



Modulación del conocimiento en la enseñanza en instituciones de educación superior de ingeniería

Héctor Francisco Ruiz Paredes

Instituto Tecnológico de Morelia. México

Email: hfrui53@yahoo.com.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0833-5935>

Ana Paola Villaseñor Fraga

Instituto Tecnológico de Morelia. México

Email: paovif@yahoo.com.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9198-2729>

RESUMEN

Una de las dificultades más importantes en la enseñanza en escuelas de ingeniería está relacionada con el cómo asegurar el aprendizaje de conocimiento y habilidades a lo largo de una carrera. Los autores de este artículo proponen un esquema de aprendizaje del conocimiento basado en obtener de cada asignatura del plan de estudios, temas considerados por expertos académicos como esenciales e integrándolos en módulos los cuales debe dominar sin excepción un alumno al terminar su curso. Conforme va avanzando en su carrera se van acumulando módulos en cada semestre y podrá presentar exámenes de diagnóstico semestrales hasta terminar su carrera. Esto permitirá que el egresado cuente con una red de módulos de conocimientos que deberá manejar con fluidez de tal forma que obtenga una base sólida de conocimientos. De esta forma, estará mejor capacitado para afrontar con éxito exámenes nacionales, de admisión a posgrados nacionales o del extranjero y en sus posibles centros de trabajo. La justificación más fuerte de esta propuesta es de que en México solo acredita el examen nacional de egreso de licenciatura, en el nivel de suficiencia, un promedio del 60% de los aspirantes que lo presentan.

Palabras clave: modulación de conocimiento, evaluación del aprendizaje, teoría de redes complejas, examen de egreso de licenciatura

Modulation of knowledge in teaching in engineering higher education institutions

ABSTRACT

One of the most important difficulties in teaching in engineering schools is related to how to ensure the learning of knowledge and skills throughout a career. The authors propose a knowledge learning scheme based on obtaining from each subject in the curriculum, topics considered by academic experts as essential and integrating them into modules which a student must master without exception at the end of their course. As you advance in your career, modules are accumulated each semester and you will be able to take semester diagnostic exams until you finish your degree. This will allow the graduate to have a network of knowledge modules that he must handle fluently in such a way as to obtain a solid base of knowledge. In this way, he will be better able to successfully face national exams, admission to national or foreign postgraduate courses and in his possible work centers. The strongest justification for this proposal is that in Mexico, only an average of 60% of the applicants who present it accredits the national bachelor's graduation exam, at the proficiency level.

Key words: knowledge modulation, learning assessment, complex network theory, bachelor's exit exam

Modulação do conhecimento no ensino em instituições de ensino superior de engenharia

RESUMO

Uma das dificuldades mais importantes do ensino nas escolas de engenharia está relacionada a como garantir a aprendizagem de conhecimentos e habilidades ao longo da carreira. Os autores propõem um esquema de aprendizagem de conhecimentos baseado na atenção de cada disciplina do currículo, tópicos considerados pelos especialistas acadêmicos como essenciais e integrando-os em módulos que o

ISSN: 2340-6194

DOI: <https://doi.org/10.17811/ria.4.1.2022.35-40>



aluno deve dominar sem exceção no final do curso. Conforme você avança em sua carreira, os módulos são acumulados a cada semestre e você poderá fazer exames de diagnóstico semestrais até terminar o curso. Isso permitirá que o graduado tenha uma rede de módulos de conhecimento que deverá manejar com fluência de forma a obter uma base sólida de conhecimentos. Desta forma, poderá enfrentar melhor os exames nacionais, a admissão a cursos de pós-graduação nacionais ou estrangeiros e nos seus possíveis centros de trabalho. A justificativa mais forte para esta proposta é que no México apenas 60% dos candidatos que a apresentam credenciam o exame nacional de graduação, em nível de proficiência.

Palavras-chave: modulação do conhecimento, avaliação da aprendizagem, teoria de rede complexa, exame final de bacharelado

Introducción

Después de egresar de una carrera de licenciatura, los estudiantes mexicanos tienen la opción de presentar el examen de egreso de la licenciatura que es aplicado por el CENEVAL (Centro Nacional de Evaluación) periódicamente. Los resultados de este examen cada vez más son tomados en cuenta por los empleadores con el objeto de seleccionar a los mejores promedios y en su caso contratarlos. Sin embargo, al analizar las estadísticas de los resultados de los exámenes aplicados en los últimos cinco años se observa que se tiene un nivel promedio de insatisfacción del 40% en los estudiantes que lo aplican, así como un 10% o menos de estudiantes con nivel de muy satisfactorio (Ceneval 2016, 2017, 2018, 2019, 2020). Esta situación preocupa ya que indica que los estudiantes tienen problemas de retención de conocimientos fundamentales a solo unos meses de haber egresado de licenciatura.

Desarrollo

De acuerdo con los marcos de referencia de los CIEES (2016) y de otros organismos evaluadores o acreditadores de programas de ingeniería en México (CACEI, 2018), un plan de estudios de una carrera de ingeniería se divide en asignaturas de Ciencias Básicas, de Ciencias de la Ingeniería, de Ingeniería Aplicada y de Ciencias Sociales y Humanidades. Todos estos bloques de asignaturas son de suma importancia y relacionarlas adecuadamente en un plan de estudios asegura un sólido aprendizaje de conocimiento escalonado. El éxito de un programa académico se logra cuando una institución logra combinar un buen plan de estudios con otros aspectos como son la calidad del profesorado, de su infraestructura física, del plan de desarrollo del programa, de la selección de alumnos, retroalimentación por parte de empleadores, seguimiento de egresados etc. (CIEES, 2016).

En ese sentido, el estudiante durante su preparación es sometido a una serie de evaluaciones que deben mostrar calidad cualitativa y cuantitativa, reflejadas en competencias y habilidades. En ese sentido se han implementado exámenes nacionales de egreso tanto para licenciatura o posgrado. Además, los programas de ingeniería, técnico superior etc. desde hace décadas se han avaluado diagnósticamente y con miras a lograr una acreditación.

Por otro lado, en el contexto nacional, el gobierno de México, a través de la SEP, ha realizado esfuerzos para unificar los conocimientos que debe tener un egresado de ingeniería independientemente del lugar de formación. El examen de admisión del CENEVAL se aplica con periodicidad a quien quiere ingresar a licenciatura con el fin de conocer su grado de conocimiento adquirido en sus escuelas de nivel medio superior y comparar contra un estándar de conocimiento formulado por profesores de diversas instituciones en el país. Así se busca uniformizar los conocimientos de egresados de instituciones estatales y de la ciudad de México. Lo mismo sucede con el examen EGEL (Exa-

men General para el Egreso de Licenciatura). Otro ejemplo son los exámenes rigurosos como el GRE (Graduate Records Examinations), GMAT (Graduate Management Admission Test) que universidades del extranjero aplican a estudiantes foráneos para sus programas de posgrado ya sea en ciencias o en otras áreas. Otros esfuerzos para aumentar la calidad de los egresados han sido también la creación de concursos nacionales de tesis de licenciatura o posgrado, concursos nacionales de creatividad, de Emprendedores, de Innovación etc. El seguimiento de egresados permite conocer el grado de aceptación que han tenido en sus trabajos y es el indicador más adecuado para evaluar la calidad de un programa de licenciatura. Todas estas estrategias tendrán mejor éxito dependiendo de la calidad del plan de desarrollo de un programa y de cumplir con lo estipulado en los marcos de referencia en programas de ingeniería (CIEES, 2016; CACEI, 2018).

Aun así, y tomando en cuenta que el empleador de un egresado pide ciertos conocimientos básicos de acuerdo a sus intereses, se hace indispensable asegurar la mayor cantidad de conocimiento adquirido durante la estancia en la escuela y aquí es donde surge una pregunta: ¿Qué conocimientos son indispensables para asegurar la calidad en un egresado de ingeniería? ¿Qué se debe hacer en un plan de estudios para asegurar que el alumno los aprenderá adecuadamente?

Otro reto que se ha detectado es la forma de evaluación del conocimiento, tanto en su aspecto cuantitativo como cualitativo. El problema de las ingenierías es que tradicionalmente se evaluaban asignaturas consideradas importantes con exámenes que podían tardar dos o hasta tres horas de evaluación, ya que consideraban la solución de problemas complejos, con el tiempo se ha tratado de ajustar los exámenes a una hora y esto ha traído una disminución de la calidad de las evaluaciones y por tanto en el aprendizaje de las asignaturas. Afortunadamente han entrado otras formas de evaluación como son trabajos, proyectos, investigaciones etc. tanto personales como en grupo. Aun así, es tema de análisis el determinar cuánto conocimiento y cual debe entrar en un examen (TECNM, 2021).

La propuesta de los autores se concentra en dos puntos básicamente:

- a) Determinar mediante las academias de los diferentes departamentos de carrera, cómo están enlazados los conocimientos entre las diferentes asignaturas de una retícula incluyendo una especialidad con el objeto de determinar cuáles asignaturas están más conectadas o enlazadas en conocimiento con otras y determinar su índice de criticidad con base en el número de asignaturas que dependen de ella dentro del plan de estudios. El índice de criticidad sigue la teoría de Redes Complejas, el grado de nodo está relacionado con el número de líneas incidentes a él. Mientras más conectado este más importante se vuelve. Con los índices obtenidos se hará más obvio colocar a los profesores más idóneos para impartir esas asignaturas crí-

ticas. Un criterio complementario podría ser determinar las asignaturas con mayores índices de reprobación y ver sus conexiones con asignaturas previas.

- b) Obtener módulos de conocimiento para cada asignatura considerados básicos o indispensables de tal forma que si un estudiante no domina ese tema prácticamente no cursó la asignatura en cuestión. Los módulos de conocimiento serían evaluados, sin valor reticular, cada semestre por la academia involucrada y registrada por el departamento de desarrollo académico. Así conforme el estudiante va progresando ira presentando evaluaciones semestrales de conocimiento acumulado con el objeto de fortalecer su conocimiento. Al término de sus estudios el estudiante presentaría un examen modular de conocimientos y habilidades fundamentales de las asignaturas de todo su plan de estudios. Se recuerda que cada módulo contiene de preferencia solo pocos temas fundamentales, los cuales serán seleccionados por la academia correspondiente. De esta forma exámenes como el EGEL o GRS deberán acreditarse con una mayor calidad o si se va a la industria sucederá lo mismo.

De acuerdo a la experiencia es muy común que se tengan problemas de aprendizaje en las ciencias básicas, sobre todo en las matemáticas. En una retícula de ingeniería se tienen hasta tres, cuatro o cinco asignaturas de matemáticas: Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Geometría Analítica, Ecuaciones Diferenciales y Cálculo Vectorial. Por ejemplo, en el Tecnológico Nacional de México (TECNM), la retícula de ingeniería eléctrica contempla las cinco asignaturas, la retícula de Ingeniería Industrial no ofrece Cálculo Vectorial y la de Gestión Empresarial no ofrece Cálculo Vectorial ni Ecuaciones Diferenciales. Esto desde luego responde a las diferentes necesidades de los programas de ingeniería mencionados, aunque la recomendación de los organismos evaluadores sea la de que una ingeniería lleve una base sólida en matemáticas y otras asignaturas fundamentales. La recomenda-

ción más popular es que si se desean realizar estudios de posgrado en ciencias, habrá más ventaja si la base matemática es más fuerte.

Propuesta aplicada a dos retículas de programas de ingeniería en el TECNM campus Morelia.

Para ejemplificar la propuesta consideraremos dos programas de carreras en el Instituto Tecnológico de Morelia: Ingeniería Eléctrica e Ingeniería en Gestión Empresarial. La carrera de Ingeniería Eléctrica es junto con Ingeniería Mecánica las carreras con las que inicio el instituto. La carrera de Gestión Empresarial es por el contrario una de las carreras de reciente creación. En la actualidad el Instituto ofrece 14 carreras entre ingenierías y licenciaturas y lleva tres años siendo considerada la escuela de mejor preparación en ingeniería a nivel nacional por parte de la ANFEI. Sus programas de posgrado están acreditados ante el CONACYT (ANFEI, 2019, 2020, 2021).

Determinación del Índice de criticidad de asignaturas básicas en la retícula de ingeniería eléctrica

Tomando como ejemplo la asignatura de Ecuaciones Diferenciales, se le establece como un nodo raíz, y se investiga en la retícula en que otras asignaturas incide. Mientras más conectividad tenga esta asignatura con otra ira aumentando lo que se ha denominado índice de criticidad de asignatura.

El índice es simple, 1 tiene conexión con otra asignatura, 2 con dos y así sucesivamente. Cuando todas las asignaturas de una retícula se han conectado entonces es fácil determinar qué asignaturas son más importantes desde el punto de vista de enseñanza y deberán ser impartidas por los mejores profesores.

Otro ejemplo similar es la asignatura de programación, esta es crítica dado que tiene incidencia en buena parte de la retícula. La figura 1 muestra la conectividad de las asignaturas denominadas críticas.

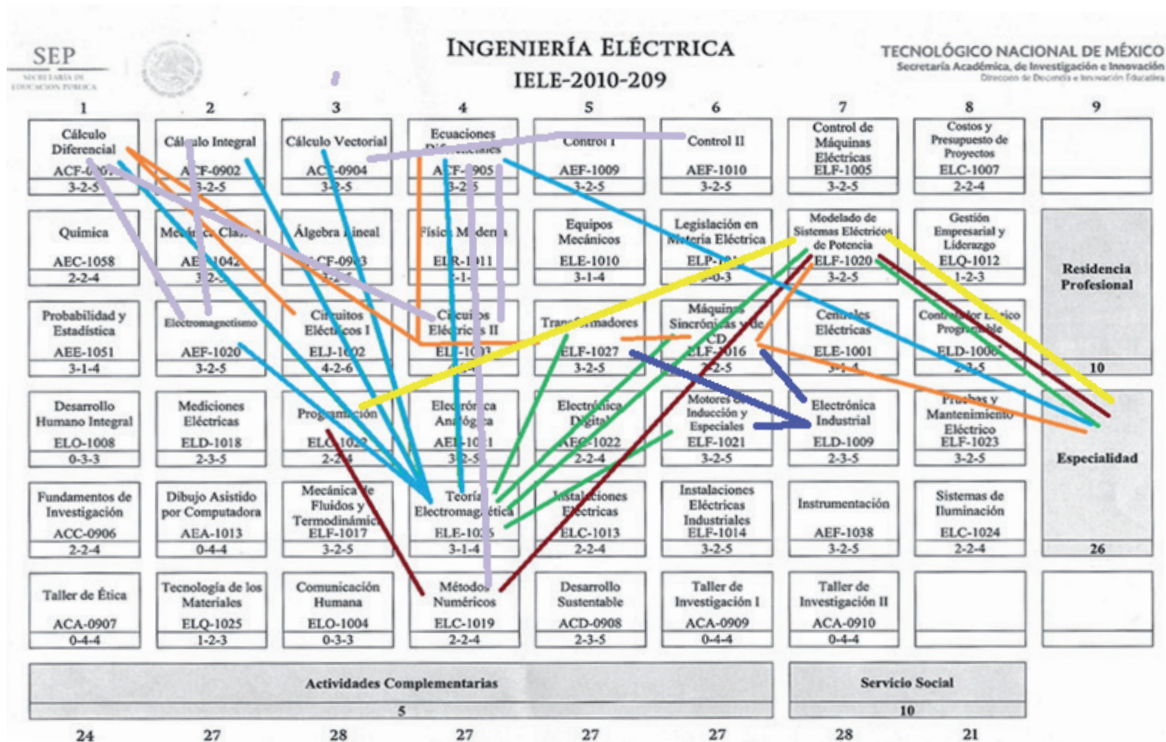


Figura 1. Retícula de Ingeniería Eléctrica

Criticidad en asignaturas de Ingeniería e Ingeniería Aplicada

Con base en las opiniones de expertos, las siguientes asignaturas se consideran críticas en ingeniería eléctrica:

- Electromagnetismo
- Teoría Electromagnética
- Circuitos Eléctricos I y II
- Máquina síncrona y CD
- Transformadores
- Modelado de sistemas eléctricos de potencia
- Asignaturas de especialidad-ingeniería aplicada

Determinación de los módulos de conocimiento esenciales

Ciencias Básicas

Cálculo diferencial	(concepto de razón de cambio y aplicación de la derivada)
Cálculo integral	(concepto de series aditivas y aplicación de integrales)
Cálculo vectorial	(concepto de varias variables, integración y derivación de varias variables)
Álgebra lineal	(números complejos, matrices, espacios vectoriales)

Todas estas asignaturas inciden a su vez en las asignaturas de Métodos Numéricos y Programación y estas a su vez en casi todas las asignaturas de especialidad. De nuevo estas asignaturas son críticas por su alta conectividad.

De la asignatura de Programación su parte esencial es el manejo suficiente de lenguaje C o Matlab o en su defecto manejo de software comercial. De la de Métodos Numéricos es la solución de ecuaciones no lineales y diferenciales, valores y vectores propios y su programación.

Ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada- Eléctrica

- Circuitos Eléctricos (Teoremas de Thévenin y Norton, Redes de dos puertos, fasores,)
- Máquina Síncrona (Curvas V, manejo de potencia reactiva y voltaje)
- Máquinas de Corriente Directa (Ecuación de voltaje generado y conexiones)
- Modelado de sistemas de potencia (Ecuaciones de onda, cálculo de parámetros de líneas, flujos de potencia, cálculo de corto circuito)
- Análisis de sistemas eléctricos en estado dinámico (Control de frecuencia-voltaje y estabilidad de sistemas).

Ingeniería aplicada -Especialidad en Sistemas de Energía Eléctrica (Potencia)

Esta especialidad ha hecho famosa a la carrera de ingeniería eléctrica a lo largo de la historia. Sus egresados tienen gran aceptación en la CFE, CENACE, INEL, Industria, Universidades y Tecnológicos tanto nacionales como extranjeros.

- Programación avanzada
- Calidad de la energía (armónicas)
- Análisis de sistemas eléctricos en estado estable (Métodos de flujos de potencia)
- Redes de distribución modernas (Micro redes inteligentes, generación distribuida)
- Análisis de sistemas eléctricos en estado dinámico (Estabilidad)
- Protección de sistemas eléctricos (Sistemas de protección)
- Administración energética y fuentes renovables (Sistemas fotovoltaicos, Sistemas Eólicos)
- Mercados de Energía (Optativa)

Como se puede inferir, si se sigue este proceso considerando toda la retícula de asignaturas, tendremos una lista de criticidad de materias y una red de módulos esenciales de conocimiento. Esta red irá creciendo de semestre en semestre hasta terminar el plan de estudios incluyendo la especialidad en donde inciden la mayoría de las asignaturas críticas.

Nota: los módulos de conocimiento son representativos

Ingeniería en Gestión Empresarial

En esta carrera, de más reciente creación, es más difícil determinar asignaturas críticas debido a la versatilidad de conocimiento en diferentes campos. La figura 2 muestra la conectividad de las asignaturas.

Ciencias Básicas

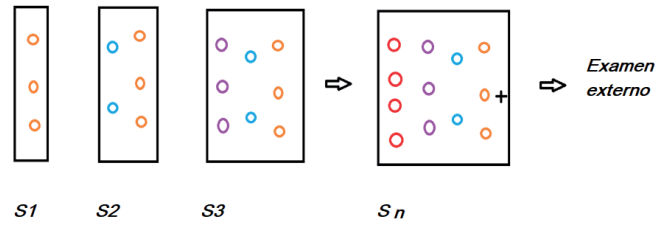
Las asignaturas de matemáticas, física y química están de soporte para algunas asignaturas. Especialmente Álgebra lineal. Los temas fundamentales de las asignaturas de matemáticas ya están definidos anteriormente.

Ciencias de la Ingeniería e Ingeniería Aplicada

De acuerdo a los análisis de conectividad las asignaturas consideradas críticas son:

- Fundamentos de Gestión Empresarial
- Mercadotecnia
- Diseño Organizacional
- Gestión del capital humano
- Sistemas de información de mercadotecnia

- Plan de negocios
- Métodos cuantitativos para decisiones Económico financieras
- Cadena de suministros
- Ingeniería Financiera



Acumulación de módulos de conocimiento

Figura 3. Distribución acumulativa de los conocimientos fundamentales. El resultado final es equivalente a los conocimientos de los exámenes nacionales.

Conclusiones

En este documento se presentaron dos estrategias para mejorar la calidad del aprendizaje en escuelas de ingeniería.

La primera es determinar un índice de criticidad de importancia académica de asignaturas dentro de un plan de estudios. De esta forma se seleccionará el mejor personal académico y los recursos necesarios para que se logre totalmente el objetivo de una asignatura con mayor índice de criticidad, claro sin perjuicio de las demás.

La segunda estrategia es la de proponer una red de módulos de conocimientos de temas fundamentales en cada una de las asignaturas consideradas críticas y que se puedan evaluar semestral y acumulativamente hasta terminar un plan de estudios. Dicha evaluación sería en principio voluntaria y con la idea de fortalecer a un egresado ante los exámenes nacionales de conocimiento. Es necesario resaltar que esta propuesta debe ser enriquecida con el trabajo de todos los miembros de las academias de ingeniería. Para seleccionar los temas fundamentales se deberán reunir los profesores que hayan impartido la asignatura

Ejemplos de módulos de conocimiento por asignatura

- Fundamentos de Gestión Empresarial (Proceso administrativo)
- Habilidades Directivas I (Teoría de la motivación, Solución analítica y creativa de problemas)
- Habilidades Directivas II (Liderazgo y sus clasificaciones, comunicación efectiva)
- Sistemas de información de mercadotecnia (Neuromarketing, Geomarketing, Marketing emocional)
- Desarrollo Humano (Autoestima y autoconocimiento, Superación personal)
- Instrumentos de presupuestación empresarial (tipos de costos, punto de equilibrio)

Aplicación de la metodología

La figura 3 muestra el procedimiento aplicado semestralmente a lo largo del plan de estudios.

SEP SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA		INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL IGEM-2009-201							TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO Secretaría Académica, de Investigación e Innovación Dirección de Docencia e Innovación Educativa	
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Fundamentos de Investigación ACC-0906 2-2-4	Software de Aplicación Ejecutivo AEB-1082 1-4-5	Marco Legal de las Organizaciones AEC-1078 2-2-4	Ingeniería Económica GEF-0916 3-2-5	Finanzas en las Organizaciones AEF-1073 3-2-5	Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional GEF-0901 2-2-5	Calidad Aplicada a la Gestión Empresarial AED-1069 2-3-5				
Cálculo Diferencial ACF-0901 3-2-5	Cálculo Integral ACF-0902 3-2-5	Probabilidad y Estadística Descriptiva GED-0921 2-3-5	Estadística Inferencial I GEG-0902 3-3-6	Estadística Inferencial II GEG-0908 3-3-6	El Emprendedor y la Innovación AED-1072 2-2-5	Plan de Negocios GEC-0920 3-3-5			Residencia Profesional	
Desarrollo Humano GEC-0905 2-2-4	Contabilidad Orientada a los Negocios GED-0902 2-2-5	Conceptos Empresariales GED-0904 2-2-5	Instrumentos de Presupuestación Empresarial GED-0917 2-3-5	Ingeniería de Procesos GEF-0915 3-2-5	Gestión de la Producción I GEC-0911 2-2-4	Gestión de la Producción II GEC-0912 2-2-4	Cadena de Suministros GEF-0906 3-2-5		10	
Fundamentos de Gestión Empresarial AEF-1074 3-2-5	Habilidades Directivas I AEC-1077 2-2-4	Habilidades Directivas II GEC-0913 2-2-4	Habilidades Directivas III GEC-0914 2-2-4	Gestión del Operativo AEG-1075 3-3-6	Diseño Organizacional AED-1015 2-3-5	Gestión Estratégica AED-1035 2-3-5			Especialidad	
Fundamentos de Física GEC-0909 2-2-4	Taller de Ética ACA-0907 0-4-4	Economía Empresarial AEF-1071 3-2-5	Entorno Macroeconómico GEF-0906 2-2-5	Taller de Investigación I ACA-0909 0-4-4	Taller de Investigación II ACA-0910 0-4-4	Desarrollo Sustentable ACD-0908 2-3-5			30	
Fundamentos de Química GEF-0910 3-2-5	Legislación Laboral GEE-0918 3-1-4	Álgebra Lineal ACF-0903 3-2-5	Investigación de Operaciones AEF-1076 3-2-5	Mercadotecnia GEF-0919 3-2-5	Sistemas de Información de Mercadotecnia GED-0922 2-3-5	Mercadotecnia Electrónica AEB-1045 1-4-5				
Actividades Complementarias							Servicio Social			
27	27	28	30	31	28	29	5			

Figura 2. Retícula de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial

y comentar con el resto de la academia su incidencia en otras asignaturas. De esta forma se tendrá una conectividad más representativa y se obtendrán mejores resultados.

En trabajos futuros se utilizará la Teoría de Redes Complejas, con Grafos con el objeto de determinar índices de conectividad, criticidad, así como detectar las áreas más vulnerables de la red desde el punto de vista académico.

Bibliografía

Evaluaciones de EGEL, Ceneval (2016, 2017, 2018, 2019, 2020). Consultado en: https://ceneval.edu.mx/examenes-ingreso-resultados_anuales/

León Urquijo, A.P.; Risco del Valle, E. R. y Cristina Alarcón Salvo, C. (2014), Estrategias de aprendizaje en educación superior en un modelo curricular por competencias, *Revista de las Educación Superior*, vol. XLIII, 172, octubre-diciembre, 123-144, ANUIES.

Manual de retículas de ingeniería TECNM (2021). Consultado en: <https://www.morelia.tecnm.mx>

Marco de referencia CACEI (2018). Consultado en: <http://www.cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0210.php>

Marco de referencia para la evaluación de programas de ingeniería CIEES (2016).

Reconocimiento Nacional al Instituto Tecnológico de Morelia (2019; 2020; 2021). ANFEI.