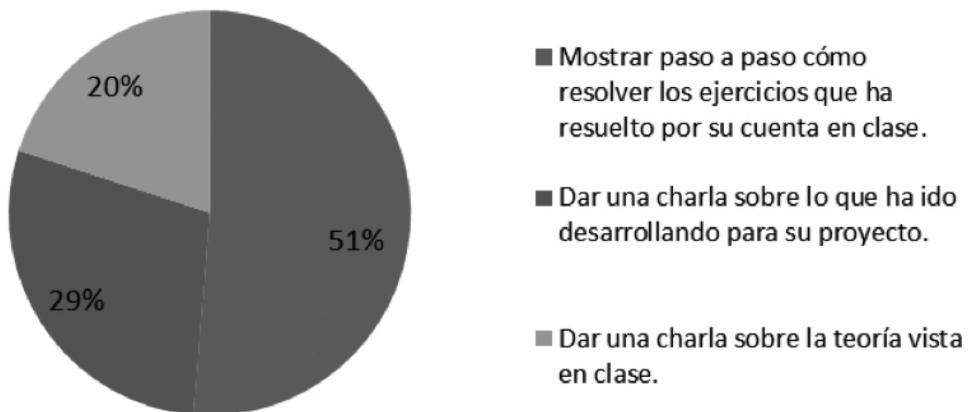
Con el fin de determinar la seguridad que siente el estudiante respecto a los temas aprendidos se le solicitó que indicara sobre qué tema preferiría improvisar una charla. Se buscaba indagar qué temas, inconscientemente, el estudiante consideraba que se sentía en la capacidad de explicar a sus compañeros, y en la Figura 12 se observa que, en su mayoría, la segu-

ridad la brindan los ejercicios que han sido resueltos por su cuenta en la clase.

Esto demuestra también que para el estudiante es importante la guía constante del profesor, ya que prefieren explicar ejercicios que han logrado resolver en el aula a temas que han desarrollado en su proyecto de curso. Durante las clases, esta guía está presente todo el tiempo, mientras que el proyecto se desarrolla en su mayoría sin supervisión directa y lo que obtienen para el mismo es retroalimentación periódica.

Esto indica que si bien en el modelo se busca que el alumno sea capaz de reproducir la teoría aprendida a situaciones de la vida real, donde no hay un resultado correcto, aun el estudiante no siente la seguridad necesaria para afirmar que el tema que más domina del curso es el que él mismo ha desarrollado, por lo que es un aspecto que se debe trabajar para mejorar lo planteado inicialmente.

Figura 12. Universidad Latina: forma en la que los estudiantes de Física y Estadística preferirían explicar los temas vistos en clase, IIC-2015.



Elaboración propia. Datos tomados de la encuesta.

También se analizó el factor de la motivación, el cual es crítico para que los resultados sean realmente buenos. Por esta razón se consulta a los estudiantes qué momentos durante la clase los motivan.

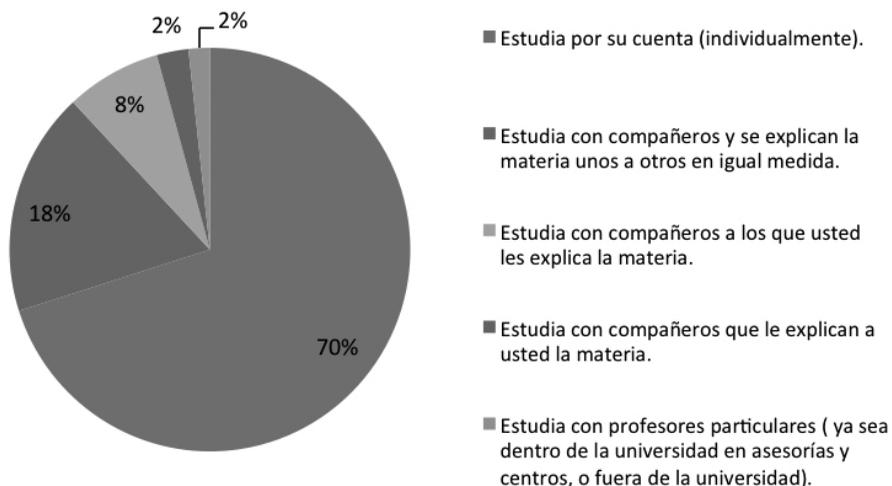
Figura 13. Universidad Latina: partes más motivadoras de la clase según los estudiantes de Física y Estadística, IIC-2015.



Elaboración propia. Datos tomados de la encuesta.

El hecho de que más del 80% de los alumnos indiquen que encuentran motivación en resolver ejercicios por su cuenta, o con compañeros, indica que la clase magistral en la que el profesor resuelve ejercicios en la pizarra para que el estudiante los copie, no es una forma correcta de mantener un estudiante motivado. Deben existir espacios en los que este pueda ponerse a prueba a sí mismo. Ahora bien, más del 70% de los estudiantes prefieren trabajar por su cuenta en este aspecto. Y sucede algo similar cuando se le pide al estudiante que indique cómo estudia para un examen.

Figura 14. Universidad Latina: formas de estudio de los alumnos de Física y Estadística, IIC-2015. Respuestas a la pregunta: *Cuándo estudia para un examen, la mayoría de las veces.*



Elaboración propia. Datos tomados de la encuesta.

Una gran mayoría estudia de forma individual, a pesar de que en clase prefieren la construcción de ejercicios en grupo. Esto implica que el enfoque constructivista que los estudiantes prefieren en la clase, aun no es el mismo enfoque que utilizan cuando deben estudiar sin la guía de un docente. Surgen entonces nuevas interrogantes como el papel que debe jugar el docente fuera de las aulas, las oficinas de vida estudiantil, o cómo se debe extrapolar el constructivismo de las aulas a los espacios fuera de la clase.

### Conclusiones

La efectividad del modelo planteado se comprueba con los resultados obtenidos, donde no solamente se evidencia un incremento notable en las tasas de aprobación de Física y Estadística (superando al promedio de los otros grupos en aproximadamente un 34% para ambos casos), sino en el aumento de la nota mediana de los grupos donde se aplicaron las nuevas técnicas. Con los métodos regulares el 50% de los estudiantes tenía notas inferiores a 57, mientras que, aplicando el modelo, tanto en el curso de Física I, como en el de Probabilidad y estadística I, la mitad de los estudiantes ya logra ganar la materia.

La enseñanza tradicional afecta directamente a un grupo de estudiantes que presentan dificultades para aprender de la teoría únicamente, ya que como se puede observar, tanto en Física como en Estadística, hay un grupo marcado de alumnos con notas inferiores a 70, siendo estos la mayoría, a los cuales se evidencia que la clase magistral definitivamente no les favorece.

Al aplicar el modelo en ambos grupos, se puede ver cómo se reduce la brecha que existía entre estudiantes aprobados y reprobados, debido a que la clase es más inclusiva para ese grupo, al que no les funcionaba la lección magistral, ya que esta se enfoca más en el alumno que quiere hacer más que simplemente escuchar. Por esta razón, se ve que la variabilidad de las notas en ambos cursos se disminuye notablemente, ya que la

mayoría de estudiantes de hoy aprenden haciendo más que observando.

Con los resultados de la encuesta se logra comprobar que los estudiantes, sin conocer la teoría acerca del enfoque cognitivo o de técnicas educativas, confirman que prefieren las clases en las que pueden resolver ejercicios por su cuenta y tomados de experiencias reales, lo que reafirma que la clase magistral donde el profesor es el actor principal ya está obsoleta, sobre todo en carreras de Ingeniería donde los alumnos buscan un enfoque más práctico y participativo en su aprendizaje. La motivación del alumno se encuentra centrada en lo que él se da cuenta que puede resolver por sí mismo, y ahí es cuando este busca tomar un papel más activo en el proceso de enseñanza, lo que se ve reflejado en el rendimiento final del curso.

Se demuestra también que los ejercicios genéricos, de diapositivas o libros de texto, no son de fácil comprensión para el estudiante debido a que no los puede relacionar con algo tangible para él. Por esta razón, al enseñar la teoría partiendo de un ejemplo práctico, y relacionado con la carrera, se comprueba que hay un mayor entendimiento de la materia, lo cual motiva al estudiante y al final se obtiene un resultado positivo.

### Recomendaciones

La investigación desarrollada es una primera aproximación a la enseñanza de las Ciencias Básicas con nuevas técnicas de aprendizaje. Se demuestra en los grupos piloto que los resultados fueron exitosos, razón por la cual se recomienda, para investigaciones futuras, replicar las experiencias en grupos con distintos profesores y en distintos horarios, con el fin de validar que efectivamente el modelo funciona en diversos escenarios.

Se deben analizar a profundidad todos los factores que pueden estar influyendo en la aprobación estudiantil de los grupos en los que se aplican las técnicas regulares, ya que es importante considerar si la motivación del docente tiene algún efec-

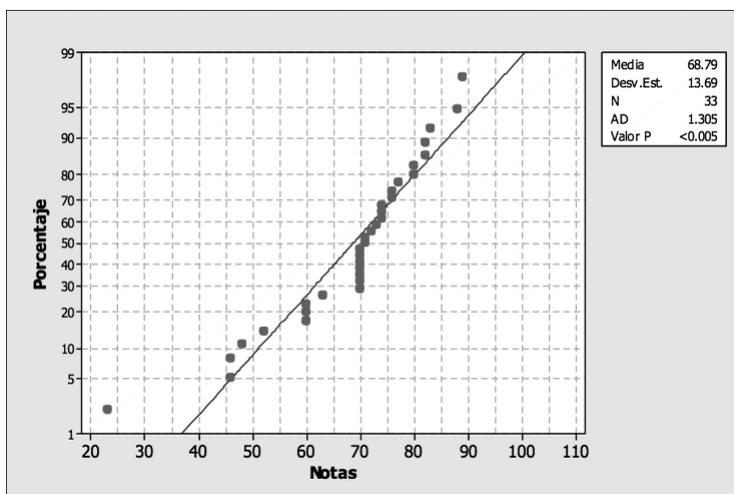
to en la mejora del rendimiento del grupo, aunque no se aplique el modelo planteado.

Se desea que la investigación desarrollada sirva como insumo para crear reflexión y conciencia entre los docentes de las áreas de Ciencias Básicas, acerca de

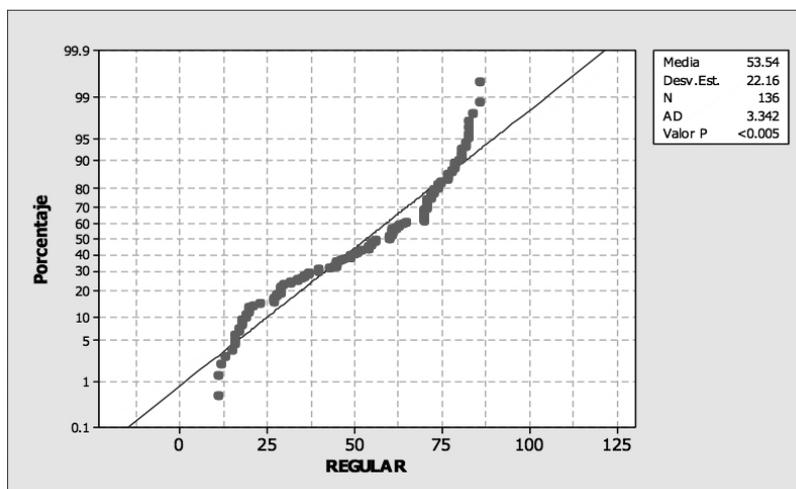
• cómo está cambiando la juventud actual,  
• y la necesidad de buscar metodologías más apropiadas de enseñanza con el fin de lograr el aprendizaje integral y aplicado de los estudiantes de Ingeniería, ya que este es el insumo que realmente necesitan para el desarrollo de su profesión.

## Apéndice A

Pruebas de normalidad para grupos de Física



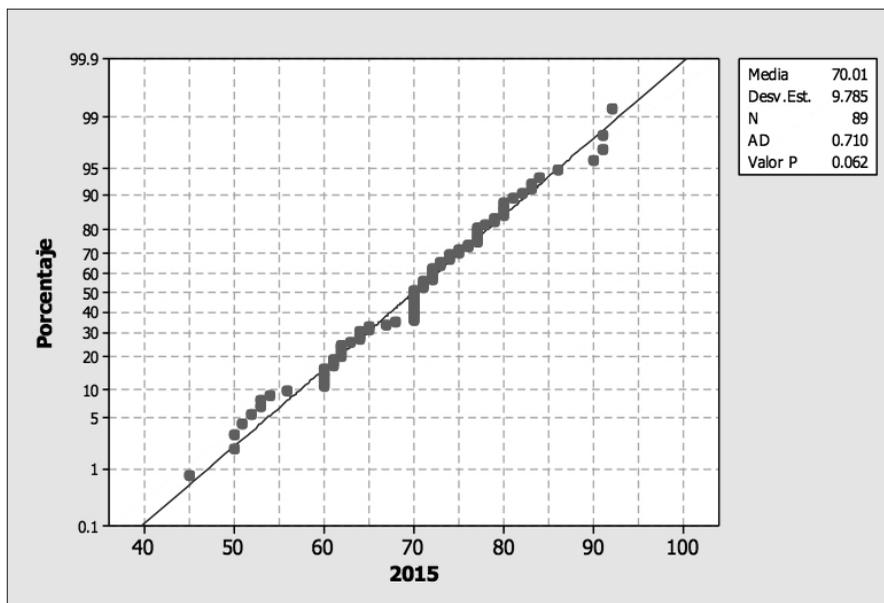
Prueba de normalidad para los grupos que recibieron las nuevas técnicas de enseñanza.



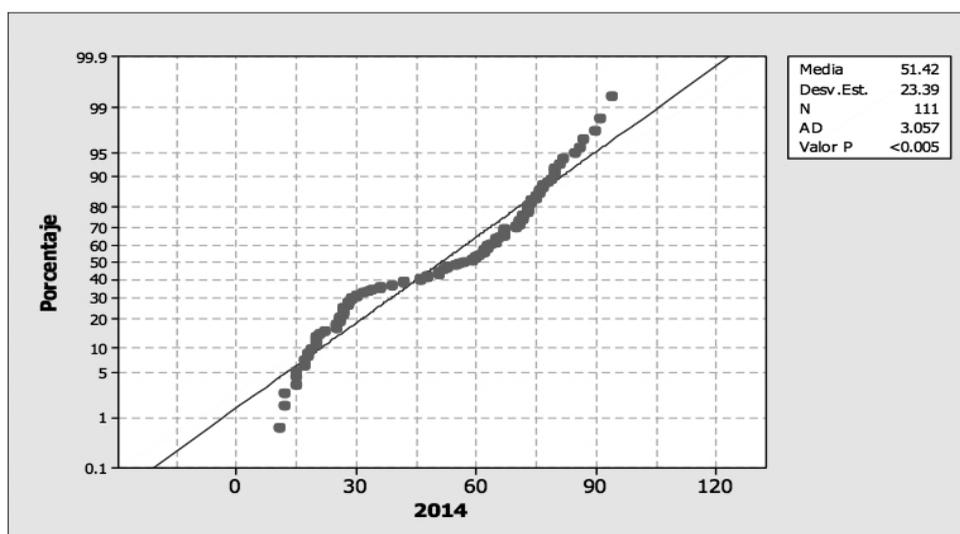
Prueba de normalidad para los grupos que recibieron enseñanza regular.

## Apéndice B

### Pruebas de normalidad para grupos de Probabilidad y Estadística



Prueba de normalidad para los grupos que recibieron las nuevas técnicas de enseñanza.



Prueba de normalidad para los grupos que recibieron enseñanza regular

## Apéndice C

Encuesta de preferencias en técnicas de aprendizaje de los estudiantes de la Universidad Latina de Costa Rica

### 1. Los temas que recuerdo mejor días después de la clase, son aquellos:

- En los que el profesor resuelve ejercicios del texto o diapositivas para los estudiantes mientras ellos los copian.
- En los que el profesor y los estudiantes construyen y resuelven ejemplos con datos reales (de la clase).
- En los que el profesor asigna un ejercicio que los estudiantes resuelven por su cuenta (en clase o tareas).
- Que se desarrollaron para el proyecto.
- En los que el profesor explica la teoría relacionada con la materia.

### 2. Los temas que me cuesta más recordar días después de la clase son:

- En los que el profesor resuelve ejercicios del texto o diapositivas para los estudiantes mientras ellos los copian.
- En los que el profesor y los estudiantes construyen y resuelven ejemplos con datos reales (de la clase).
- En los que el profesor asigna un ejercicio que los estudiantes resuelven por su cuenta (en clase o tareas).
- Que se desarrollaron para el proyecto.
- En los que el profesor explica la teoría relacionada con la materia.

### 3. Para resolver ejercicios en clase prefiero:

- Trabajar individualmente.
- Trabajar con uno o más compañeros.
- Trabajar con uno o más compañeros y consultar con el profesor cuando lo sienta necesario.
- Trabajar individualmente y consultar a uno o más compañeros cuando lo sienta necesario.
- Trabajar individualmente y consultar con el profesor cuando lo sienta necesario.

### 4. ¿En qué momento de la clase le es más fácil concentrarse?

- Cuando el profesor explica la teoría.
- Cuando el profesor resuelve ejercicios en la pizarra/pantalla para que la clase los copie.
- Cuando el estudiante resuelve ejercicios de forma individual.
- Cuando el estudiante resuelve ejercicios con uno o más compañeros.

### 5. Si debiera dar una charla en este momento sobre algún tema del curso, preferiría

- Dar una charla sobre la teoría vista en clase.
- Mostrar paso a paso cómo resolver los ejercicios que ha resuelto por su cuenta en clase.
- Dar una charla sobre lo que ha ido desarrollando para su proyecto.

**6. ¿Qué tipo de situaciones/ejercicios le resulta más fácil comprender desde la primera vez?**

- Los que se pueden relacionar con su carrera de estudio.
- Los que se construyen con datos de las personas en clase (edades, gastos, etc.)
- Los que son ejercicios genéricos de texto o diapositivas.

**7. Si a lo largo de las lecciones el profesor no logra explicar bien la materia, el estudiante debería:**

- Poner una queja formal en contra del profesor.
- Complementar la clase con lecturas de la materia en el libro de texto.
- Complementar la clase con lecturas del libro de texto y de otras fuentes (libros o internet)
- Poner una queja formal contra el profesor y complementar la clase con lecturas del libro de texto.
- Poner una queja formal contra el profesor y complementar la clase con lecturas del libro de texto y de otras fuentes (libros o internet)

**8. Cuando estudia para un examen, lo que hace principalmente es:**

- Estudiar la teoría que el profesor dió en clase.
- Estudiar la teoría del libro de texto del curso.
- Hacer de nuevo todos los ejercicios que el profesor o usted resolvió en clase.
- Hacer de nuevo los ejercicios más representativos que el profesor o usted resolvió en clase.
- Hacer ejercicios nuevos (ya sea del libro, de prácticas u otros exámenes)
- Revisar los ejercicios que se hicieron en clase o bien revisar ejercicios nuevos que estén resueltos.

**9. Cuando estudia para un examen, la mayoría de las veces:**

- Estudia por su cuenta (individualmente).
- Estudia con compañeros que le explican a usted la materia.
- Estudia con compañeros a los que usted les explica la materia.
- Estudia con compañeros y se explican la materia unos a otros en igual medida.
- Estudia con profesores particulares ( ya sea dentro de la universidad en asesorías y centros, o fuera de la universidad).

**10. La parte más motivadora de una clase es:**

- Cuando aprende teoría nueva.
- Cuando logra resolver ejercicios nuevos por su cuenta (ya sea con mucha o poca guía del profesor)
- Cuando logra desarrollar proyectos nuevos por su cuenta (ya sea con mucha o poca guía del profesor)
- Cuando logra resolver ejercicios nuevos con sus compañeros (ya sea con mucha o poca guía del profesor)
- Cuando logra desarrollar proyectos nuevos con sus compañeros (ya sea con mucha o poca guía del profesor)

## Referencias

- Alsina, C. (2001). Why the Professor Must Be a Stimulating Teacher: Towards a New Paradigm of Teaching Mathematics at University Level. En D. A. Holton (Ed.), *The Teaching and Learning of Mathematics at University Level: an ICMI Study*. (pp. 3–12). Leicestershire, Inglaterra: Dordrecht: Kluwer.
- Atkinson, R. C. y Shiffrin, R.M. (1968). *Human Memory: a Proposed System its Component Processes*. En *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 2). Nueva York, Estados Unidos: Academic Press.
- Brooks, J. G. y Brooks, M. G. (1993). In *Search of Understanding: The Case for Constructivist Classrooms*. Alexandria, Virginia, Estados Unidos: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Castillo, M., Chavarría, J. y M. García (2015). *Quinto informe del estado de la educación: grado de dificultad del aprendizaje de los contenidos matemáticos en la Educación Secundaria de Costa Rica y su abordaje didáctico, desde la perspectiva de docentes y estudiantes*. Recuperado desde: [http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/educacion/005/Mario\\_Castillo\\_et\\_al\\_Grado\\_de\\_dificultad\\_contenidos\\_mate.pdf](http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/educacion/005/Mario_Castillo_et_al_Grado_de_dificultad_contenidos_mate.pdf)
- Díaz-Barriga, F. y G. Hernández (2001). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México, D.F: McGraw-Hill Interamericana.
- Gómez, M. y S. Neira (1986). *Antología de técnicas didácticas*. San José, Costa Rica: Alma Máter.
- Jaramillo, R., Escobedo, H., y A. Bermúdez (2004). *Enseñanza para la comprensión*. Recuperado desde <http://www.redalyc.org/pdf/356/35602712.pdf>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey, Estados Unidos: Prentice-Hall.
- Ministerio de Educación Pública (2012). *Informe nacional 2011. Resultados de las pruebas nacionales de bachillerato de la Educación Formal*. San José, Costa Rica.
- Organización de Estados Iberoamericanos (2012). *Costa Rica, los nuevos programas de Matemáticas: una reforma indispensable*. Recuperado desde: [http://www.oei.es/noticias/spip.php?article10641&b2vpl=571988&debut\\_5ultimasOEI=135](http://www.oei.es/noticias/spip.php?article10641&b2vpl=571988&debut_5ultimasOEI=135)
- Perkins, D. (1994). *Epistemics Games*. Victoria, Australia: Hawker Brownlow
- Reyes, S. (2004). *El bajo rendimiento académico de los estudiantes universitarios. Una aproximación a sus causas*. Recuperado desde <http://www.ufg.edu.sv/ufg/theorethikos/Junio04/ebr.html>
- Stone, M. (1999). *La enseñanza para la comprensión*. Recuperado desde <http://www.remq.edu.ec/colegiosremq/bicentenario/images/ESTUDIO/pedagogia.pdf>
- Tinker, R. (2013). Deeply Digital: Teaching and Learning. *Revista de Ingeniería*, 39, 53-58.

Recibido: 9 de noviembre del 2015.  
Reenviado: 2 de diciembre del 2016.  
Aceptado: 15 de febrero del 2016.