

Desarrollo de competencias y adquisición de atributos de egreso en estudiantes de ingeniería

Dra. Rubí Concepción López Sánchez¹, M.I.C. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé², Dr. Mauricio Gamboa Marrufo³, Dra. Elizabeth del Rosario Vázquez Borges⁴, Dra. Liliana San Pedro Cedillo⁵

Resumen: En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del análisis de reportes individuales y grupales de estudiantes de ingeniería que resolvieron un problema cuasi-real mediante el proceso de modelización matemática. El propósito fue identificar las fases seguidas durante el proceso de modelización matemática y la evaluación de los resultados de aprendizaje de los temas correspondientes a Cálculo Diferencial de una variable. Utilizamos técnicas cualitativas de análisis de contenido y el principio de Pareto para el análisis de los datos. Concluimos que existe evidencia de que la resolución de un problema cuasi-real en grupos de 4 a 5 estudiantes y la elaboración de informes individuales incide en el desarrollo de competencias, así como en la adquisición de los atributos de egreso de sus licenciaturas.

Palabras clave: Competencias, atributos de egreso, ingeniería, modelización matemática, problema cuasi-real.

Introducción

La resolución de problemas en todos los niveles educativos ha representado un reto tanto para alumnos como profesores en el proceso de enseñanza– aprendizaje (E-A) y es un contenido escolar que contribuye a la formación intelectual y científica de los estudiantes (Castro, 2008). El interés por la incorporación de la modelización a la práctica escolar surge ante el creciente reconocimiento de la importancia del uso de las matemáticas en la ciencia, tecnología y en la vida cotidiana. La preocupación por la escasa presencia de ejemplos de la vida real en las matemáticas escolares se percibe por Bosch, García, Gascón y Ruiz (2006) y Kaiser y Schwarz (2010) como una falta de vinculación y de transferencia del conocimiento matemático adquirido en la escuela a situaciones propias de tareas profesionales.

En el mismo sentido, Lesh y Zawojewski (2007) comentan que la escuela proporciona a los estudiantes herramientas matemáticas y deja de prepararlos de manera adecuada para el uso de éstas en el ámbito profesional. Los egresados presentan dificultades para reconocer las relaciones existentes entre las matemáticas aprendidas en el colegio y las que se utilizan en ambientes reales de resolución de problemas, al presentárseles las matemáticas de una forma más compleja, situada y multidisciplinar. Esta percepción, entre otras razones, ha conducido a destacar la capacidad de matematizar como un objetivo último y prioritario de la educación matemática escolar a nivel internacional (OCDE, 2003). Matematizar se entiende como la habilidad de resolver problemas del mundo real a partir de su traducción al mundo matemático (Rico, 2006, 2007) y este concepto es lo que conocemos como modelización o modelación matemática.

Biembengut y Hein (2004, 2007) asumen que el proceso de modelización matemática resulta favorecido con el uso del contexto donde viven los estudiantes y de esta manera, la práctica escolar se enriquece para el logro del aprendizaje del conocimiento matemático (Bonotto, 2007). Kaiser y Schwarz (2006), Ortiz, Rico y Castro (2007) coinciden en reconocer la utilidad didáctica de estrategias que incluyan el contexto del estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje (E-A), vinculándola con un aprendizaje significativo. Niss (1989) argumenta que las aplicaciones y la modelización deben ser parte del currículo de matemáticas para ayudar a los estudiantes a la adquisición y entendimiento de conceptos matemáticos, o bien para motivar el estudio de esta disciplina.

Los estudiantes de ingeniería de primer ingreso perciben la importancia del conocimiento de las matemáticas para su formación profesional; en particular, se les presentan dificultades para comprender el cálculo diferencial, puesto que representa una materia donde el nivel de análisis es mayor y en muchas ocasiones, los alumnos no le encuentran aplicabilidad en su vida cotidiana (Aguayo, 2010 y Castro, 2008).

Una de las dos competencias disciplinares de la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral I que se imparte en el Tronco Común de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY) es “Formular

¹ La Dra. Rubí López, Profesora de Carrera de la UADY. rlopez@correo.uady.com (autora corresponsal)

² El M.I. Nicolás Zaragoza, Profesor Investigador de la UADY. zgrife@correo.uady.com

³ El Dr. Mauricio Gamboa, Profesor de Carrera de la UADY. mgamboa@correo.uady.com

⁴ La Dra. Elizabeth Vázquez, Profesora Investigadora de la UADY. vborges@correo.uady.com

⁵ La Dra. Liliana Cedillo, Profesora de la UADY. liliana.cedillo@correo.uady.com

modelos matemáticos, procedimientos algebraicos y geométricos, en situaciones reales, hipotéticas o formales, relacionadas con la ingeniería”. Nuestro interés en el desarrollo de este trabajo de investigación fue detectar cómo la resolución de problemas cuasi-reales en Cálculo contribuyen al desarrollo de esta competencia disciplinar.

Una estrategia que ayuda a los estudiantes para obtener resultados de aprendizaje son los proyectos de trabajo de forma grupal mediante la resolución de problemas de aplicación inherentes a su carrera, después de revisados los fundamentos teóricos. De esta manera los estudiantes logran consolidar sus conocimientos, al preguntar con mayor libertad, discutir entre ellos los resultados, analizar, criticar y no solamente concentrarse en la resolución de ejercicios desarrollados mecánicamente sin un análisis previo, y sin interpretar los resultados obtenidos (Barca, 2010).

Se consideraron también que los proyectos de trabajo en equipo permiten a los estudiantes desarrollar competencias genéricas, así como contribuir a la adquisición de atributos de egreso de su licenciatura.

Metodología

El proyecto de trabajo en equipo consistió en resolver un problema cuasi-real, un problema de planteamiento similar a los presentados en los libros de texto de Cálculo Diferencial e Integral de una variable, pero adaptado al contexto de la vida real de los estudiantes.

El problema cuasi-real consistió en diseñar una red óptima de agua potable: ¿dónde debe situarse la planta de abastecimiento empleando la mínima cantidad de tubería para surtir tres o cuatro comunidades aprovechando el recurso natural con el que cuenta el Estado de Yucatán en México: los “cenotes”? (cenote proviene de la palabra maya “dzonot” que significa “abismo” y son pozos de agua dulce creados por la erosión de la piedra caliza, suave y porosa).

Para el proyecto, se formaron 7 equipos de cuatro o cinco alumnos de las diferentes especialidades en ingeniería que se imparten en la FIUADY (Civil, Física, Mecatrónica y Energías Renovables). Los equipos estuvieron integrados de cuando menos dos especialidades, 4 equipos de 4 integrantes y 3 equipos de 5 integrantes para un total de 31 estudiantes.

Se les proporcionó un cuaderno de trabajo para que siguieran paso a paso las fases del proceso de modelización según Galbraith (2012) y las acciones de cada fase según López, Molina y Castro (2017). Cada equipo debía elaborar un trabajo en formato electrónico y además cada integrante debía realizar un reporte individual.

Se analizó cada reporte del proyecto por equipo de trabajo con el propósito de determinar las fases y acciones seguidas durante el proceso de modelización y los elementos que integraron el informe formal del proyecto según indicaciones establecidas:

- Desarrollar el proyecto de trabajo por equipos, siguiendo el proceso de modelización matemática en función de las fases y actividades propuestas en López (2014).
- Metodología de resolución del problema
 - ✓ Fases del proceso de modelización
 - ✓ Uso de tecnología para la resolución
- Reporte formal de la solución
 - ✓ Resumen descriptivo del procedimiento
 - ✓ Limitaciones, validez y significado de la solución
 - ✓ Dificultades y cómo se abordaron
 - ✓ Descripción formal o significado de la solución del problema

Por otra parte, se utilizó la técnica de análisis de contenido (Forcese, 1973) analizando los 31 reportes individuales y obteniendo las unidades de análisis. Estas unidades representaron frases o ítems extraídos de los informes individuales. Éstos, según las instrucciones proporcionadas a los estudiantes, debían contener los siguientes parámetros o indicadores:

- Las conclusiones y comentarios individuales sobre el desarrollo del proyecto de trabajo por equipo.
- La participación de cada uno de los otros integrantes del equipo de trabajo en el desarrollo del proyecto.

Análisis de Datos y resultados

En la primera parte del análisis realizado, referente al proyecto de trabajo por equipo, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 1.

FASE	ACCIONES	EQUIPO						
		1	2	3	4	5	6	7
1 Problema del mundo real	Leer y comprender el problema	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Identificar las palabras clave	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Hacer un dibujo esquemático	✓	☒	✓	✓	✓	✓	✓
	Replantear el problema	✓	☒	✓	✓	✓	✓	☒
	Identificar unidades de la solución	✓	☒	✓	✓	✓	✓	✓
2 Hacer suposiciones	Identificar y definir variables	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Hacer las suposiciones para abordar el problema matemáticamente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3 Formular el problema matemático	Formular el modelo que permita dar respuesta al problema	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4 Resolver el problema matemático	Calcular la derivada del modelo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Determinar los números críticos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Verificar los extremos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Identificar los valores que resuelven el problema	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5 Interpretar la solución	Representar gráficamente la solución	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Interpretación de la solución gráfica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Interpretación de la solución simbólica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Relacionar las soluciones gráfica y simbólica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6 Verificar el modelo	Confirmar la validez de la solución	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Identificar limitaciones del modelo o de la solución	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7 Reportar, Explicar, Predecir	Elaborar un informe de la solución encontrada	☒	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 1. Acciones realizadas en los proyectos de trabajo en equipo

Se observó que solamente el equipo 1 no elaboró el informe. El equipo 2 realizó sólo dos de las 5 acciones de la fase 1 (leer y comprender el problema e identificar las palabras clave) y al equipo 7 solamente le faltó realizar una acción (replanteamiento del problema) de la primera fase.

En lo que respecta a los elementos que deberían integrar el informe del proyecto de trabajo por equipo, según se indica en la sección anterior, se obtuvo la información que aparece reflejada en la tabla 2.

ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL INFORME	EQUIPO						
	1	2	3	4	5	6	7
Describir la respuesta de la solución	☒	✓	☒	☒	✓	✓	☒
Resumen del procedimiento	☒	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limitaciones de la solución	☒	☒	✓	✓	✓	✓	✓
Validez de la solución	☒	☒	✓	✓	✓	☒	☒
Significado de la solución	☒	✓	✓	✓	✓	☒	✓
Dificultades surgidas	☒	☒	✓	✓	✓	✓	✓
¿Cómo se abordan las dificultades?	☒	☒	✓	✓	✓	☒	✓
Uso de los gráficos	☒	☒	✓	✓	✓	✓	✓
Interpretación de la solución gráfica de la solución	☒	☒	✓	✓	✓	✓	✓
Número de sesiones formales realizadas para la actividad	3	2	4	3	3	3	3
Uso de tecnología	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabla 2. Elementos que integran los informes por equipo

Sólo un equipo (Equipo 5) incluyó todos los elementos solicitados para la elaboración del informe. A dos equipos (3 y 4) les faltó únicamente expresar con palabras la solución al problema. Al equipo 7, además de este elemento del informe, omitió describir el significado de la solución; y al equipo 6, la validez y la forma de abordar las dificultades. El informe del equipo 2 resultó bastante incompleto, debido a que solo incluyó 3 de los 9 elementos solicitados. Este equipo, como podemos observar en la tabla 2, solamente realizó 2 reuniones formales para el desarrollo del proyecto. Cabe mencionar que se solicitó también incluir minutas de las reuniones.

En el caso las unidades de análisis, se tomaron segmentos del contenido de los reportes individuales, de acuerdo con el interés de la investigación y susceptibles de ser expresados y desglosados en categorías y subcategorías según Hernández, Fernández y Baptista (2003).

El análisis de los 31 reportes individuales arrojó en primera instancia 18 elementos comunes o ítems que se encuentran desglosados en la tabla 3, indicando el índice de frecuencia.

N° ítem	Ítem	Índice de frecuencia
1	Aplicaciones del Cálculo en la vida real	25
2	Importancia del trabajo en equipo	24
3	Importancia de organizar actividades	24
4	Aplicación de conocimientos adquiridos a problemas reales	20
5	Importancia del cálculo en las ingenierías	13
6	Importancia de seguir una metodología	6
7	Interesante	6
8	Importante resolver problemas de la vida real	5
9	Experiencia agradable	5
10	Gusto por el tema (responsabilidad social)	5
11	Importancia de seguir lineamientos (estrategia)	4
12	Actividad satisfactoria	3
13	Creatividad (ingenio)	2
14	Actividad motivadora (curiosidad por seguir aprendiendo)	2
15	Disfruté la actividad	1
16	Reto (este tipo de actividades necesitan creatividad)	1
17	Actividad pertinente (responsabilidad social)	1
18	Actividad de investigación (motiva a seguir aprendiendo)	1

Tabla 3. Ítems de los reportes individuales y sus frecuencias

Realizando una segunda vuelta de análisis de contenido en los reportes individuales, se observó lo referido en la tabla 5, después de categorizar nuevamente los elementos.

N°	ÍTEM IER ANÁLISIS	RESULTADOS 2DO ANÁLISIS	CATEGORÍA
1	Aplicaciones del Cálculo en la vida real		ApCalPrR
2	Importancia del trabajo en equipo		ImpTrEq
3	Importancia de organizar actividades	Seguir una metodología	ImpMetod
4	Aplicación de conocimientos adquiridos a problemas reales	Conocimientos adquiridos en Cálculo	ApCalPrR
5	Importancia del cálculo en las ingenierías		ImpCalIng
6	Importancia de seguir una metodología		ImpMetod
7	Interesante		ActInter
8	Importante resolver problemas de la vida real	Tener responsabilidad social	ActPerti
9	Experiencia agradable	Actividad satisfactoria	ActSatis
10	Gusto por el tema (responsabilidad social)	Le importan los problemas sociales	ActPerti
11	Importancia de seguir lineamientos (estrategia)	Seguir una metodología	ImpMetod
12	Actividad satisfactoria		ActSatis
13	Creatividad (ingenio)	Actividad motivadora	ActMotiv
14	Actividad motivadora (curiosidad por seguir aprendiendo)		ActMotiv
15	Disfruté la actividad	Representa una actividad satisfactoria	ActSatis
16	Reto (este tipo de actividades necesitan creatividad)	Actividad motivadora	ActMotiv
17	Actividad pertinente (responsabilidad social)		ActPerti
18	Actividad de investigación (motiva a seguir aprendiendo)	Motiva a seguir aprendiendo	ActMotiv

Tabla 4. Resultados del segundo análisis y categorización de los ítems

Siguiendo las recomendaciones de Hernández, Fernández y Baptista (2003), con respecto a que las categorías deben ser preferentemente mutuamente excluyentes, se realizó un tercer análisis. Al concluir este análisis se obtuvieron finalmente 7 categorías mutuamente excluyentes y sólo una categoría con traslapes (“importancia del Cálculo en las ingenierías”). Este análisis se presenta en la tabla 6, con el índice y el porcentaje de frecuencia en función de los 31 alumnos de la muestra.

CATEGORÍA	ÍNDICE DE FRECUENCIA	% DE FRECUENCIA
ApCalPrR	29	94
ImpTrEq	24	77
ImpMetod	24	77
ImpCalIng	14	45
ActPerti	12	39
ActSatis	9	29
ActMotiv	6	19
ActInter	6	19

Tabla 5. Recategorización de los ítems y frecuencia

Observamos que más del 75% de los 31 alumnos indicaron la importancia del trabajo en equipo y de seguir una metodología para el desarrollo de un proyecto. Por otra parte, solamente 2 alumnos no externaron la importancia que tienen las aplicaciones del Análisis Matemático en la resolución de problemas de la vida real. Sin embargo, uno de

estos 2 alumnos comentó la importancia del Cálculo en las ingenierías, así como la importancia que representa la resolución de problemas de la vida real. Es importante hacer notar que de los 13 alumnos de la categoría correspondiente a la Importancia del Cálculo en las Ingenierías (ver Tabla 3) opinaron también sobre la importancia del cálculo en la resolución de problemas de la vida real.

Por otra parte, se agruparon los ítems en dos categorías: importancia y actividad, de 4 subcategorías cada una, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Categorías y subcategorías de los ítems

Finalmente, se realizó un análisis mediante el principio de Pareto. Un punto importante de este tipo de análisis es el diagrama de Pareto, que como menciona Ivančić (2014) representa una buena herramienta para seleccionar datos en categorías y establecer el número de veces que cada categoría ocurre. Siguiendo el análisis Pareto, se organizaron los datos en un orden jerárquico, colocando primeramente los datos que ocurren con mayor frecuencia (Tabla 6).

La gráfica de Pareto representa la frecuencia de la ocurrencia de las distintas causas de un problema en forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud. Otra de las utilidades de este diagrama consiste en analizar los datos con respecto a la frecuencia de problemas o de causas en un proceso (Juran, Gryna y Bingham, 2005).

Se renombró por conveniencia y consistencia la categoría de “Aplicaciones del Cálculo en la vida real” como “Importancia del Cálculo en la resolución de problemas de la vida real” (originalmente ApCalPrR); así mismo, se recategorizó como “ImpCalPrR”, según se muestra en la tabla 6 y en la figura 2.

Categoría	Frecuencia	Frecuencia acumulada	% unitario	% acumulado
ImpCalPrR	29	29	23	23
ImpTrEq	24	53	19	43
ImpMetod	24	77	19	62
ImpCallng	14	91	11	73
ActPerti	12	103	10	83
ActSatis	9	112	7	90
ActMotiv	6	118	5	95
ActInter	6	124	5	100
TOTAL	124		100 %	

Tabla 6. Frecuencias y datos para el diagrama de Pareto

Comentarios Reporte Individual

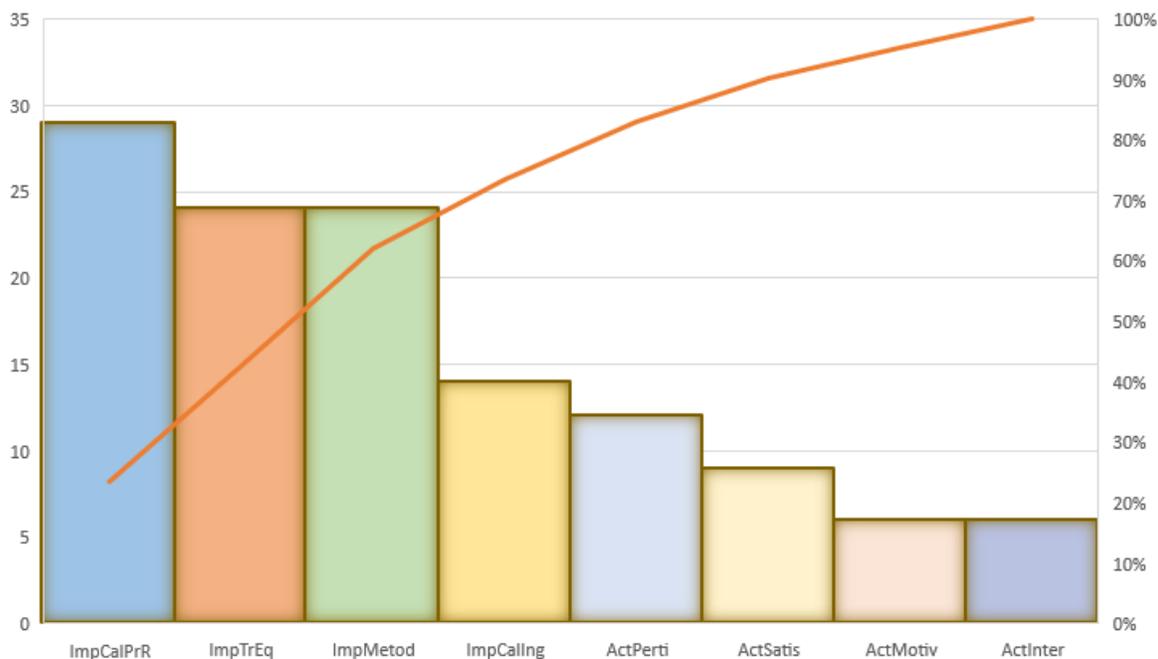


Figura 2. Diagrama de Pareto

Mediante los gráficos de Pareto se reconocen las causas esenciales, que corresponden al 20% de todas las causas, que generan el 80% de los problemas. Sin embargo, en la ingeniería de la industria es aceptado válido que un Diagrama de Pareto cumpla con la relación 70-30 (Juran, Gryna y Bingham, 2005; Hardy, 2010).

Se observa en la tabla 6 y en la figura 2 que las 4 subcategorías de importancia son el 50% de los ítems recategorizados y representan el 91% (ver Tabla 6) de las opiniones individuales de los estudiantes en sus reportes. Así mismo, las causas vitales que corresponden al 27% de todas las causas, generan el 73% de las acciones de importancia (ver Tabla 6). Es decir, nos encontramos próximos a la relación 80-20 del principio de Pareto.

Discusión de resultados

La competencia general de la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral I es resolver problemas con aplicaciones a la ingeniería, representados por modelos matemáticos, utilizando conceptos de cálculo diferencial e integral de funciones de una variable. Modelos matemáticos que representen situaciones de la vida real y que le permitan al estudiante de ingeniería identificar, comprender, describir y analizar su contexto. A través del aprendizaje del modelado matemático se pretende que los alumnos aprendan a cuestionar e investigar situaciones de la realidad (Barbosa, 2006).

Haciéndose referencia a 6 de las competencias genéricas y las correspondientes a la competencia general de la asignatura en cuestión, una de las dos competencias disciplinares y las competencias específicas de las unidades 2 y 3 de la misma asignatura (ver Tabla 7).

COMPETENCIAS	DESCRIPCIÓN
DE LA ASIGNATURA	Resuelve problemas de la física y la geometría con aplicaciones a la ingeniería, representados por modelos matemáticos, utilizando conceptos de cálculo diferencial e integral de funciones de una variable
	Usa las TIC en sus intervenciones profesionales y en su vida personal de manera pertinente y responsable.
GENÉRICAS	Aplica los conocimientos en sus intervenciones profesionales y en su vida personal con pertinencia.
	Actualiza sus conocimientos y habilidades para su ejercicio profesional y su vida personal, de forma autónoma y permanente.
	Desarrolla su pensamiento en intervenciones profesionales y personales, de manera crítica, reflexiva y creativa.
	Trabaja con otros en ambientes multi, inter y transdisciplinarios de manera cooperativa.
	Trabaja bajo presión de manera eficaz y eficientemente.

COMPETENCIAS	DESCRIPCIÓN
DISCIPLINARES	MATEMÁTICAS: Formula modelos matemáticos, procedimientos algebraicos y geométricos, en situaciones reales, hipotéticas o formales, relacionadas con la ingeniería
ESPECÍFICAS	Aplica conceptos de derivación en funciones de una variable para análisis de curvas y resolución de problemas de optimización.

Tabla 7. Competencias (Asignatura / Genéricas / Disciplinares / Específicas)

Por otra parte, los resultados de aprendizaje y atributos de egreso que se pretenden evidenciar con la evaluación del Proyecto de Trabajo en equipo se describen en la tabla 8.

	DESCRIPCIÓN
RESULTADOS DE APRENDIZAJE	Genera la gráfica de una función mediante los criterios de primera y segunda derivada. Resuelve problemas de optimización.
ATRIBUTOS DE EGRESO	Demostrar conocimientos de Ciencias Básicas y de la Ingeniería. Comunicar efectivamente los resultados de su actividad profesional, en el ámbito de la ingeniería y de la sociedad en general. Trabajar efectivamente en equipos que cumplen objetivos eficazmente.

Tabla 8. Resultados de aprendizaje y atributos de egreso FIUADY

Los resultados obtenidos en el análisis de datos correspondiente al Proyecto de Trabajo en equipo realizado concuerdan con Castro y Molina (2005) y Castro, Molina, Gutiérrez, Martínez y Escorial (2012), quienes afirman que la competencia matemática implica resolver problemas, pensar, razonar y argumentar, comunicarse utilizando el lenguaje matemático, utilizar las representaciones y símbolos propios de las matemáticas, elaborar e interpretar modelos, y aplicar los conocimientos y procesos matemáticos a situaciones prácticas. Por otra parte, Rico, Castro, Castro, Coriat y Segovia (1997) sostienen que cuando un sujeto trata de abordar las tareas mediante las herramientas disponibles, moviliza y pone de manifiesto su competencia en la ejecución de los procesos correspondientes (referenciado en Rico (2007)).

Los procesos de medición de atributos de egreso son complejos. Hasta donde se sabe, no existen metodologías estandarizadas que puedan ser igualmente replicables en cualquier realidad. Cada universidad debe desarrollar su propio proceso, a la luz de su realidad y sus posibilidades. Los resultados metodológicos en cuanto a la medición de atributos han ayudado a tomar decisiones para la mejora de la calidad de una licenciatura. Los cambios en la forma de enseñar y la exposición del estudiantado a la información que existe actualmente demandan una estrategia de enseñanza - aprendizaje diferente de la tradicional (Cruz, 2017). Los resultados obtenidos en el análisis de nuestros datos pretenden evidenciar la contribución a la adquisición de algunos de los atributos de egreso comunes de las licenciaturas en ingeniería, impartidas en la FIUADY (Tabla 8).

Por otra parte, como indican Hills y Tedford (2003), es necesario considerar que la naturaleza de la educación en ingeniería también tiene que considerar otro contexto: el de los problemas mundiales, los valores humanos y la incorporación de la tecnología en la educación. Resolver problemas relacionados con el contexto de la realidad de nuestros estudiantes fomenta el desarrollo de la responsabilidad social que actualmente es un atributo que todo egresado debe poseer, como menciona Cruz (2017).

Según la tabla de frecuencias (Tabla 6), podemos considerar la relación 83-17, o bien, la relación 73-27, validada por Juran, Gryna y Bingham (2005). Decidimos hacer válida la relación 73-27, debido a que en nuestro caso las causas formadas por las categorías de “actividades” (27%) serán las responsables del 73% de los efectos (categorías de “importancia”).

Conclusiones

El Cálculo Diferencial e Integral I que se imparte en la FIUADY al formar parte del Tronco Común, favorece el logro de competencias específicas y se relaciona con todas las competencias de egreso de las cuatro licenciaturas en ingeniería de esta facultad.

En la presente investigación, 7 equipos realizaron las acciones referentes a dificultades, suposiciones, y limitaciones, así como también externaron que el desarrollo del proyecto les resultó una actividad satisfactoria e interesante. Es decir, que como menciona Villareal (2008), los estudiantes interrelacionaron factores teóricos y prácticos al utilizar: conocimientos matemáticos, reflexivos, tecnológicos y extra-matemáticos. Por lo tanto, se considera que los estudiantes lograron adquirir las habilidades para el desarrollo de las competencias requeridas, así como para obtener los resultados de aprendizaje esperados.

Por otra parte, se reforzó lo anterior, con las categorías y subcategorías obtenidas del análisis de datos de los Reportes Individuales (ver Figura 1). Es decir, los estudiantes percibieron el Proyecto de Trabajo de la asignatura de

Cálculo Diferencial e Integral I como una actividad pertinente y motivadora y la importancia de: las aplicaciones del Cálculo en problemas de ingeniería, seguir lineamientos para resolver problemas y trabajo en equipo. No debe olvidarse que una de las actividades implícitas de un profesional de la ingeniería es la planificación de proyectos para lo que se requiere seguir una metodología. Hill y Tedford (2003) comentan que, si la educación es para la vida, entonces esta debe ser honorable y disfrutable.

Por último, con los resultados obtenidos en el Diagrama de Pareto (ver Figura 2) y la relación 73-27, es posible concluir que las causas que permitieron a los estudiantes percibir las actividades realizadas durante el proceso de desarrollo del proyecto como acciones (pertinentes, satisfactorias, motivadoras e interesantes); permitieron de la misma manera percibir el efecto de la importancia de las categorías (aplicaciones del Cálculo en la resolución de problemas de la vida real y en las ingenierías, trabajo en equipo y planeación en el desarrollo de un proyecto).

En consecuencia, se considera que el Proyecto de Trabajo en Equipo cumple con el objetivo de coadyuvar a la adquisición de competencias genéricas y aporta lo que le corresponde a la obtención de los correspondientes atributos de egreso como se pudo evidenciar en el análisis de los datos desde diferentes perspectivas.

Limitaciones

Las principales restricciones de la investigación fueron aquellas simplificaciones de diseño tales como, la falta de consideración de las pendientes de la tubería y las afectaciones a terrenos y propiedades de terceros. Tampoco se sugirió en las instrucciones que la ubicación de la planta de agua estuviera alineada con carreteras y caminos existentes. Así mismo, para un modelado mediante funciones de una variable, se consideró un número restringido de poblaciones en el diseño del problema cuasi real.

Recomendaciones

La investigación es fácilmente replicable para proyectos de diseño de líneas eléctricas, carreteras, tendido de fibra óptica, por mencionar algunos otros casos de problemas que puedan presentarse en el mundo real y adaptables al contexto de nuestros estudiantes. Por otra parte, es posible involucrar costos (minimizando el costo, en lugar de optimizar la longitud de la tubería) y algunas restricciones adicionales para hacer todavía más realista el experimento. El número de nodos (en este caso, poblaciones) que unen los tramos podría aumentarse. El problema se utilizó para evaluar competencias y resultados de aprendizaje de optimización en funciones de una variable. Sin embargo, es posible resolver el problema mediante un modelo matemático de dos o más variables, replanteando el diseño del mismo.

Referencias

- Aguayo, D. (2010). "Experimentando el Cálculo Diferencial". Tesis de Maestría en Educación Científica. Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Chihuahua, Chihuahua, México.
- Barca, N. (2010). "La enseñanza del cálculo diferencial e integral mediante la resolución de problemas, una propuesta motivadora". *Tecnociencia Universitaria*, 21-29. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología: Instituto de Investigaciones tecnológicas: Bolivia.
- Biembengut, M.S. y Hein, N. (2004). "Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática". *Educación Matemática*, 16(2), 105-125.
- Biembengut, M.S. y Hein, N. (2007). "Modeling in engineering: Advantages and difficulties". En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum y S. Khan (Eds.), *Mathematical Modeling. ICTMA12. Education, engineering and economics* (pp. 415-423). Chichester: Horwood Publishing.
- Bonotto, C. (2007). "How to replace word problems with activities of realistic mathematical modelling". En Blum, W., Galbraith, P.L., Henn, H.-W. y Niss, M. (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education. The 14th ICMI Study*, pp. 405-408. New-York: Springer.
- Bosch, M., García, F., Gascón, J. y Ruiz, L. (2006). "La modelización matemática y el problema de la articulación de la matemática escolar. Una propuesta desde la teoría antropológica de lo didáctico". *Educación Matemática*, 18(2), 37-74.
- Castro, E. (2008). "Resolución de problemas: ideas, tendencias e influencias en España". En Luengo, Ricardo; Gómez, Bernardo; Camacho, Matías; Blanco, Lorenzo (Eds.), *Investigación en educación matemática XII* (pp. 113-140). Badajoz: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM.
- Castro, E. y Molina, M. (2005). "Rendimiento en competencias matemáticas de los estudiantes españoles en el Informe PISA 2003". *Padres y Madres de Alumnos. Revista de la CEAPA*, 82, 14-17.
- Castro, C, Molina, E., Gutiérrez, Ma L., Martínez, S. y Escorial B. (2012). "Resolución de problemas para el desarrollo de la competencia matemática en Educación Infantil", *NÚMEROS, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 80, 53-70.
- Cruz, N. (2017). "Medición de atributos de egreso como herramienta de mejora educativa: el caso de la Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica". *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 54(2), 1-16.
- Forcese, D. (1973). "Social Research Methods". Prentice Hall sociology series.

- Galbraith, P. (2012). Models of modelling: Genres, purposes or perspectives. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(5), 3-16.
- Hardy, M. (2010). Pareto's Law. *The Mathematical intelligencer*, 32(3), 38-43.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). Metodología de la Investigación. 3ªed. México: Mc Graw Hill.
- Hills, G. y Tedford, D. (2003). "The Education of Engineers: the Uneasy Relationship between Engineering, Science and Technology. *Global Journal of Engineering Education*. 7(1). 17-28.
- Ivančić, V. (2014). Improving the decision making process through the Pareto Principle application. *EKON. MISAO PRAKSA DBK. GOD*, 23(2), 633-656.
- Juran, J. M., Gryna Jr., F. M. y Bingham Jr., R. S. (2005). Manual de control de la calidad Volumen 1 2ª ed. Barcelona, España: Reverté
- Kaiser, G. y Schwarz, B. (2006). "Mathematical modelling as bridge between school and university". *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik (ZDM)*, 38(2), 196-208.
- Kaiser, G y Schwarz, B. (2010). "Authentic modelling problems in mathematics education-examples and experiences". *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31(1), 51-76.
- Lesh, R., y Zawojewski, J. S. (2007). "Problem solving and modeling". En F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763–804). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- López, R. (2014). "Resolución de problemas en Cálculo mediante nuevas tecnologías". Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada, España.
- López, R., Molina, M. y Castro, E. (2017). "Modelización en el aula de ingeniería: un estudio de caso en el marco de un experimento de enseñanza". *PNA*, 11(2), 75-96.
- Niss, M. (1989). "Aims and scope of mathematical modelling in mathematics curricula". En W. Blum, J. Berry, R. Biehler, I. Huntley, R. Kaiser-Messmer y K. Profke (Eds.), *Applications and modelling in learning and teaching mathematics* (pp. 22-31). Chichester: Ellis Horwood.
- OECD (2003). "PISA 2003 assessment framework: Mathematics, Reading, science and problem solving knowledge and skills". París: OECD.
- Ortiz, J., Rico, L. y Castro, E. (2007). "Mathematical Modelling: A Teachers' Training Study". En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum y S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics* (pp. 241-249). Chichester, Reino Unido: Horwood Publishing.
- Rico, L. (2006). "Marco teórico de evaluación en Pisa sobre matemáticas y resolución de problemas". *Revista de Educación*, extraordinario, pp. 275-294.
- Rico, L. (2007). "La competencia matemática en PISA". *PNA*, 1(2), 47-66.
- Rico, L., Castro, E., Castro, E., Coriat, M. y Segovia, I. (1997). "Investigación, diseño y desarrollo curricular. En L. Rico (Ed.) *Bases teóricas del currículo de matemáticas en educación secundaria.*" Madrid: Editorial Síntesis.
- Villareal, M. (2008). *Modelización matemática como estrategia pedagógica*. Universidad Nacional de Córdoba.

Notas Biográficas

La Dra. Rubí López Sánchez tiene un Doctorado en Didáctica de las Matemáticas por la Universidad de Granada, España. Realizó su Tesis Doctoral en Resolución de problemas en Cálculo mediante nuevas tecnologías. Es Ingeniera Civil egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán y profesora de tiempo completo en dicha facultad impartiendo asignaturas (Matemáticas) del Tronco Común del Área de Ciencias Básicas desde hace 36 años. Inicia su trabajo en la línea de investigación correspondiente a la enseñanza- aprendizaje del Cálculo en las ingenierías con la ayuda de la tecnología en 2008.

El M.I. Nicolás Zaragoza Grifé tiene grado de Maestro en Ingeniería de la Construcción por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Ha trabajado como profesor de tiempo completo en la misma universidad durante 20 años, impartiendo asignaturas de Ciencia Básica y Estimación de Costos. Ha desarrollado varios softwares relacionados con la estimación y la planeación de los costos, así como para aplicaciones de las matemáticas. Desde hace 14 años ha sido consultor de empresas constructoras en el Sureste de México.

El Dr. Mauricio Gamboa Marrufo tiene un Doctorado de la Universidad de Oxford, Reino Unido. Realizó su tesis doctoral en Aplicaciones en Ingeniería de la Velocimetría por Imágenes de Partículas. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería en el Instituto Superior Técnico de la Universidad Técnica de Lisboa con un trabajo relacionado con el Análisis de Problemas Inversos desde un Enfoque de Colocación Trefitz Inversa. Ha estado trabajando en proyectos de Ingeniería Eólica desde 1999. Diseñó un Túnel de Viento para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Ha colaborado en diferentes Proyecto de Fondos Mixtos CONACyT – Gobierno del Estado de Yucatán y en un Proyecto de Cooperación Internacional Bilateral, Programa: México– Hungría (NKTH). Las temáticas de sus investigaciones van desde el efecto del viento en las estructuras, tales como la Casa-Maya, protectores anticiclónicos para ventanas, presiones en tenso-estructuras, vibraciones en chimeneas y paneles solares, hasta modelaciones utilizando dinámica de fluidos por computadora (CFD).

La Dra. Elizabeth Vázquez Borges tiene un Doctorado en Ciencias de la Tierra por la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene una Maestría en Ingeniería Ambiental por la UADY. Es investigadora y profesora de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la UADY. Su experiencia docente se centra en la asignatura de Química que se imparte en el Tronco Común del Área

de Ciencias Básicas de la FIUADY. Ha participado en Proyectos de Investigación relativos al mejoramiento de la Calidad Educativa para alumnos de ingeniería. Ha publicado artículos de Investigación Educativa y artículos de investigación en Ingeniería Ambiental.

La Dra. Liliana San Pedro Cedillo es Ingeniera Química por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Maestra en Ingeniería, opción Ambiental y Doctora en Ciencias Químicas y Bioquímicas por la Universidad Autónoma de Yucatán. Se desempeña como profesora en las áreas de Ciencias Básicas y Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Dirige el proyecto de Servicio Social “Programa de inducción a la formación integral para estudiantes de ingeniería”. Participa activamente en el proyecto social “Compartiendo tecnologías limpias y buenas prácticas agroecológicas con familias de Yaxunáh, Yaxcabá, Yucatán”. En 2019 obtuvo la distinción de Candidata a Investigadora Nacional por parte del Sistema Nacional de Investigadores.