

# Evaluación de competencias de egreso de los ingenieros para la sociedad 5.0 basado en acreditaciones nacionales e internacionales

Marcelo Mejía Olvera, Ana Lidia Franzoni Velázquez, Alejandro Terán Castellanos

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

M. M. Olvera, A. L. F. Velázquez and A. T. Castellanos, "Assessment of Competencies Required for Society 5.0 for Engineering Graduates," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 16, no. 4, pp. 346-351, Nov. 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3136466.

**Title— Assessment of competencies required for Society 5.0 for engineering graduates.**

**Abstract— An approach to assess competencies required by an engineer who will develop professionally within Society 5.0 is discussed. The approach focuses on the process of teaching, measurement, evaluation, and skills improvement across the curriculum, harmonized with criteria defined by leading engineering accrediting organizations (ABET, at an international level, CONAIC and CACEI in Mexico). Approach robustness has: (1) allowed obtaining different types of program accreditations (ABET accreditation, without deficiencies or weaknesses, twice in a row), and (2) guided the evolution of the assessment process over time, starting from simple evaluation schemes, all the way to the use of a Learning Management System (Canvas), in a straightforward manner. The historical evaluation process, its status, and proposals for short-term improvement are presented. Three different institutional initiatives are also included since they reinforce and evaluate the graduation skills of the engineering students to face the challenges presented by Society 5.0.**

**Index Terms— Accreditation, Student Outcomes, Society 5.0, ABET, CONAIC, CACEI**

## I. INTRODUCCIÓN

Parece ser algo comúnmente aceptado el hecho de que la sociedad contemporánea se encuentra en un momento de cambio sustancial. Un esquema útil para explicar la evolución de las sociedades considera que éstas pasan por diferentes etapas [1,2]: la Sociedad de Caza (Sociedad 1.0), la Sociedad Agraria (Sociedad 2.0), la Sociedad Industrial (Sociedad 3.0) que ayudó a aumentar la capacidad de producción y movilidad, la Sociedad de la Información o del Conocimiento (Sociedad 4.0), donde la digitalización mejoró la capacidad del procesamiento de la información y las telecomunicaciones aumentando la libertad al acceso de la información y los servicios basados en Internet. Finalmente, existe una sociedad basada en la transformación digital pero centrada en el bienestar de la persona, a la cual se le denomina Sociedad 5.0. La transformación digital de una sociedad está propiciada por los desarrollos y los avances de la tecnología digital y de los medios y principios que resultan en una mejor utilización de

datos. En consecuencia, se producen cambios drásticos en diferentes facetas de la sociedad, incluidas la vida privada, la administración pública, la industria y el empleo.

La tecnología, que bajo la Sociedad 4.0 se visualiza como un fin, es percibida en la Sociedad 5.0 como un medio fundamental para el mejoramiento sustancial del bienestar de las personas.

La Sociedad 5.0 puede entenderse, como lo señala el V Plan Básico de Ciencia y Tecnología de Japón (2016), como [2]: “Una sociedad que es capaz de proporcionar los bienes y servicios necesarios para las personas que los necesitan, en el momento requerido y en la cantidad justa; una sociedad en la que todo tipo de personas puede obtener fácilmente servicios de alta calidad, superar las diferencias de edad, género, religión e idioma, y vivir vidas felices y cómodas”.

En la Sociedad 5.0, las tecnologías de información se deben aprovechar para innovar en la creación de nuevos conocimientos y valores que generen conexiones entre todos (personas y cosas). Es necesario conectar el mundo real con el mundo digital (creado y evolucionado en la Cuarta Revolución Industrial, basada en la tecnología), con lo que éste pasa de ser un mero fin, a constituir un medio crucial para resolver de forma más efectiva y eficiente los problemas de la sociedad [3]. La transición de la sociedad 4.0 a la sociedad 5.0 conlleva la transformación del tipo de habilidades y competencias que se requieren para el trabajo. Esto hace necesario una evolución en los sistemas e instituciones educativas. Las instituciones educativas tienen frente a ellas un reto mayúsculo: deben ser capaces de preparar a los profesionistas que demanda el siglo XXI. La construcción de sistemas educativos preparados para el futuro requiere diseñar estrategias y planes de estudio acordes con los requerimientos de este siglo.

La innovación tecnológica tiene un papel fundamental en la educación del siglo XXI: por un lado, una buena parte de las habilidades requeridas para una inserción exitosa en el mercado laboral de los estudiantes está directamente relacionada con el desarrollo, uso e implementación de tecnologías, particularmente las de tipo digital. Por otro lado, el quehacer docente y, en particular, la evaluación del progreso de los estudiantes puede verse facilitada en gran medida por la adopción y el aprovechamiento eficiente de las

Marcelo Mejía Olvera, Departamento Académico de Computación, Ciudad de México, México, ITAM (email marcelo.mejia@itam.mx).

Ana Lidia Franzoni Velázquez, Departamento Académico de Computación, Ciudad de México, México, ITAM (email analidia@itam.mx).

Alejandro Terán Castellanos, Departamento Académico de Ingeniería Industrial y Operaciones, Ciudad de México, México, ITAM (email ateran@itam.mx).

herramientas digitales.

En este artículo se presenta el esquema adoptado por el ITAM (Instituto Tecnológico Autónomo de México) de un proceso de mejora continua de sus diferentes programas de ingeniería. Especial cuidado se tuvo en el desarrollo e implementación de dicho proceso para alinear las competencias requeridas por los ingenieros del siglo XXI con las competencias de egreso requeridas por diferentes organismos acreditadores, tanto nacionales (CONAIC y CACEI), como internacionales (ABET). El cumplimiento simultáneo de los estándares de dichos organismos ofrece a los diversos grupos de interés a los cuales responden los programas de ingeniería (alumnos, empleadores, autoridades), una garantía de que sus graduados cuentan con los elementos que les permite ingresar a la fuerza laboral global y desempeñarse de manera exitosa en sus actividades profesionales, ya que proporcionan las credenciales de que sus graduados cuentan con una base educativa sólida y de que son capaces de liderar el camino en innovación, tecnologías emergentes, así como de anticipar las necesidades de bienestar y seguridad del público.

## II. EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS DE EGRESO

Un estudio reciente [4] presenta la necesidad de modificar la forma en la que educamos a los estudiantes en las instituciones de educación superior, de manera que los egresados tengan las competencias que requieren las empresas que enfrentan cambios competitivos acelerados.

Una tarea prioritaria de modernización en la educación superior es entonces establecer una concordancia entre los programas de estudio y los requerimientos del mercado laboral; la educación clásica no es suficiente para la industria 4.0 y la Sociedad 5.0, ahora es muy importante poseer competencias “suaves” para tener una carrera exitosa [5].

El Marco Europeo de Cualificaciones define una competencia como la “habilidad para aplicar el conocimiento para completar tareas y resolver problemas”. Estas habilidades pueden (y deben) ser enseñadas en los programas de Ingeniería [6]. Especialmente importante en estos programas son las habilidades y estrategias cognitivas que no se reciben tradicionalmente en el proceso de aprendizaje, como la habilidad de encontrar la solución más simple, la habilidad de tomar decisiones efectivas y la habilidad para pensar “fuera de la caja” [5].

Muchos cuerpos profesionales han definido marcos específicos de competencias que pueden ser mapeados al currículum de las instituciones de educación superior. Estas competencias pueden ser entonces medidas para evaluar su cumplimiento. En particular, ABET revisó su criterio 3 de acreditación en 1996 para enfocarse en once *Student Outcomes (SOs)* que son considerados importantes para el éxito de los ingenieros en la industria [7]. Algunos *SOs* (a,b,c,e,k) se relacionan con competencia técnicas, pero otros tienen que ver con el trabajo en equipos multidisciplinares, la ética y la responsabilidad profesional, la comunicación, el entendimiento del impacto de las soluciones ingenieriles en múltiples contextos, y el conocimiento de temas contemporáneos fuera del ámbito ingenieril. Este criterio causó cambios positivos y ha sido mejorado desde entonces. Los criterios 3.1-7 actuales representan una herramienta de diagnóstico importante para la evaluación de las

competencias de egreso de los ingenieros en relación con la Sociedad 5.0.

## III. METODOLOGÍA

Un programa de mejora continua debe ser manejable de manera práctica, la operacionalización de los elementos que lo componen es crucial para asegurar su realización de manera regular y consistente. Su diseño debe estar acorde con las características, las particularidades y las prácticas cotidianas de la institución – en este caso, el ITAM – correspondiente, además de complementarse con aquellas mejores prácticas que se perciban como útiles, y que puedan ser adoptadas y adaptadas de manera conveniente.

El modelo de mejora continua que se implementa fue adaptado de [8] y se muestra en la figura 1. El modelo consta de tres ciclos que se ejecutan en diferentes niveles y cada ciclo se ejecuta a diferentes velocidades.

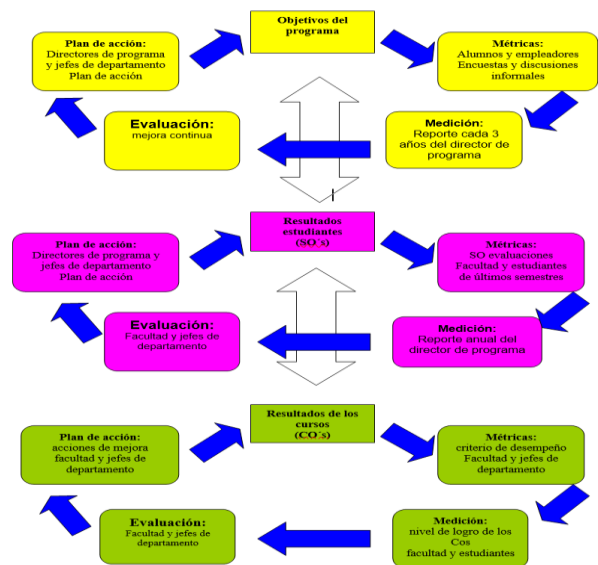


Fig. 1. Programa de mejora continua. Adaptado de [8].

El ciclo inferior sistematiza las actividades que se realizan como parte de los procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con las competencias “técnicas” o “duras” propias de cada uno de los cursos que conforman a un programa. Involucra, entonces, los objetivos de aprendizaje o, en la terminología de ABET, los *Course Outcomes (COs)* de un determinado curso, esto es, el conjunto de conocimientos y habilidades que el alumno debe dominar al término de un cierto curso. Como puede deducirse, el ciclo correspondiente tiene una duración equivalente a la duración de los cursos (semestral, trimestral, etc.). Involucra, en buena medida, los procesos de administración tradicional de la enseñanza. Conviene señalar que los organismos acreditadores no hacen una referencia explícita a este ciclo.

Por su parte, el ciclo intermedio mostrado en la figura 1, se refiere a las competencias “transversales”, “profesionales” y “blandas”, que suelen ser el foco de atención de los organismos acreditadores. Reciben diferentes nombres, dependiendo del acreditador correspondiente, como: *Student Outcomes, SOs*, (“lo que se espera que, al momento de su graduación, los estudiantes sepan y sean capaces de ejecutar; se relacionan con las habilidades, el conocimiento y las actitudes que los estudiantes adquieren a lo largo de su avance

en el programa [10]; “Competencias transversales y Competencias profesionales”, en el caso de CONAIC [11] y “Atributos del egresado”, en el de CACEI [12]. Este ciclo tiene una duración anual (ya sea en términos de un año escolar o un año académico).

El ciclo de la parte superior, con una periodicidad de tres años, se relaciona con los objetivos educacionales del programa (ABET, CONAIC y CACEI), o *Program Educational Objectives*, (PEOs), definidos como “enunciados genéricos que indican lo que se espera que logren los graduados a los pocos años de su graduación; se establecen con base en las necesidades de los grupos de interés del programa” [6]. Este nivel incluye una clara interacción con instancias externas, principalmente exalumnos y empleadores, y asume que se tienen identificados los elementos de niveles inferiores que pueden accionarse para mejorar los resultados a mediano plazo en este nivel. El nivel de logro de los PEOs puede determinarse tanto de manera indirecta (por ejemplo, a través de encuestas y entrevistas realizadas a exalumnos y empleadores) como directa (por ejemplo, del análisis de los currículos de exalumnos).

La estructura organizacional del ITAM es del tipo departamental o matricial, en la cual se distinguen dos entidades: la jefatura de departamento, que funciona como proveedor de los servicios de docencia (cursos y profesores) y la dirección de programa (organizadora del plan de estudios y responsable ante los estudiantes por la oferta docente). De acuerdo con dicha estructura, como se muestra en la figura 1, el Jefe de Departamento (JD) es responsable por la correcta ejecución del ciclo relacionado con los COs, en tanto que el Director de Programa (DP) estructura la determinación y la ejecución de los ciclos relacionados con los PEOs y los SOs.

Así, para cada curso que se ofrece a los programas de ingeniería, al inicio de cada semestre el JD responsable de la materia se reúne con los profesores que la imparten para revisar los COs del curso (que se incluyen en los temarios que se entregan a los alumnos) y planear las actividades que se realizarán durante el semestre para impartir los conocimientos y desarrollar las habilidades especificadas, y planear cómo se medirá su cumplimiento. Durante el semestre, el JD da un seguimiento continuo para asegurar el cumplimiento de los COs en todos los cursos.

El ciclo medio se enfoca en los SOs. Normalmente los cursos, por su temática o forma de impartición, ya apoyan habilidades específicas, es decir SOs específicos. Para construir la matriz de competencias en cada programa, los DPs, los JDs y los profesores de la División Académica de Ingeniería definieron tres cursos distribuidos a lo largo del programa (8 semestres) que inciden particularmente en los diversos SOs y en ellos se enfatizan especialmente la consecución de ellos. Para cada curso de los programas, al inicio de cada semestre el JD se reúne con los profesores para revisar los SOs del curso y planear las actividades que se realizarán durante el semestre para desarrollar las habilidades especificadas, y planear cómo se medirá su cumplimiento.

#### IV. MEDICIÓN (ASSESSMENT)

**A**l definir las métricas de los diferentes niveles debe tenerse en cuenta que no debe medirse lo que es fácil, o lo que siempre se ha medido, sino lo que es

importante.

Cada que se imparte un curso de los programas de ingeniería se mide el nivel de cumplimiento de los COs correspondientes. La medición se reporta utilizando una hoja de Excel, como la mostrada en la figura 2.



Fig. 2. Medición (*Assessment*) directa e indirecta de COs. Adaptado de [5].

Los profesores son responsables, junto con el JD, de definir los COs, mientras que la medición del nivel de cumplimiento es compartida también con los alumnos. Para tratar de saber qué tan exitosamente el material del curso y la metodología de enseñanza apoyan el logro de los COs, se utilizan mediciones indirectas y directas. Las medidas indirectas se refieren en este caso a la opinión que tienen los alumnos y el profesor, en una escala del 1 al 5, sobre qué tan bien se cumplió cada CO. Las opiniones se recogen en una encuesta Google Forms que se aplica antes del examen final y se reportan en la columna de *student survey* de la hoja de cálculo. En la columna de *graded work* el profesor coloca el promedio de las calificaciones que los alumnos obtuvieron en diferentes tareas, proyectos o exámenes realizados dentro del curso para medir cada CO. En la última columna se mapea automáticamente esta calificación a una escala de 1 a 5. Dado que por definición los COs describen lo que los alumnos deben aprender, estas mediciones directas son parte del curso y no constituyen trabajo adicional.

Al final del semestre, los profesores escriben un reporte, en un cuadro de texto de la misma hoja de Excel, analizando los resultados de las tres columnas de la hoja de cálculo (por ejemplo, ¿por qué algún CO recibió calificaciones significativamente más bajas que los otros?) y proponiendo recomendaciones para mejorar el curso (por ejemplo, ¿el método de enseñanza o de medición de un CO debe revisarse?).

Anualmente se realiza una encuesta a profesores para saber cuál es su percepción, en una escala del 1 al 5, del nivel en el que cumplen cada uno de los SOs. Antes del examen profesional, se aplica la misma encuesta a los alumnos.

Los SOs también se miden de manera directa en diferentes cursos. Cada rúbrica contiene entre 4 y 8 criterios de desempeño que especifican los indicadores utilizados para medir cada SO en una escala del 1 al 5.

Una matriz de tributación permite especificar qué cursos desarrollan y evalúan qué competencias. Determina secuencias de cursos que contribuyen a la generación de conocimiento y al logro de competencias de egreso. Inicialmente, cuando ABET especificaba 11 SOs (a - k), se asignaron varios SOs a cada curso impartido para los programas de ingeniería. Posteriormente, se revisó la matriz y se decidió asignar un único SO a cada curso. Esto fue posible por la simplificación de SOs especificada por ABET (1 - 7) y por la inclusión de materias de los Departamentos Académicos de Lenguas y de Estudios Generales para hacerse cargo de dos de los SOs. En cada curso se mide el

avance en el logro de un *SO* como se muestra en la figura 3.

Semestre	Clave	Nombre del curso	SO	Programas			
				Computación	Industrial	Mecatrónica	Telecomunicaciones
1	COM-11101	Algoritmos y programas	1	x	x	x	x
2	COM-11102	Estructuras de datos	5	x	x	x	x
3	COM-11103	Estructuras de datos avanzadas	1	x		x	x
6	COM-11107	Organización y programación de computadoras	1	x			
4	COM-12101	Bases de datos	4	x			
7	COM-14104	Sistemas operativos	7	x		x	

Fig. 3. Matriz de tributación de los programas de ingeniería.

Los profesores vacían en una hoja de Excel los resultados de la medición de los criterios de desempeño para todos los alumnos de cada curso y se calculan automáticamente algunas estadísticas descriptivas básicas (figura 4). Se definen tres rangos para agrupar los resultados que sirven para definir las metas de cumplimiento de los *SOs*: no cumple con las expectativas, cumple con las expectativas, supera las expectativas.

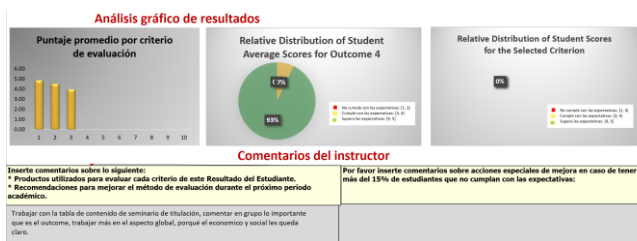


Fig. 4. Análisis gráfico de resultados de un *SO* en un curso.

En un cuadro de texto de esta misma hoja de Excel se guarda cada semestre un breve reporte que contiene 1) el método de evaluación de los criterios que componen el *SO* y 2) propuestas de acciones de mejora futuras. Al inicio del semestre se redacta el primer punto, mientras que el otro se escribe al finalizar el curso. En un segundo cuadro de texto se escriben recomendaciones específicas para *SOs* en los que no se cumplen las expectativas.

## V. EVALUACIÓN

Al final del semestre, los profesores reportan los resultados obtenidos en los *COs* y *SOs* y se reúnen con el JD para evaluarlos y planear las acciones de mantenimiento y mejora que se implementarán el siguiente semestre. Las propuestas finales de mejora para los cursos (por ejemplo, tiempo dedicado a ciertos temas, o métodos de enseñanza utilizados) deben emplear también como entrada la evaluación que hacen todos los alumnos del ITAM de cada profesor y curso cada semestre.

Cada JD escribe un reporte resumiendo las evaluaciones de los *SOs*, resaltando aquellos *SOs* en los que más del 15% de los alumnos tiene una evaluación menor a 3 (*does not meet expectations*). Los JDs dan un seguimiento especial a recomendaciones específicas en estos últimos casos. Los JD discuten con el Director General de la División de Ingeniería los reportes de los *SOs* y posteriormente se envían a los DP.

Al final de cada año académico, cada DP escribe un reporte con los resultados de la evaluación de todos los *SOs* de todos los cursos que se miden en el programa. En este reporte se calculan estadísticas descriptivas básicas y se consolidan los reportes de los diferentes departamentos. Se analizan además los resultados de los planes de acción pasados. Como resultado del análisis de las mediciones directas, del reporte de los JDs y de las mediciones indirectas (encuestas anuales por parte de alumnos seniors y profesores)

el DP y el Director de la División proponen nuevos planes de acción globales a ejecutarse el siguiente año. Los planes de acción a nivel de los *SOs* pueden sugerir acciones específicas a nivel de los cursos para mejorar resultados específicos, o incluso cambios en los planes de estudio.

Para difundir los resultados y las acciones de mejora propuestas de manera individual y a nivel Divisional se presenta el reporte anual a todos los profesores en una junta de la División al inicio del año académico para su discusión y se coloca en el administrador de contenidos institucional para que todos tengan fácil acceso a él.

La correcta aplicación de este programa de mejora continua se toma en cuenta en la evaluación docente periódica de los profesores.

Para trabajar al mismo tiempo todas las competencias solicitadas tanto en la acreditación internacional (ABET) como en la nacional (CONAIC) se hace un mapeo como se muestra en la tabla I.

Tabla I  
Mapeo de competencias.

ABET	CONAIC	ATRIBUTOS
1) Capacidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.	Planteamiento y resolución de problemas	Analiza los elementos constitutivos de un problema para idear estrategias que permitan obtener, de forma razonada, una solución contrastada y acorde a ciertos criterios preestablecidos.
	Modelación de soluciones	Analiza los fundamentos y propiedades de modelos existentes. Traduce e interpreta los elementos del modelo en términos del mundo real.
	Aprendizaje autónomo	Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida.
3) Capacidad de comunicarse de manera efectiva con una variedad de audiencias.	Comunicación oral y escrita	Transmite conocimientos, expresa ideas y argumentos de manera clara, rigurosa y convincente, tanto de forma oral como escrita, utilizando los recursos gráficos y los medios necesarios adecuadamente, adaptándose a las características de la situación y de la audiencia

## VI. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA

Para automatizar el proceso de mejora continua se eliminaron las hojas de Excel (almacenadas en un administrador de contenidos común) y se desarrolló un sistema en línea para reportar las mediciones de los *COs* y *SOs* (figura 5).



Fig. 5. Ejemplo del sistema automatizado.

Continuando este proceso de mejora se plantea el uso de un nuevo LMS (*Learning Management System*, Canvas) para sistematizar la relación de cursos con competencias, especificar los resultados de aprendizaje esperados mediante rúbricas compartidas, medir las competencias y recolectar

resultados de la evaluación (en términos de cumplimiento de expectativas). Dentro de la subcuenta de la División Académica de Ingeniería se definen las competencias y las rúbricas para evaluarlos, y los cursos heredan ambos. En la sección Competencias del LMS se definen tanto los *COs* como los criterios de los *SOs* y con ellos se crean Rúbricas para evaluarlos (figura 6).

Proyectos		Calificaciones			Pts
Criterios		5 pts	4 pts	2 pts	
1a	Identifies a problem and establishes precisely the requirements of the solution. Total: 4.0 pts	Excede las expectativas	Cumple con las expectativas	No cumple con las expectativas	5 pts
1b	Creates a correct mathematical model showing a complete understanding of the engineering problem. Total: 4.0 pts	Excede las expectativas	Cumple con las expectativas	No cumple con las expectativas	5 pts
1c	Implements all the requirements of the problem observing criteria of correctness, completeness, efficiency, and robustness. Total: 4.0 pts	Excede las expectativas	Cumple con las expectativas	No cumple con las expectativas	5 pts
1d	Tests carefully the implementation and shows that it is correct and relevant to the posed problem. Total: 4.0 pts	Excede las expectativas	Cumple con las expectativas	No cumple con las expectativas	5 pts
Puntos totales: 20					

Fig. 6. Ejemplo de rúbrica en el LMS.

Cada actividad del curso (tarea o pregunta de examen, por ejemplo) puede entonces medir un *CO* usando una rúbrica particular. Los *SOs* pueden evaluarse utilizando proyectos y esta calificación puede o no ser usada para la calificación final del estudiante. Canvas automáticamente consolida todas las mediciones de *COs* y *SOs* realizadas en el curso en Calificaciones - Dominio del aprendizaje. La ponderación de estas mediciones para cada criterio puede configurarse con diferentes métodos de cálculo, como puntaje más reciente, o puntaje máximo o una media ponderada lineal 65/35.

Por ejemplo, en el curso de Algoritmos Numéricos se evalúa el *SO1* a través de tres proyectos. En el primero se resuelve un problema, por ejemplo, de cifrado y descifrado de mensajes paso a paso, para entender cómo afectan los errores de redondeo a la solución. En el segundo se practica el uso eficiente de lenguajes matriciales para solucionar, por ejemplo, un problema de optimización. En el tercero se utilizan sistemas de ecuaciones diferenciales para, por ejemplo, modelar el movimiento de cuerpos en el sistema solar. Progresivamente, con cada proyecto los alumnos mejoran su competencia de “solucionar problemas de ingeniería”, reciben retroalimentación del profesor y obtienen una evaluación. Al final del semestre se ponderan las tres evaluaciones para obtener una única evaluación del *SO* en el curso.

## VII. RESULTADOS

El esquema presentado en este documento es parte sustancial del proceso de mejora continua de la División Académica de Ingeniería del ITAM. Su implementación ha dado lugar al logro de las acreditaciones de sus programas, tanto ante organismos internacionales (ABET), como nacionales (CONAIC y CACEI).

Por otro lado, ha sido instrumental en diversas modificaciones a los planes de estudios, con miras a la búsqueda de brindar una mejor preparación de sus egresados para enfrentar los retos de la Sociedad 5.0, tanto en lo que toca a las habilidades y conocimientos de orden técnico (a partir de la evaluación de los *COs*), como en la inclusión de elementos relacionados con las estrategias institucionales que buscan la mejora de diferentes habilidades, como son las

relacionadas con la comunicación y con la programación, enfocadas no sólo a estudiantes de ingeniería, sino a todos los alumnos del ITAM.

Para mejorar las capacidades de comunicación se agregaron a todos los programas cuatro cursos del Departamento Académico de Lenguas. Los primeros dos cursos son comunes a todos los programas del ITAM y tienen por objetivo generar las bases de una comunicación efectiva y los otros dos son específicos para cada programa y en ellos se busca una comunicación profesional por disciplina.

Dada la importancia que tiene para cualquier profesionista saber programar para la sociedad 5.0, se han introducido dos cursos del Departamento Académico de Computación en los semestres iniciales de cada uno de los programas del Instituto, que hasta ahora carecían de esta formación. En el primer curso los alumnos deben aprender a resolver problemas a través del diseño e implementación de programas en Python, bien estructurados y que utilizan estructuras de datos idóneas. En el segundo curso, deben resolver problemas de análisis descriptivo y predictivo de volúmenes grandes de datos utilizando paquetes. A partir de esta base, los cursos del Departamento Académico de Estadística utilizan ahora R para resolver problemas generales de estadística descriptiva e inferencia. Para reforzar lo aprendido en estos cursos, en cada programa se resuelven problemas utilizando programación en diferentes materias de semestres avanzados, mejorando la comprensión de temas analíticos y preparando a los alumnos para la vida laboral actual.

En los programas de Ingeniería se tienen bien definidas las competencias disciplinares de los alumnos a través de los *SOs* de ABET y de las acreditaciones de CONAIC / CACEI. Sin embargo, existen otras competencias que son proporcionadas por materias del plan de estudios que no son consideradas y que son relevantes para el trabajo y la sociedad 5.0. Para tener el panorama completo de las competencias de los alumnos, se definirán las competencias transversales del ITAM. Un papel fundamental lo desempeña el Departamento de Estudios Generales, a cargo de los cursos relacionados con las humanidades y las problemáticas sociales, para abordar la generación de una mayor conciencia social en los estudiantes, elemento importante para la sociedad 5.0. Se ha dado un énfasis especial en las materias de formación analítica y cuantitativa para todos los programas del ITAM, particularmente en los cursos ofrecidos por los departamentos de Matemáticas, Estadística y Economía. La automatización de la matriz de tributación (por ejemplo, en uAssessment) permitirá asegurar que cada programa de Ingeniería está alineado con las competencias y el perfil de egreso deseados. Además, permitirá tener un panorama completo, centralizado, administrado y documentado, que facilitará los procesos de acreditación y la comunicación con estudiantes y empleadores.

## VIII. CONCLUSIONES

Los criterios 3.1-7 de ABET constituyen un enfoque plausible, aunque no necesariamente completo, para evaluar las competencias de los ingenieros que se desempeñarán profesionalmente en la sociedad 5.0. Estos criterios cubren el objetivo de preparar a los alumnos con conocimientos "digitales" que les permitan producir soluciones ingenieriles a problemas y liderar la construcción

de una mejor sociedad, incorporan habilidades “suaves” que ayudan a enfocarse en soluciones que consideran aspectos ambientales, de salud pública, de seguridad y bienestar dentro de un contexto global y de compromiso social. Incluyen además el reconocimiento de su responsabilidad ética y profesional.

La robustez del enfoque seguido en el ITAM ha permitido: (1) obtener, dos veces consecutivas, la acreditación de ABET (sin deficiencias ni debilidades) y facilitar grandemente el logro de las acreditaciones de los organismos nacionales; (2) guiar la evolución del proceso de evaluación, desde un esquema simple basado en archivos Word y Excel hasta el uso estructurado de Canvas, de una manera directa y sencilla. Este enfoque puede evolucionar fácilmente en el futuro y servir como fundamento para cumplir con los criterios especificados por la Ley General de Educación Superior recientemente publicada en México (abril 2021).

El esquema desarrollado en la División Académica de Ingeniería es un elemento fundamental de su proceso de mejora continua y es susceptible de implementación en programas académicos de las diversas instituciones de educación superior del país. Su adopción debe hacerse atendiendo a las características particulares de cada una de las instituciones que busquen su implementación, que pueden ser diferentes a las propias del ITAM, sobre todo en relación con la estructura organizacional de las mismas (departamental o por escuelas/facultades) y a las necesidades de los grupos de interés específicos a los que busca atender cada institución. Prevalece, sin embargo, la aplicabilidad del esquema a todo tipo de instituciones, una vez atendidas sus características particulares.

#### AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer el apoyo financiero otorgado por parte de la Asociación Mexicana de Cultura, A.C., y los comentarios de los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar la presentación del trabajo.

#### IX. REFERENCIAS

- [1] N. Ogawa, «Society 5.0 – Co-creating the future» November 14<sup>th</sup>, 2018 [Online]. Available: <https://www.eesc.europa.eu/en/newsmedia/presentations/society-50-co-creating-future>. [Último acceso: 3 marzo 2021].
- [2] R. Carraz and Y. Harayama, «Japan’s Innovation Systems at the Crossroads: Society 5.0,» *Panorama: Insights into Asian and European Affairs*, 2019.
- [3] H. Nakanishi and H. Kitano, «Keidanren,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2018/095\\_booklet.pdf](https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2018/095_booklet.pdf). [Último acceso: 3 marzo 2021].
- [4] M. Horn, «Disruption 2020: Education, Disrupted», MIT Sloan Management Review, 61(3), 21-26, 2020.
- [5] Z. Mingaleva and N. Vuchovic, «Development of engineering students competencies based on cognitive technologies in conditions of industry 4.0», *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, Special issue of

Current Research and Trends in Cognitive Sciences 2020, 93-101.

- [6] U. Beagon, B. Tabas, and K. Kövesi, «Report on the Future Role of Engineers in Society and the Skills and Competences Engineering will Require», A-Step 2030 - Report 1 Literature Review, 2019.
- [7] M. Schar, P. Brackin, K. J. Chew and S. Sheppard, «ABET Criterion 3 as a Measure of Engineering Self-Efficacy: Comparing the New Criteria (3.1-7) to the Previous Criteria (3a-k)», IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2018.
- [8] D. Johnson, R. Merrill, J. Scudder, J. Stratton, and G. Sutherland, «A Continuous Improvement Process for a Large Multi-Program Engineering Technology Department», *Proceedings of the 2006 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, p. 24p., 2006.
- [9] S. Craig and M. Aburden, «A Tool for Consolidating Results from Learning Assessment», *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, p. 12, 2005.
- [10] ABET, «Criteria for Accrediting Engineering Programs,» *Engineering Accreditation Commission*, 2021.
- [11] CONAIC, «Marco de Referencia 2017 del CONAIC en el Contexto Internacional», 2017. [En línea]. Available: <https://www.conaic.net/publicaciones/marco%20de%20referencia%20CONAIC%20ES%20y%20TSU%202018.pdf>.
- [12] CACEI, «Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional,» 2020. [En línea].



**Marcelo Mejía Olvera** se graduó de la licenciatura en Ingeniería Biomédica en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y ha realizado estudios de Maestría en Ciencias de la Computación en la UAM, en Ingeniería Eléctrica en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, y en Redes Informáticas en la Escuela Superior de Electricidad (Supélec) en Francia. En 1989 obtuvo el grado de Doctor en Informática de la Universidad de Rennes I, en Francia, realizando su trabajo de investigación en el INRIA (Rennes y Sophia Antipolis). (e-mail: marcelo@itam.mx).



**Ana Lidia Franzoni Velázquez** es Maestra en Tecnologías de Información y Administración, Instituto Tecnológico Autónomo de México, México. Maestra en Redes y Sistemas de Información para las Empresas, École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, Francia. Doctora en Ingeniería del Conocimiento y Sistemas de Información, Institut National des Télécommunications, Francia. Ingeniera en Computación, Instituto Tecnológico Autónomo de México, México. Es la directora del Programa de Ingeniería en Computación del ITAM y Profesora de Tiempo Completo. (e-mail: analidia@itam.mx).



**Alejandro Terán Castellanos** es Doctor en Ingeniería y Administración Industrial por la Universidad Estatal de Oklahoma. Maestro en Ingeniería (Investigación de Operaciones) por la UNAM e Ingeniero Mecánico Electricista por la Universidad Autónoma de Guadalajara. Es el director del Programa de Ingeniería Industrial del ITAM y Profesor de Tiempo Completo de dicho Instituto (email: ateran@itam.mx).