

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE CONTENIDO MATEMÁTICO INMERSO EN OTRAS DISCIPLINAS. EL CASO DE LA INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y FOTOGRAMETRISTA

Luz Adriana Segura Camargo, Carolina Carrillo García, José Iván López Flores
Universidad Autónoma de Zacatecas
Ikle2009@hotmail.com, cgcarolin@hotmail.com, ivan.lopez.flores@gmail.com

Resumen

En este documento se presenta una propuesta metodológica que fue implementada para realizar un análisis curricular con el objetivo de cuantificar el contenido matemático (CoM) que recibe un ingeniero durante su formación. Se presenta como ejemplo de análisis el caso de la Ingeniería Topográfica y Fotogrametría, dado que fue en el desarrollo de una investigación en torno a dicha ingeniería que se desarrolló la metodología propuesta en este capítulo. Esta propuesta puede ser útil para identificar el CoM en otras disciplinas, así también puede proporcionar información relevante para realizar evaluaciones o actualizaciones de planes de estudio.

Palabras Clave: Metodología, Análisis curricular, Contenido matemático, Ingeniería.

Reconocimientos:

Esta investigación fue desarrollada con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Becaria 626199.

Introducción

En el sistema educativo actual, y en la sociedad en general, se considera a las matemáticas como una disciplina importante que aporta conocimientos con aplicación en diversas áreas.

Al respecto, García (2013) señala que “nadie discute sobre la importancia del aprendizaje de las matemáticas (ya que se asume su utilidad y necesidad de manera clara y distinta), ésta se ubica en una posición privilegiada frente a otras disciplinas del conocimiento humano” (p. 32).

Esta idea toma fuerza de manera particular si se considera el caso de la ingeniería, en la que:

Tanto ingenieros como profesores les asignan a las matemáticas un papel de cientificidad que permite distinguir un ingeniero de un técnico. [...] Esto es debido a que el conocimiento matemático es usado como un parámetro que muestra el nivel de calidad en la formación del ingeniero (Segura, 2016, p. 126).

Es decir, se percibe la visión de que entre más conocimiento matemático esté presente en la formación del ingeniero, mejor ingeniero será.

Por otro lado, dada esta aceptación social de la importancia de las matemáticas, algunos investigadores se cuestionan algunos aspectos de su inclusión en la formación de los ingenieros. Tal es el caso de Camarena, quien aborda la problemática del aprendizaje y enseñanza de la matemática en carreras profesionales como la ingeniería en

donde la matemática no es una meta por sí misma sino una herramienta de apoyo a la ingeniería en cuestión, sin olvidar el carácter formativo que ésta ofrece (Camarena, 2010, p. 7).

Por su parte, Cantoral y Farfán (2003) consideran que ha llegado el momento de no sólo centrar la atención en la problemática que rodea el cómo se están enseñando las matemáticas, sino que se debe analizar qué

matemáticas se están enseñando; esto toma particular relevancia cuando se está hablando de un contexto escolar como la formación de un ingeniero.

Sin embargo, y a pesar de que las matemáticas son una base importante dentro de la formación de los ingenieros, no parece haber estudios que determinen cuál es realmente la cantidad y el uso del conocimiento matemático dentro de esta disciplina. Existen diversos trabajos que realizan análisis comparativos de los planes de estudios (Valle, 2005; López y Paredes, 2007; Urbina y Azpiroz, 2007; Álvarez y García, 2010; Zartha *et al.* 2013), haciendo énfasis en las diversas instituciones que ofertan cierta ingeniería y cómo es que se comportan en el currículo en cada una de ellas. Pero no se ha abordado el análisis de un plan de estudios desde el punto de vista de ¿Qué contenido matemático (CoM) se le enseña al futuro ingeniero?, ¿qué porcentaje representa el CoM en la formación del ingeniero? Fueron estos cuestionamientos los que guiaron el diseño de la metodología que se presenta en este documento.

Descripción de la propuesta para estimar el porcentaje de CoM en un currículo de ingeniería

Es menester mencionar que lo presentado en este escrito forma parte de una investigación más amplia intitulada *Conocimiento matemático en uso del Ingeniero Topógrafo y Fotogrametrista* (Segura, 2016) cuyo objetivo general fue caracterizar el conocimiento matemático puesto en uso en distintos escenarios ingenieriles (escolar, profesional), tomando como población de estudio la Ingeniería Topográfica y Fotogrametrista ofertada

por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticomán del Instituto Politécnico Nacional. Para alcanzar dicho objetivo se estableció como uno de los objetivos particulares: Identificar el contenido matemático que se enseña al futuro Ingeniero Topógrafo y Fotogrametrista (ITF). Esto hizo necesario realizar un análisis curricular del Plan de estudios (Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura [ESIA], 1994) bajo el cual se formó a los ingenieros previstos para dicha investigación.

La problemática de la enseñanza y aprendizaje en la ingeniería y en especial de las asignaturas de matemáticas es reconocida y ha sido estudiada (Cantoral, 2001; Willcox y Bounova, 2004; Zúñiga, 2004; Romo, 2009 y Covián, 2013). Las investigaciones citadas favorecieron el desarrollo de la investigación, sin embargo, durante la revisión de antecedentes se puso especial atención en las opciones metodológicas para realizar el análisis curricular planteado y no se encontró algún reporte que facilitara llegar a ese objetivo particular. Por esta razón se diseñó un método de análisis propio para realizar esta investigación. Esta metodología debía permitir la identificación del CoM presente en las asignaturas que conforman el Plan de estudios, proporcionando evidencia numérica y fiable que proveyera datos suficientes para reconocer aquellas asignaturas que presentaran un porcentaje elevado de CoM. Esto se logró a través del cálculo del porcentaje de CoM de cada una de las asignaturas presentes en la formación del ingeniero.

Tabla 1. Mapa Curricular del Plan de estudios de la ITF (ESIA, 1994).

MAPA CURRICULAR DEL PLAN DE ESTUDIOS 1994							
1° semestre	2° semestre	3° semestre	4° semestre	5° semestre	6° semestre	7° semestre	8° semestre
Matemáticas I 6 hrs.	Matemática II 4.5 hrs.	Matemática III 4.5 hrs.	Matemáticas IV 4.5 hrs.	Cálculo de probabilidades y teoría de errores I 3 hrs.	Cálculo de probabilidades y teoría de errores II 4.5 hrs.	Costos y presupuestos 3 hrs.	Administración 3 hrs.
Física I 4.5 hrs.	Física II 4.5 hrs.	Hidráulica 3 hrs.	Hidromensura 3 hrs.	Hidrología 3 hrs.	Relaciones humanas 3 hrs.	Informática I 3 hrs.	Optativa 4.5 hrs.
Geología I 3 hrs.	Geología II 3 hrs.	Topografía II 9 hrs.	Topografía III 9 hrs.	Topografía IV 9 hrs.	Vías terrestres I 3 hrs.	Vías terrestres II 4.5 hrs.	Optativa 4.5 hrs.
Filosofía de la ciencia 3 hrs.	Topografía 9 hrs.	Trigonometría esférica y cosmografía 3 hrs.	Topografía legal 3 hrs.	Fotogrametría II 6 hrs.	Fotogrametría III 6 hrs.	Fotointerpretación 6 hrs.	Optativa 4.5 hrs.
Computación I 3 hrs.	Computación II 3 hrs.	Geometría descriptiva 3 hrs.	Fotogrametría I 4.5 hrs.	Astronomía de posición II 7.5 hrs.	Geodesia I 7 hrs.	Geodesia II 7 hrs.	Optativa 4.5 hrs.
Dibujo 3 hrs.	Ingles II 3 hrs.	Óptica geométrica 3 hrs.	Astronomía de posición I 6 hrs.	Hidrografía 3 hrs.	Cartografía I 3 hrs.	Cartografía II 3 hrs.	Optativa 4.5 hrs.
Técnicas de estudio 3 hrs.	Química 4.5 hrs.	Fisiografía y geomorfología 3 hrs.	Métodos numéricos 3 hrs.		Topografía subterránea 3 hrs.	Geografía física 3 hrs.	Optativa 4.5 hrs.
Ingles I 3 hrs.		Economía 3 hrs.			Evaluación de proyectos 3 hrs.	Técnicas de comunicación 3 hrs.	
28.5 hrs.	31.5 hrs.	31.5 hrs.	33 hrs.	31.5 hrs.	32.5 hrs.	32.5 hrs.	30 hrs.
TRONCO COMÚN							

Dentro de esta cuantificación se revisaron de manera puntual los Programas de estudio de cada una de las asignaturas tomando como variables las horas teóricas, prácticas y extra clase estipuladas para cada tema.

Los datos recabados se registraron en una tabla para llevar un control de esta información. Dichas tablas comprenden diez columnas (ver Tabla 2): las cuatro primeras contienen información de la materia (nombre, unidad, temas y subtemas), posteriormente siguen tres columnas en las que se registraron las horas teóricas (T), horas prácticas (P) y horas extra clase (EC) de cada uno de los temas, según lo propuesto por los programas de estudio. Cabe mencionar que algunos temas pueden o no contener datos en las tres columnas, debido a que así se presenta en los programas de

estudios; la columna *SÍ (CoM)* contiene la suma de las horas dedicadas al estudio de aquellos temas que tienen presencia de algún contenido matemático. Esto se ha indicado también con una coloración diferente en la fila de los SUBTEMAS en cuestión. Análogamente, se ha realizado la contraparte con la columna *NO (CoM)*, que registra los subtemas que no presentan algún contenido matemático, y por último se muestra el porcentaje (%) de CoM obtenido según la información recabada.

Tabla 2. Formato propuesto para la recopilación de información.

ASIG.	Ud.	TEMA	SUBTEMAS	HORAS			SÍ (CoM)	NO (CoM)	%
				T	P	EC			

Con el fin de esclarecer el procedimiento recién descrito, se presenta a continuación el ejemplo del análisis del CoM de una de las asignaturas (Fotogrametría III) perteneciente al plan de estudio analizado (ver Tabla 1) y que fue impartida en el sexto semestre:

Tabla 3. Porcentaje de CoM presente en la asignatura de Fotogrametría III.

ASIG	Ud.	TEMA	SUBTEMAS	HORAS			SÍ (CoM)	NO (CoM)	%
				T	P	EC			
Fotogrametría III	I	Orientación relativa numérica	1.1. Sistemas de coordenadas e instrumentos.	11	3		14		
			1.2. Determinación matemática de los movimientos del proyecto.						

		1. Ecuación de la orientación 3 relativa numérica.					
		1. Aplicación de la 4 computación digital en la resolución de la ecuación de orientación relativa.					
		1. Errores residuales en la 5 orientación relativa numérica.					
II	Orientación absoluta numérica	2. Orientación absoluta. 1 Fundamentos matemáticos.	7.5	4.5		12	
		2. Nivelación en Q (PHI). 2 Nivelación en W (omega).					
		2. Solución matriz de la 3 orientación absoluta.					
III	Aerocami-namiento	3. Método de trisección. 1	12	12		6	18
		3. Concepto general de 2 aerocaminamiento.					
		3. Método de los modelos 3 independientes.					
		3. Aerocaminamiento. 4					

IV	Errores en la formación del medio	4.1	Los errores residuales en función de los parámetros de los movimientos de translación y rotación.	9	4		13		72. 22
		4.2	Análisis de la programación de los errores en el aerocaminamiento y su ajuste paramétrico matricial.						
V	Ortogrametría	5.1	La automatización en fotogrametría.	6	4		3	7	
		5.2	Elaboración de orto foto, mapas y concepto de rectificación.						
		5.3	Formación de mosaicos.						
VI	Restitución	6.1	Restitución.		17		17		
				45. 5	44. 5	0	65	25	

Se destacaron con una tonalidad azul aquellos temas que tienen presencia de CoM; por ejemplo, en el caso de la unidad I (Orientación relativa numérica) los conocimientos matemáticos presentes considerados en ella son de tipo Algebraico, trigonométrico y geométrico descriptivo; mientras

que en la unidad II (Orientación absoluta numérica) los conocimientos matemáticos inmersos son Álgebra lineal, trigonometría y geometría.

La selección de estos tópicos se hizo con base en una revisión de libros de topografía propuestos por los programas de estudio, investigaciones referentes al área de topografía y fotogrametría, así como páginas de internet especializadas en el tema. No está de más mencionar que este análisis se da desde la postura oficial curricular, aún conscientes de que esto no implica que se aborde necesariamente de esa manera por el docente dentro del aula, sin embargo la verificación de esta transposición requiere otro estudio.

El dato de interés de este análisis es un dato numérico, el porcentaje de CoM presente en cada asignatura. Para obtenerlo se empleó el siguiente algoritmo:

$$CoM (\%) = \left(\frac{\sum(SI (CM))}{\sum(SI(CM)) + \sum(NO (CM))} \right) (100)\%$$

El porcentaje se obtuvo por medio de un cociente, en el cual el numerador está dado por la suma de todas las horas dedicadas al estudio de un subtema con contenido matemático y el denominador es la suma de las horas totales de estudio de la asignatura, es decir, tengan los subtemas o no contenido matemático.

En el caso particular del ejemplo mencionado anteriormente, el CoM inmerso en Fotogrametría III queda determinado con los siguientes cálculos:

$$CoM (\%) = \left(\frac{65}{65 + 25} \right) (100)\% = \left(\frac{65}{90} \right) (100)\% = 72.22\%$$

Este procedimiento se siguió para cada una de las asignaturas que comprende el plan de estudios (ESIA, 1994). Dicho plan está comprendido por 53 asignaturas obligatorias (ver Tabla 1) y 6 optativas las cuales son elegibles de 13 materias optativas ofertadas (ver Tabla 4).

Por cuestiones de espacio, en este documento se ha mostrado el análisis de una asignatura, sin embargo se presenta en la Gráfica 1 la información recabada de todo el Plan de estudio:



Gráfica 1. Clasificación según el porcentaje de CoM de las 53 asignaturas obligatorias que comprenden el plan de estudio (ESIA, 1994).

Como se puede observar en la Gráfica 1, de las 53 asignaturas obligatorias que están presentes en el Plan de estudio 1994, 25 asignaturas tienen un porcentaje de CoM arriba del 50% mientras que 17 asignaturas presentan un porcentaje por debajo del 30%, lo que permite argumentar que el CoM representa una carga curricular considerable en la formación del ITF.



Gráfica 2. Clasificación según el porcentaje de CoM de las 13 asignaturas optativas, ofertadas en el Plan de estudio (ESIA, 1994).

En las materias optativas, 4 de ellas muestran un porcentaje de CoM superior al 50% mientras que de las asignaturas restantes 8 presentan un porcentaje menor del 30%.

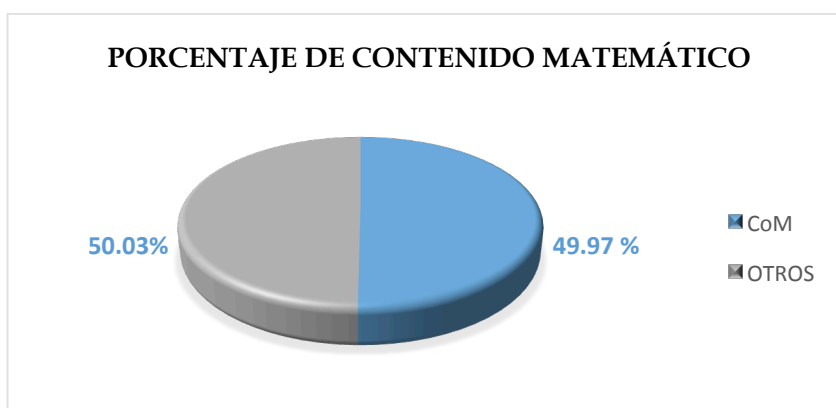
Tabla 4. Asignaturas optativas ofertadas en el plan de estudios 1994.

ASIGNATURAS OPTATIVAS			
8° semestre			
Urbanismo	4.5 hrs.	Cartografía automatizada	4.5 hrs.
Agronomía		Geografía humana	
Ecología		Catastro urbano y rural	
Informática aplicada		Geodesia física	
Sistemas de información geográfica		Geodesia aplicada	
Cartografía temática y cartometría		Percepción remota	
Cartografía marina			

Es de entender que el porcentaje final de CoM inmerso en la formación de cada futuro ingeniero dependa de la selección que éste realice de las materias optativas (eligen 6 materias selectivas de 13 que oferta la ingeniería). Por ello, se presentan a continuación dos casos, considerando

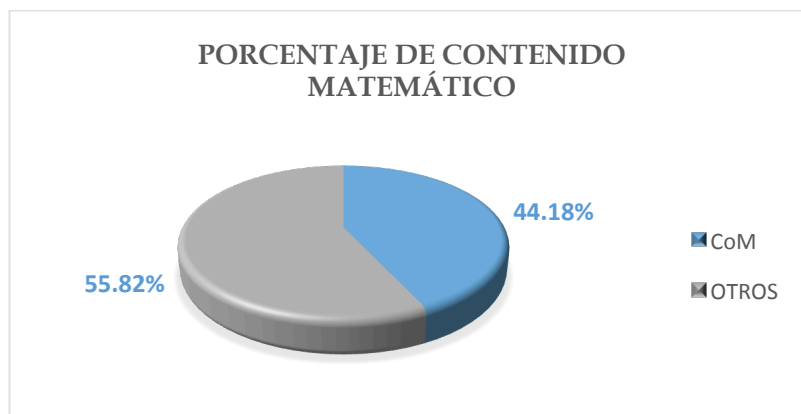
la selección con contenido matemático máximo posible y, por otra parte, con el contenido matemático mínimo.

El primer caso contempla las 6 materias selectivas que tienen el porcentaje de *CoM* más alto (Informática aplicada, Geodesia física, Geodesia aplicada, Percepción remota, Catastro urbano y rural y Cartografía Automatizada). El porcentaje total de contenido matemático en la formación de un egresado en este caso sería del 49.97%.



Gráfica 3. Mayor porcentaje de *CoM*, basado en materias selectivas.

Para el segundo caso se contemplaron las 6 materias selectivas con el menor porcentaje de contenido matemático (Urbanismo, Ecología, Geografía Humana, Agronomía, Cartografía temática y cartométrica y Cartografía Marina). El porcentaje total en este caso es del 44.18%.



Gráfica 4. Menor porcentaje de CoM, basado en materias selectivas.

Ante ello, bajo este análisis se estima que el CoM en la formación de un ITF bajo el Plan de Estudio (1994) estaría entre un 44.18% y un 49.97%.

Conclusiones

Se ha presentado un método para estimar el contenido matemático (CoM) presente en un plan de estudio, ponderando las horas teóricas, prácticas y extra clase estipuladas por los programas de estudios de las asignaturas. Con base en el método descrito se observó el porcentaje de CoM de las asignaturas presentes en la formación del ingeniero, asimismo se identificaron aquellas asignaturas en las cuales hay una presencia mayor o menor de CoM, en qué semestres la carga de CoM es mayor y el porcentaje total de CoM presente en el Plan de Estudio, lo cual fue el objetivo inicial del diseño de esta metodología.

Este diseño puede ser adaptable para analizar otras áreas. Es decir puede ser útil para estimar el porcentaje de contenido matemático presente en el currículo de otras disciplinas.

A partir de la investigación realizada y los datos obtenidos, se considera viable realizar estudios comparativos de la presencia matemática en distintos planes de estudio dentro de la Ingeniería Topográfica y Fotogrametría y/o de otras ingenierías, para observar el comportamiento de la presencia matemática. Asimismo, realizar análisis curriculares comparativos de la misma ingeniería pero en instituciones diferentes. O bien, aplicar este análisis teniendo como foco de estudio un contenido diferente.

Finalmente, cabe mencionar que una de las motivaciones iniciales de esta investigación fue analizar la integración (o falta de ella) del conocimiento matemático con el conocimiento especializado dentro de los planes de estudio de la ingeniería analizada. Diversas investigaciones expresan la importancia de la evaluación y actualización constante de un plan de estudio. En particular, Roldán y Leda (2005) señalan que:

El evaluar un plan de estudios permite descubrir qué aspecto es necesario actualizar, los aciertos, las fallas, las debilidades y las actualizaciones necesarias que se requieren para ponerlo acorde con el desarrollo científico y tecnológico y con las demandas de la sociedad a la que servirá el profesional que se forme con ese plan de estudios (p. 111).

Bajo esta visión se considera también que esta propuesta puede ser útil para proporcionar información al realizar cambios en los planes y/o programas de estudio.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, F., & García, C. (2010). Un pequeño análisis comparativo de los estudios superiores de informática entre el noroeste de México y España: el caso de la UAS y la UPM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 53 (5), 1-12.
- Camarena, P. (2010). *Aportaciones de investigación al aprendizaje y enseñanza de la matemática en ingeniería*. Recuperado de http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/camarenagallardo/dra._patricia_camarena_gallardo.pdf
- Cantoral, R. (2001). Enseñanza de la matemática en la educación superior. *Revista Sinéctica*, 19, 3-27.
- Cantoral, R., & Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 6(1), 27-40.
- Covián, O. (2013). *La formación matemática de futuros profesionales técnicos en construcción* (Tesis de doctorado no publicada). CINVESTAV-IPN. México.
- Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. (1994). *Planes y programas de estudios de Ingeniería Topográfica y Fotogrametría*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- García, J. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Revista Educación*, 37 (1), 29-42.
- López, S., & Paredes, L. (2007). Análisis exploratorio de los planes de estudio de Ingeniería Comercial en Chile. *Pensamiento & Gestión*, 23, 58-71.
- Roldán, S., & Leda, M. (2005). Elementos para evaluar planes de estudio en la educación superior. *Educación*, 29 (1), 111-123.
- Romo, A. (2009). *Les mathématiques dans la formation d'ingénieurs* (Tesis de doctorado no publicada). Université Paris Diderot. Francia.

- Segura, L. (2016). *Conocimiento matemático en uso del Ingeniero Topógrafo y Fotogrametrista* (Tesis de maestría no publicada). Universidad Autónoma de Zacatecas. México.
- Urbina, E., & Azpiroz, J. (2007). Análisis comparativo de planes de estudio de ingeniería biomédica: el caso de la Universidad Autónoma Metropolitana. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 28 (2), 121-129.
- Valle, M. (2005). Base de comparación de mallas curriculares de carreras de ingeniería civil. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36 (6), 1-12.
- Willcox, H., & Bounova, G. (2004). Mathematics in Engineering: Identifying, Enhancing and Linking the Implicit Mathematics Curriculum. *In Proceedings of the 2004 American Society for Engineering*. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.207.7808&rep=rep1&type=pdf>
- Zartha, J., Orozco, G., Arango, B., Vélez, F., Cortes, I., Agudelo, A., ..., Ríos, L. (2013). Análisis comparativo de programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la OEA. *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education*, 7 (1), 1-17.
- Zúñiga, L. (2004). *Funciones cognitivas: un análisis cualitativo sobre el aprendizaje del cálculo en el contexto de la ingeniería* (Tesis de doctorado no publicada). CICATA-IPN. México.