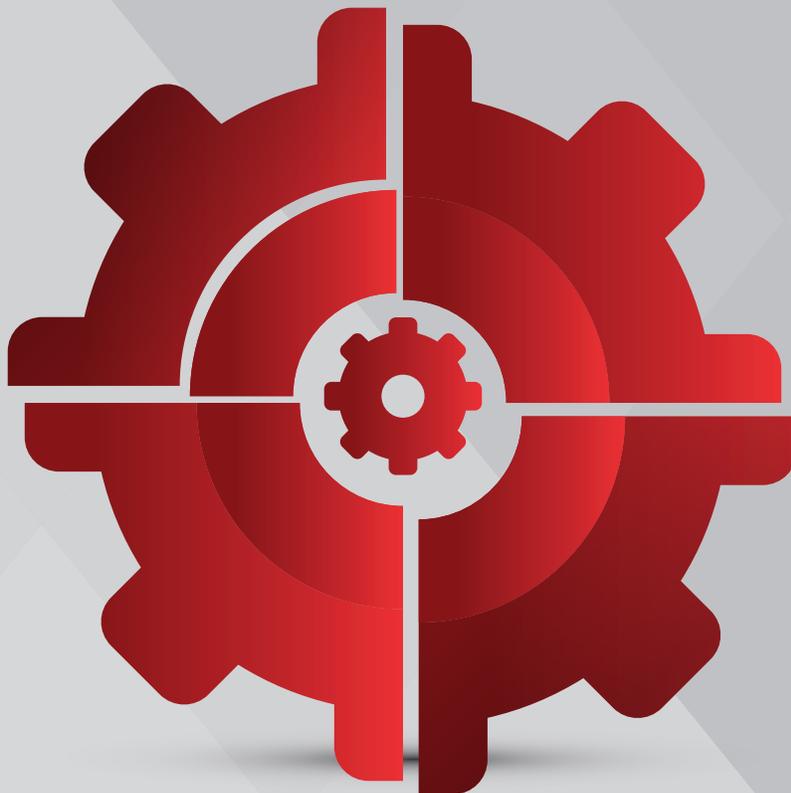


# Docencia Politécnica

Volumen 1, Número 3, Abril-Junio 2020  
Revista trimestral de la Secretaría Académica del Instituto Politécnico Nacional

## UN MODELO DE DOCENCIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA



**LUISA FERNANDA ARREOLA GÓMEZ** **ROBERTO VLADIMIR ÁVALOS BRAVO** **MARÍA DE LOS ÁNGELES BARRIOS SÁNCHEZ**  
**CHADWICK CARRETO ARELLANO** **MARÍA PATRICIA COLÍN URIBE** **MARGARITA CLARISAILA CRISÓSTOMO REYES**  
**RICARDO MOISÉS DOMÍNGUEZ NAVARRO** **JOSÉ JACOBO GÓMEZ QUIROZ** **ELSA GONZÁLEZ PAREDES**  
**IRASEMA LETICIA ISLAS GARCÍA** **CELIA ARACELI ISLAS SALOMÓN** **IVONNE BERENICE LOZANO ROJAS**  
**MARÍA DEL REFUGIO RAMÍREZ CRUZ** **NOEMÍ MIRZA RAMÍREZ GARCÍA**  
**ROSALÍA MARÍA DEL CONSUELO TORRES BEZAURY**  
**GUMERSINDO VERA HERNÁNDEZ**



14

# Foro de Investigación Educativa

La formación del Talento 4.0.

Aportes desde la investigación educativa.



octubre

8 y 9

[www.fie.dfie.ipn.mx](http://www.fie.dfie.ipn.mx)



Gobierno de México

EDUCACIÓN  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

# Presentación

## Un modelo de docencia para la enseñanza de la ingeniería

Jorge Toro González

La revista *Docencia Politécnica* ha nacido como un espacio para los docentes politécnicos, donde compartan su quehacer, sus experiencias con el aprendizaje de los estudiantes, disertaciones sobre el uso pedagógico de las tecnologías análogas y digitales y demás fenómenos sociales que ocurren en el ámbito de la educación o en relación con ésta. Este número se presenta estructurado según las secciones que hemos definido para su proyecto editorial: *Formación docente*, *Trayectorias*, *Tecnologías educativas* y *Educación y sociedad*.

La sección *Formación docente* está destinada a albergar artículos escritos por docentes politécnicos sobre teorías, metodologías o técnicas pedagógicas que aplican en su labor cotidiana. En este número se incluyó una disertación escrita por Elsa González y Gumersindo Vera. Hoy Elsa está a cargo de la División de Innovación Académica de la Dirección de Educación Superior (DES) y Gumersindo es docente en la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM). Dando continuidad a las discusiones que publicamos en el número inmediato anterior, ellos reflexionan sobre los cambios didácticos que los docentes politécnicos necesitamos incorporar para atender las demandas de la llamada cuarta revolución industrial, los cuales dan forma a la educación 4.0. Para el caso específico de los programas académicos de ingeniería, con fundamento en teorías del aprendizaje, argumentan a favor de la enseñanza por proyectos para que desde el aula los estudiantes diseñen y construyan prototipos de ingeniería que den solución a problemáticas específicas. Ellos entienden ésta como una metodología didáctica participativa donde queda implicado el docente mismo. Dado que el desarrollo de prototipos de ingeniería involucra cierto nivel de investigación, ellos sugieren complementar con la práctica pedagógica del seminario a partir de la cual se aborden los contenidos de la asignatura en torno al diseño y fabricación de los prototipos. De igual forma, argumentan a favor de una evaluación formativa a lo largo de todo el proceso de aprendizaje, con diversidad de recursos para su valoración, entendido el aprendizaje

más como proceso que como resultado. Como algo necesario en su proceso de argumentación, ellos analizaron la intrincada trama del constructo de la educación 4.0 y de sus componentes, así como el papel consecuente del docente.

En su turno, Noemí Mirza Ramírez y Ricardo Moisés Domínguez, adscritos a la Dirección de Formación e Innovación Educativa, presentan una reflexión sobre las experiencias docentes compartidas en ocasión del 9º Encuentro de Formación y Profesionalización Docente. Además, ellos describen las necesidades de formación docente que se identificaron para lograr los propósitos de la educación 4.0, entre las cuales se menciona el desarrollo de habilidades digitales, así como algunas de las habilidades que los estudiantes necesitan dominar para incorporarse profesionalmente en la cuarta revolución industrial, como el dominio del inglés y las habilidades blandas.

Por su parte, la sección *Trayectorias* está destinada a dar cabida a artículos escritos por docentes politécnicos sobre la formación de competencias y habilidades de los estudiantes en relación con su pertinencia social. En este número se incluyó la reseña del trabajo de tesis que lleva por título *La importancia de las matemáticas en la carrera de técnico en sistemas automotrices: el uso de gráficos y tablas*, el cual fue elaborado por Josué Alan Zamudio y dirigido por María Patricia Colín y Celia Araceli Islas. Ellas dos son docentes en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 8 “Narciso Bassols García”. En la reseña, ellas desarrollan puntualmente cómo la competencia matemática es necesaria en el ejercicio profesional del Técnico en Sistemas Automotrices, en particular: la elaboración y análisis de tablas y gráficos.

Después, se presenta una reseña del trabajo de investigación llevado a cabo por la estudiante Luisa Fernanda Arreola como becaria en el proyecto de investigación que llevó por título *Estabilidad energética y química del dopaje atómico y molecular en sistemas de baja dimensión*. Durante el proyecto de investigación, Luisa Fernanda era

estudiante en el CECYT No. 8 “Narciso Bassols García” y hoy lo es en la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM). Ella colaboró con las investigadoras Margarita Clarisaila Crisóstomo y Ivonne Berenice Lozano, la primera es docente en el CECYT No. 8 “Narciso Bassols García” y la segunda en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) Legaria. El artículo describe cómo se determinó la estructura atómica de politipos de carburo de silicio, lo cual forma parte de los procedimientos en el desarrollo de nanotecnologías. Sin embargo, lo destacable desde el punto de vista educativo es cómo la incursión temprana de los estudiantes de bachillerato en el trabajo de investigación científica puede conducir al desarrollo de vocaciones científicas que continúan en la educación superior.

Posteriormente, toca el turno a la sección *Tecnologías educativas*, dedicada a artículos escritos por docentes politécnicos sobre experiencias de uso educativo de tecnologías analógicas y digitales. En esta ocasión, se incluyó un texto escrito por Chadwick Carreto, Roberto Vladimir Ávalos y María del Refugio Ramírez, todos colaboradores en la Dirección de Educación Virtual. Ellos desarrollan el concepto de arquitectura de ecosistemas tecnológicos-educativos, mostrando la compleja ingeniería computacional que hace posible que los servicios educativos digitales ocurran con fluidez y calidad.

La última sección, *Educación y sociedad*, aborda problemáticas sociales de profesores y estudiantes, así como la responsabilidad y el compromiso social de unos y otros. Aquí se presenta un documento escrito

por Rosalía María del Consuelo Torres y José Jacobo Gómez, hoy funcionarios al frente de la Dirección de Formación e Innovación Educativa. Ellos hacen un recuento histórico de las contribuciones del Foro de Investigación Educativa durante sus ya trece ediciones. Sin duda, la ciencia es el aparato de desarrollo más potente que ha construido el ser humano, y el conocimiento científico es una guía indispensable para cualquier proyecto educativo, en particular, para el proyecto del Instituto Politécnico Nacional (IPN). En este sentido, el Foro de Investigación Educativa ha aportado valioso conocimiento sobre diversos fenómenos educativos que se encuentra registrado en sus memorias.

Para concluir, Irasema Leticia Islas y María de los Ángeles Barrios, docentes en el CECYT No. 16 “Hidalgo”, nos comparten su reseña de la tesis desarrollada por los estudiantes Itzel Alhely García, Yonatan Jiménez y Lludith Esmeralda Vicencio, de la carrera de Laboratorista Clínico que ofrece este centro de estudios, y por la que obtuvieron el primer lugar en el Concurso Institucional Premio a las Mejores Tesis de Nivel Medio Superior del área de Ciencias Médico Biológicas (CMB). Ellos realizaron un estudio de la calidad del agua suministrada y residual del CECYT No. 16 “Hidalgo”, en el cual concluyeron que cumple con las normas sanitarias mexicanas. Este trabajo es muestra de las capacidades técnicas que los estudiantes politécnicos aprenden en el IPN y cómo éstas les permiten hacer grandes contribuciones al desarrollo de México.

# Contenido

<b>Presentación</b>	<b>1</b>
<b>UN MODELO DE DOCENCIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA</b> <i>Jorge Toro González</i>	
<b>Formación docente</b>	
<b>Una nueva docencia para la educación 4.0 en el Instituto Politécnico Nacional</b> <i>Elsa González Paredes y Gumersindo Vera Hernández</i>	<b>5</b>
<b>9° Encuentro de Formación y Profesionalización Docente</b> <i>Noemí Mirza Ramírez García y Ricardo Moisés Domínguez Navarro</i>	<b>15</b>
<b>Trayectorias</b>	
<b>La importancia de las matemáticas para los técnicos en sistemas automotrices: una experiencia de tesis</b> <i>María Patricia Colín Uribe y Celia Araceli Islas Salomón</i>	<b>20</b>
<b>Enfoque de las acciones sustantivas para formar a un estudiante del bachillerato en la investigación</b> <i>Margarita Clarisaila Crisóstomo Reyes, Ivonne Berenice Lozano Rojas y Luisa Fernanda Arreola Gómez</i>	<b>24</b>
<b>Tecnologías educativas</b>	
<b>Arquitectura de ecosistemas como innovación educativa</b> <i>Chadwick Carreto Arellano, Roberto Vladimir Ávalos Bravo y María del Refugio Ramírez Cruz</i>	<b>30</b>
<b>Educación y sociedad</b>	
<b>El Foro de Investigación Educativa y su contribución al Instituto Politécnico Nacional</b> <i>Rosalía María del Consuelo Torres Bezaury y José Jacobo Gómez Quiroz</i>	<b>37</b>
<b>Calidad del agua en el laboratorio del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 16 “Hidalgo”</b> <i>Irasema Leticia Islas García y María de los Ángeles Barrios Sánchez</i>	<b>42</b>
<b>Lineamientos</b>	<b>48</b>



## Directorio

Mario Alberto Rodríguez Casas  
**Director General**

María Guadalupe Vargas Jacobo  
**Secretaría General**

Jorge Toro González  
**Secretario Académico**

Juan Silvestre Aranda Barradas  
**Secretario de Investigación y Posgrado**

Luis Alfonso Villa Vargas  
**Secretario de Innovación e Integración Social**

Adolfo Escamilla Esquivel  
**Secretario de Servicios Educativos**

Jorge Quintana Reyna  
**Secretario de Administración**

Eleazar Lara Padilla  
**Secretario Ejecutivo de la Comisión de  
Operación y Fomento de Actividades Académicas**

Guillermo Robles Tepichín  
**Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras  
e Instalaciones**

José Juan Guzmán Camacho  
**Abogado General**

Modesto Cárdenas García  
**Presidente del Decanato**

Jesús Anaya Camuño  
**Coordinador de Imagen Institucional**

José Antonio Álvarez Lima  
**Director del Canal Once**

Rosalía María del Consuelo Torres Bezaury  
**Directora de Formación e Innovación Educativa**

## Directorio Docencia Politécnica

Director Editorial: **Jorge Toro González**  
Editor responsable: **Reynaldo Rocha Chávez**  
Información: **Guadalupe Cantú Morales**  
Redes sociales digitales: **Jaqueline Galicia Olvera**  
Asistente ejecutiva: **Beatriz Arroyo Sánchez**  
Corrección de estilo: **Adriana Mendoza Ramos**  
Diseño y formación: **Juan Jesús Sánchez Marín**

**Docencia Politécnica** es una revista tanto impresa como electrónica de acceso abierto que publica trimestralmente artículos académicos relacionados con la docencia, intervenciones e innovaciones educativas, y las interacciones entre educación y sociedad que hoy se debaten y definen la educación politécnica. *Docencia Politécnica* es un espacio plural que promueve la comunicación entre docentes, directivos e instituciones educativas en torno a las implicaciones y desafíos en la docencia de nuestro tiempo.

La originalidad, el rigor de las argumentaciones y su ajuste con las propiedades textuales de coherencia, adecuación y cohesión son criterios de calidad que se espera encontrar en los trabajos postulados para su publicación en *Docencia Politécnica*. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Secretaría Académica del Instituto Politécnico Nacional.

La revista *Docencia Politécnica* cuenta con las siguientes secciones: *Formación docente*, *Trayectorias*, *Tecnologías educativas* y *Educación y sociedad*.

### Derechos de autor

Los derechos morales y patrimoniales sobre los contenidos que se publiquen estarán tutelados por la Ley Federal de Derecho de Autor y su Reglamento, así como por los derechos de propiedad intelectual establecidos por la licencia Creative Commons no-comercial, donde los autores conservan los derechos morales sobre su obra.

ISSN: En trámite.

[www.ipn.mx](http://www.ipn.mx)

[www.ipn.mx/seacademica/](http://www.ipn.mx/seacademica/)

**DOCENCIA POLITÉCNICA**, Año 1, No. 3, abril - junio 2020, es una publicación trimestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Dirección de Formación e Innovación Educativa. Edificio Adolfo Ruiz Cortines, Av. Wilfrido Massieu s/n, esq. Luis Enrique Erro, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Colonia Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México. Teléfono 5557296000 ext. 57112. <https://www.ipn.mx/innovacion/revista/publicacion/docencia-politecnica.html>, Editor responsable: Reynaldo Rocha Chávez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04 - 2019 - 121913510700 - 203. ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Juan Jesús Sánchez Marín, Av. Wilfrido Massieu s/n, esq. Luis Enrique Erro, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Colonia Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, fecha de la última modificación 21 de octubre de 2020.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.



# Una nueva docencia para la educación 4.0 en el Instituto Politécnico Nacional

*Elsa González Paredes*

Dirección de Educación Superior, Instituto Politécnico Nacional

*Gumersindo Vera Hernández*

Escuela Superior de Cómputo, Instituto Politécnico Nacional

La cuarta revolución tecnológica y su proceso de globalización están cambiando el sentido de desarrollo de la sociedad. Hoy, las escuelas del siglo XXI tienen la enorme tarea de promover una formación para el desarrollo de habilidades emergentes que permitan atender las necesidades y los problemas sociales que le aquejan a México, así como los desafíos de la industria y la producción en todos los sectores fundamentales de la nación. Más que nunca se hace prioritaria la vinculación entre la escuela y los sectores productivos para formar profesionales capaces de satisfacer las demandas de los sectores clave de la economía nacional y de enfrentar los retos de la globalización con suficiencia. En este sentido, el Instituto Politécnico Nacional (IPN), junto con otras universidades, han abordado el reto de la educación 4.0, la cual busca aprovechar el desarrollo de la digitalización y de las telecomunicaciones para generar nuevos escenarios educativos que fortalezcan los ejes de la formación que lleven al desarrollo del estudiante en temas relacionados con el trabajo de equipo, el manejo de las tecnologías de la información, la habilidad en la resolución de problemas y la promoción de los procesos epistemológicos que conducen a la problematización de lo que ya existe para renovarlo, adecuándolo a las nuevas circunstancias sociales y económicas de la nación y del mundo. Esto requiere abrir posibilidades para potenciar su pensamiento crítico e innovador, con el objetivo de que sea capaz de tomar decisiones, negociar, resolver problemas complejos, así como de tener una actitud abierta en la escucha y un pensamiento flexible y divergente pues, al margen de los problemas que se estudien, éstas sin duda, como sugiere Espinach (2018), son las competencias más importantes en cualquier carrera que se estudie.

El presente trabajo expone la actuación didáctica del docente como elemento fundamental para el desarrollo del perfil del ingeniero politécnico que, a decir de su mo-

delo educativo: “los egresados del IPN contarán con una sólida formación integral, con conocimientos generales científicos y tecnológicos, por lo que serán capaces de desempeñarse en distintos ámbitos, y de combinar adecuadamente la teoría y la práctica en su campo profesional” (IPN, 2004, p. 111). Para ello, es necesario que los docentes respondan a las demandas de la nueva realidad social, construyendo formas didácticas emergentes que permitan a los estudiantes formarse en la solución de problemas de la sociedad y del mercado, de manera creativa, pero con un carácter formal desde las bases de la investigación, de modo que en su formación inicial puedan apuntalar las competencias genéricas que les permitan el desarrollo de la formación profesional desde la calidad y la innovación, así como construir las competencias preliminares de la investigación en el ejercicio práctico de su formación cotidiana.

El presente trabajo no tiene como propósito establecer una propuesta de intervención educativa, más bien, pretende establecer una reflexión sobre los cambios que la dupla didáctica docente/discente necesita incorporar en sus actividades de enseñanza y aprendizaje, asumiendo los nuevos retos planteados por el panorama que delinea la penetración acelerada de las consecuencias de la cuarta revolución industrial, puesto que el rumbo vira en dirección a la necesidad de habilidades complejas en ámbitos caóticos, hacia la demanda social, cultural y laboral de personas que puedan afrontar y solucionar problemas complejos, además de crear e inventar sistemas y procesos (Fonseca, citado en Galindo, Ruiz y Ruiz, 2017, p. 4). En este sentido, docentes y estudiantes tendrán que asumir nuevas funciones y escenarios educativos, incorporando las tecnologías digitales en el aula, de modo que las metodologías didácticas emergentes tomen su lugar en la creación de problemas y en el despliegue de soluciones técnicas de la ingeniería, promoviendo el desarrollo de procesos complejos de cognición, reflejados en la

construcción del pensamiento crítico, analítico, propositivo y creativo. Para ello, esta metodología habrá de concretarse en el diseño y la construcción de propuestas innovadoras de ingeniería que puedan ser desarrolladas en el ambiente formativo de cualquier asignatura.

La propuesta didáctica habrá de centrarse en el aprendizaje y contemplar la evaluación pertinente conforme al aprendizaje significativo y al proceso autónomo de cada estudiante, de tal manera que, contra el enfoque tradicional de la evaluación educativa que tiene como propósito la comprobación y la verificación del contenido aprendido, la propuesta de este trabajo se ha diseñado considerando las estrategias requeridas para el aprendizaje significativo, activo e interactivo, y la creación del conocimiento en combinación con el desarrollo de prototipos mecánicos en los que se apliquen, evalúen y retroalimenten los conocimientos de la asignatura.

### La ingeniería, el pensamiento crítico y el aprendizaje en el IPN

De acuerdo con el objetivo fundamental para la educación superior en perspectiva del modelo educativo del IPN, este nivel “dota de las competencias básicas generales para el desempeño profesional y las competencias complementarias para la investigación y el desarrollo del conocimiento para la óptima realización de ese desempeño” (IPN, 2004, p. 109).

El pensamiento crítico o las habilidades de pensamiento propias del quehacer ingenieril han sido objeto de la asignación de diversas acepciones, a tal grado que hoy no existe acuerdo en cuanto a una definición única que, más bien, ha dado lugar a un posicionamiento ecléctico que tiene como propósito catapultar en el estudiante “la capacidad de aplicar los aprendizajes a situaciones reales de la vida” (Ramos y Hoster, 2010, p. 317).

El marco teórico sobre el cual se basa este trabajo se halla en tres importantes teorías de la psicología educativa que se reconocen a partir de sus autores: Jean Piaget (1896-1980), Lev Vygotsky (1896-1934) y David Paul Ausubel (1918-2008).

El desarrollo de las habilidades de pensamiento propias de los ingenieros, como proceso que es de aprendizaje, según Ausubel, depende del conocimiento de la estructura cognitiva del estudiante, entendida ésta como el conjunto organizado de conceptos, saberes e ideas que un individuo tiene en un campo determinado del conocimiento. En relación con lo anterior, Ausubel proporciona un marco para el diseño de herramientas metacognitivas que permiten conocer cómo está organizada la estructura cognitiva del estudiante, lo que facilita una mejor orientación de la labor educativa:

[...] el alumno debe manifestar una disposición para relacionar, lo sustancial y no arbitrariamente el nuevo material con su estructura cognoscitiva, como que el material que aprende es potencialmente significativo para él, es decir, relacionable con su estructura de conocimiento sobre una base no arbitraria (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983, p. 48).

Que el material de aprendizaje sea potencialmente significativo se refiere a que puede relacionarse de forma no arbitraria y sustancial con alguna estructura cognoscitiva específica del estudiante, del mismo modo que puede relacionarse de manera intencional y sustancial con el conocimiento previo que ya se halla disponible en su organización cognitiva; a este proceso se le conoce como aprendizaje significativo.

También, es importante la disposición que muestre el estudiante hacia el aprendizaje significativo, es decir, para relacionar de manera sustantiva y no memorística el nuevo conocimiento con su estructura cognitiva. Si la intención del estudiante es memorizar, arbitraria y literalmente la materia de aprendizaje, sus resultados serán mecánicos. De igual forma, si no existe un conocimiento previo en el estudiante con el cual engarzar el nuevo conocimiento éste no podrá ser potencialmente significativo, es decir, no será relacionable con la estructura cognitiva que posee el estudiante.

Ausubel, Villa y Poblete (2007) sostienen que el pensamiento crítico es el “comportamiento que cuestiona las cosas y se interesa por los fundamentos en los que se asientan las ideas, acciones y juicios, tanto propios como ajenos” (p. 76). El reto en la educación superior es formar estudiantes en la habilidad de pensar críticamente pues, en palabras de Brookfield (citado en Ramos y Hobster, 2010, p. 434), resulta “crucial para entender nuestras relaciones interpersonales, imaginar maneras de organizarse en el trabajo de manera alternativa o más productiva, y convertirse en personas políticamente cultas”.

Asimismo, un modelo educativo orientado al desarrollo de las habilidades esenciales de los ingenieros insta sobre el acuerdo de la mayoría de los teóricos de la educación en el sentido de que es factible promover y desarrollar tales habilidades mediante su aplicación. Una intervención didáctica fundamentada en la aplicación del pensamiento crítico en la enseñanza superior, mediante la implementación de la unidad dialéctica teoría y práctica, permite la formación de profesionistas que sean capaces de pensar asertivamente en un contexto de cambios acelerados. Tal tipo de intervención didáctica se convierte en la herramienta inmejorable para cubrir el reto asumido en este nivel educativo porque conlleva el aprendizaje de niveles de pensamiento superior y porque

es vital para el desarrollo pleno del estudiante (Brookfield, citado en Ramos y Hobster, 2010).

Para el caso que aquí nos ocupa, la formación de ingenieros mecánicos del IPN, se propone que su aprendizaje esté orientado al desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, propias del quehacer de la ingeniería<sup>1</sup>, a través de su aplicación académica, donde se conjugue la dialéctica: desarrollo del conocimiento científico y su conversión en tecnología y, a su vez, desarrollo tecnológico en conocimiento científico nuevo.

Además, un modelo como el propuesto sí es capaz de proporcionar el desarrollo de habilidades como el trabajo colaborativo en equipo dado que, sin importar la magnitud de un proyecto, es raro que pueda ser llevado a cabo en su totalidad por un único ingeniero, eso es poco probable como obra individual, se requiere casi siempre de un grupo de ingenieros actuando coordinadamente y cada uno de ellos debe aportar sus talentos para que el objetivo conjunto llegue a *buen puerto*.

Aquí surge la importancia de demostrar que, efectivamente, el modelo propuesto de aprendizaje teórico de una asignatura y su acompañamiento en la construcción de un prototipo facilita el desarrollo de la habilidad de trabajar colaborativamente, lo cual lleva a diseñar un tipo de evaluación que sea capaz de arrojar una valoración pertinente a tal propósito.

En la investigación reportada por Andreu y García (2014) se documenta la realización de una multitarea mediante trabajo colaborativo por parte de estudiantes universitarios donde se puso el acento en la aplicación del pensamiento crítico como su mejor herramienta metodológica para llevar a buen fin su trabajo. Al finalizar, los participantes ya habían tenido la oportunidad de autoevaluar su propio pensamiento crítico y el de sus compañeros de equipo, en toda la trayectoria de elaboración de la tarea asignada, a través de un diseño propio de criterios acordados, aterrizados en una rúbrica que permitiera comprender los resultados de su investigación. Se analizaron cuantitativamente las puntuaciones otorgadas durante la evaluación de pares y la autoevaluación, y se realizó un análisis cualitativo sobre la experiencia vivida por los participantes. La valía del estudio radica en el proceso socioeducativo vivido por los estudiantes, quienes fueron los propios creadores de los instrumentos de evaluación de desarrollo de su pensamiento crítico.

El sistema educativo tiene entre sus funciones sustantivas la de enseñar a pensar a los discentes, en cada una de sus etapas y momentos, a observar todo lo existente a su alrededor y a que sean capaces de detectar y

resolver problemas. Trabajar en equipo colaborativamente pretende, en la realización de una tarea específica, desarrollar en los discentes la habilidad de reflexionar (críticamente) acerca del proceso y los subprocesos que decidieron seguir para el cumplimiento de la tarea, en tiempo y forma, y sobre los resultados alcanzados (Bordas y Cabrera, citado en Andreu y García, 2014).

Es importante reflexionar si los conceptos de aprendizaje colaborativo y trabajo cooperativo son sinónimos; si no lo son, cuáles son sus diferencias. Según Oxford (1997), en el aprendizaje cooperativo el profesor es el responsable de estructurar el proceso mientras que el estudiante es el responsable durante todo el recorrido. Por su parte, Jacobs, Lee y Ball (1997) argumentan que el aprendizaje colaborativo es menos estructurado, se orienta con preguntas abiertas pero con tareas más complejas que no tienen una respuesta algorítmica, donde el docente no es la figura indiscutible con poder prácticamente ilimitado sino el mediador que propone el escenario más adecuado para la acción áulica. El fin último del aprendizaje colaborativo es formar estudiantes reflexivos, autónomos y capaces de argumentar con asertividad, por lo que este tipo de enseñanza es adecuada para el nivel universitario. Asimismo, no hay que obviar que los docentes requieren ser formados para servir a los propósitos, en este caso, de un aprendizaje orientado por el trabajo colaborativo y su correspondiente evaluación. Más aún, según Ramos y Hoster (2010), el primer paso es formar a los docentes que trabajarán con el modelo para evitar que repitan los defectos de los modelos tradicionales donde persiste la separación entre teoría y práctica, y el segundo es la implementación de la evaluación de las prácticas de enseñanza por parte del estudiantado.

A las prácticas evaluadoras tradicionales. Por parte del profesorado, se han incorporado otras centradas en el alumnado, como principal agente del proceso enseñanza aprendizaje. Esta práctica responde a diversas finalidades: por una parte, desarrollar las competencias básicas de la profesión, y, por otra, someter la adecuación de las asignaturas a la valoración del alumnado (p. 434).

Por su parte, el Tecnológico de Sonora, en su documento *OA diseñado para una resolución de 1024\*768*, argumenta que el trabajo colaborativo aporta al estudiante las siguientes actitudes deseables para el cumplimiento de una tarea:

<sup>1</sup> Las “[...] dos funciones que definen el alcance y constituyen la sustancia del ejercicio profesional en la ingeniería son diagnóstico y diseño” (Reséndiz, 2008, p. 41).

- Se adquiere voluntad para tomar la iniciativa y para aplicar conscientemente el esfuerzo individual.
- Se adquiere respeto por las aportaciones de todos los participantes, valoradas por sus contenidos y no por las personas que las realizan.
- Se asume que la responsabilidad de las acciones efectuadas pertenece a la totalidad del equipo.
- Se adquiere el dominio de las estrategias y las técnicas de comunicación, así como la confianza en el intercambio de puntos de vista y aceptación de ideas.
- Existe un impulso de una sana interdependencia como elemento del equipo con todos los demás integrantes.
- Se adquiere el respeto por la igualdad de oportunidades de participación.
- Se adquiere, en la actitud de liderazgo, una posición democrática.

Además, el trabajo colaborativo beneficia la formación integral de los estudiantes en los siguientes aspectos:

- Incrementa el interés de los estudiantes en la consecución de la tarea.
- Promueve el pensamiento crítico.
- Promueve el intercambio de ideas.
- Promueve el trabajo coordinado.
- Se mejora el logro académico.
- Mejora la autoestima.
- Promueve el aprendizaje por autodescubrimiento.
- Favorece sinergias en la ejecución de trabajos.

¿Por que utilizar el trabajo colaborativo? Vygotsky (1997) asume que las personas son sujetos sociales por naturaleza y que el conocimiento es un producto social; así que, desde su perspectiva, el trabajo en equipo orientado por un profesor es ideal para promover el pensamiento crítico, el cual va más allá de las *funciones mentales inferiores*, es decir, aquéllas con las que se nace y están determinadas genéticamente. La conducta que deriva de estas últimas funciones es limitada, por lo que se pueden hacer como reacción o respuesta al medio ambiente. En cambio, las *funciones mentales superiores* se desarrollan a través del acompañamiento social en la interacción con los otros; además, en una sociedad históricamente determinada, en una cultura concreta, estas funciones se determinan por la forma de ser de la sociedad, es decir, se median culturalmente y se abren a mayores posibilidades en la acción acompañada. Para el filósofo ruso, el conocimiento deviene producto de la interacción social, al actuar con los demás nos hacemos conscientes de nosotros mismos, aprendemos acerca del lenguaje simbólico que nos permite una mirada más compleja

de la realidad vivida. Asimismo, las *habilidades psicológicas* primero se manifiestan socialmente y luego en lo individual, como es el caso del uso de la memoria, la atención y la formulación de conceptos. Todas las funciones psicológicas superiores se originan mediante las relaciones entre seres humanos.

### Metodologías para la evaluación participativa

El uso de metodologías participativas en el ámbito universitario nos permite conjugar un modelo educativo centrado en la interacción y la interrelación del profesorado con el alumnado y viceversa, en la participación del alumnado en el aula, en el aprendizaje de habilidades y aptitudes para el futuro desempeño profesional y, sobre todo, en el desarrollo de una evaluación continua y profunda a través de la cual se estimula la propia responsabilidad del alumnado, aplicando conocimientos de la vida cotidiana para la acción social y educativa. Se corresponde con esta metodología, según Martínez (1995), la evaluación participativa que parte de la premisa de que el aprendizaje no es un producto sino un complicado proceso que se encuentra determinado por las condiciones que en un momento dado imperan en los actores en el salón de clase, en la institución educativa y en el contexto social.

Desde la teoría constructivista, todo aprendizaje se realiza mediante una serie de acciones orientadas a metas claramente definidas. Se trata de acciones simbólicas: analizar, relacionar, generalizar, etcétera; así como la experimentación de sentimientos, valoraciones y formas de relación con el medio social. Una persona aprende y construye su propio conocimiento cuando se plantea dudas, formula hipótesis, retrocede ante ciertos obstáculos, arriba a conclusiones parciales, siente temores ante lo desconocido, manipula objetos, verifica en una práctica sus conclusiones, etc.

De lo anterior, se entiende que la función del profesor en el proceso de enseñanza sea la de orientador y guía, la de coordinador. Su papel no es más sólo el de transmitir contenidos ni el de un sujeto que dicta el deber ser sino que, juntamente con los otros participantes –los estudiantes de manera individual y en grupo–, aprende y enseña. Así, provoca en los estudiantes que el aprendizaje individual o grupal sea cuestionamiento permanente donde surgen conflictos y contradicciones que deben ser confrontados, analizados y resueltos.

Visto así el proceso de enseñanza, se entiende porqué en un contexto institucional bastante rígido haya la necesidad de distinguir a la evaluación de la acreditación. Es importante reconocer que la asignación de un dato aprobatorio es algo inherente a la administración eficientista de la educación, la cual pretende la cuantificación del lo-

gro en el aprendizaje; pero que, en algún modo, resulta una imagen especular en la que se refleja vagamente el aprendizaje del estudiante pues, como ya se dijo, éste es un proceso continuo e interno que no es posible medir, lo más que se puede es tener una aproximación. Además, Álvarez (2007) afirma que frecuentemente se confunde el concepto de evaluación con el de calificación:

Calificar es asignar un valor, puntaje o etiqueta y resumir con ello la información que arroja el proceso educativo. Queda en evidencia que la calificación es una reducción de diferentes situaciones y desempeños del estudiante en el proceso de aprendizaje, y que tiene implicancias para la acreditación y promoción del tránsito educativo (p. 165).

Por su parte, Martínez (1995) destaca que la evaluación debe estar más interesada en el proceso de aprendizaje que en el producto. Es un elemento presente en todo el desarrollo pedagógico, el cual no debe ser de la competencia exclusiva del profesor-coordinador, es responsabilidad de todos, y asume los siguientes rasgos:

- Totalizador, integrador de todo el proceso, no únicamente de una de sus fases.
- Histórico, al retomar para su análisis los momentos por los que pasa el grupo.
- Comprensivo de la situación, no sólo grupal sino institucional.
- Transformador de la práctica educativa y, por lo tanto, impostergable hasta el final.

A la evaluación se le debe entender como un proceso de investigación, de indagación para determinar cómo se va desarrollando el proceso de aprendizaje en el grupo: sus logros, sus tropiezos, la participación de los elementos involucrados, la interacción con el objeto de conocimiento, etcétera.

[...] la evaluación no es un punto final de comprobación sobre datos pasados, sino es un proceso de indagación, de reflexión y de diálogo, y punto de arranque para la acción. En otras palabras, la evaluación es un proceso por el cual se obtiene información sobre el aprendizaje, pero también sobre la enseñanza, ya que no solo muestra como el estudiante construye su conocimiento y sus procesos de aprendizaje sino que, además, ofrecen pistas a los profesores sobre las propias prácticas de enseñanza y evaluación. Una evaluación comprometida promueve la autoevaluación en el profesor y el estudiante para lograr la comprensión de la calidad

del proceso de enseñanza-aprendizaje con vistas a tomar decisiones en el campo de la acción que contribuyan a la mejora de dicho proceso (Caraballo, 2011, pp. 164-165).

Entonces, los instrumentos de evaluación trascienden al tipo de examen convencional, deben ser de carácter más amplio y de diversa índole. Se requiere que abarquen seriamente las discusiones; el análisis, resultado de reuniones plenarias; las observaciones vertidas por los diferentes miembros del grupo, y la autoevaluación. Los elementos a evaluar serían: la participación del coordinador, del estudiante, del grupo; las condiciones en que se concreta el trabajo o tarea; y todos aquellos otros que los participantes determinen, involucrándose, desde luego, los contenidos o los aprendizajes que fueron alcanzados o no, así como las posibles causas. Para este último elemento se considera que es útil trabajar con la didáctica del seminario de investigación, donde la discusión grupal de los temas mejore la presentación y la defensa de trabajos elaborados individualmente o en equipos (trabajo colaborativo), entre otras posibilidades. Esto rescata la dimensión formativa del proceso evaluativo. El proceso debe ser continuo a lo largo de todo el curso, puesto que los elementos para emitir un juicio sobre el desarrollo del aprendizaje se recogen día a día, en el trabajo cotidiano.

Por lo que hace a la acreditación, ésta se refiere a los aprendizajes concretos y básicos de un curso, que son determinados por los participantes y asumidos como compromiso desde el momento de la planeación. Ello implica claridad y precisión en el objeto de aprendizaje. El lograr una adecuada definición de lo que se considerará como acreditable apoya en buena medida a la evaluación de resultados.

De la acreditación también puede elaborarse un plan o puede determinarse, de acuerdo con los contenidos, cuáles serán los instrumentos a utilizar para evidenciar el aprendizaje, o bien, sus productos. Estos serán determinados en función de lo que los participantes consideren más adecuado, al inicio del curso, siendo susceptible de modificarse conforme a la evolución del proceso. Los exámenes a libro abierto, por temas, los trabajos, los ensayos y la elaboración de reportes de investigación, son instrumentos utilizables que además de ser formativos en sí permiten aproximaciones cercanas a la realidad (Martínez, 1995, p. 12).

Esto no elimina por completo la utilización de instrumentos más tradicionales como los exámenes objetivos, aunque en estos casos es recomendable que se utilicen

en combinación con otros medios; es sabido que tienen carácter memorístico y no propician la reflexión del estudiante. En todos los casos, es importante que los estudiantes conozcan con anticipación los temas y los aspectos que serán evaluados, que éstos hayan sido revisados en clase y que integren los distintos aprendizajes logrados.

La asignación de la calificación (requisito administrativo) se hallará en relación directa con los resultados de la evaluación, incluida la acreditación, siendo asignada entonces a partir de la totalidad de los elementos, pero considerando siempre que no es una estimación exacta del aprendizaje, porque escribir 10 o 5 no quiere decir necesariamente que uno sabe todo y el otro la mitad.

No hay que perder de vista que una modalidad participativa de evaluación busca subsanar, por un lado, la verticalidad que en los otros modelos evaluativos existe y, por otro, retoma los procesos de enseñanza y aprendizaje en su conjunto.

### El seminario de investigación y el desarrollo de prototipos y dispositivos en escenarios didácticos emergentes

Los proyectos de envergadura mediana o mayor son responsabilidad generalmente de un equipo de trabajo, constituido por numerosos ingenieros que necesitan trabajar en forma colaborativa, aun cuando son organizados y administrados por un líder cuya obligación principal es abarcar todas las facetas del proyecto.

La práctica como actividad humana, históricamente, se ha considerado desde distintos ángulos de comprensión: como meramente el hacer del hombre, cuya sustancia radica en sí misma (*homo faber*); como técnica, poder y arte de manipular cosas y personas (*homo técnico*); y como aplicación de la teoría, con lo cual no se introduce ninguna novedad que ya no esté contemplada en aquélla. Pero, para Kosík (1967), la práctica es,

[...] en su esencia y generalidad, la revelación del secreto del hombre como ser onto-creador, como ser que crea la realidad (humano-social), y comprende y explica por ello la realidad (humana y no humana, la realidad en su totalidad). La praxis del hombre no es una actividad práctica opuesta a la teoría, sino que es la determinación de la existencia humana como transformación de la realidad.

La práctica es activa y produce históricamente —es decir, continuamente renueva y constituye prácticamente— la unidad del hombre y del mundo, de la materia y del espíritu, del sujeto y del objeto, del producto y de la productividad. Por cuanto que la realidad humano-social es creada por la praxis, la historia se presenta como un proceso prácti-

co, en el curso del cual lo humano se distingue de lo no humano; o sea, lo que es humano o no humano no se encuentra ya predeterminado, sino que se determinan en la historia a través de una diferenciación práctica, ordenada a la praxis, condición de toda transformación posible del mundo (p. 240).

En esta lógica cognitiva, la tarea del docente, además de la organización y la administración de la enseñanza de los contenidos programáticos del curso, deberá ser la realización del seguimiento del trabajo colaborativo en la elaboración del prototipo. Dado que esto implica cierto nivel de investigación, se sugiere que el docente maneje prácticas pedagógicas formativas como la figura didáctica del seminario, puesto que ordena el encuentro de iguales donde no se establecen relaciones jerárquicas rígidas sino más bien flexibles y dinámicas, donde se genera una dinámica en la cual todos como individuos aportan a la tarea común y todos recogen los beneficios de la acción colectiva.

Además, el proceso de aprendizaje en el seminario da vida al concepto de Vygotsky que llamó *zona de desarrollo próximo*, que se entiende como: la distancia entre el nivel real de desarrollo de un estudiante, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un profesor o en colaboración con un compañero más capaz.

Por otra parte, la elección correcta del tema del seminario asegura el éxito de éste. Supone que el haber seleccionado relacionar el contenido de la asignatura con la construcción de prototipos de dispositivos de ingeniería potencia la preparación y la motivación del estudiante. Sin embargo, no se pone en juego sólo el contenido de una asignatura, el prototipo en sí mismo y de manera natural cruza diversas y diferentes fuentes disciplinarias en su elaboración y discusión, de ahí que la transdisciplinariedad juegue un papel fundamental en el desarrollo de la formación creativa e investigativa del ejercicio, pues es ella quien articula las diferentes miradas de las disciplinas convocadas en el desarrollo del dispositivo a crear.

El desarrollo del dispositivo de ingeniería genera un marco necesario de diversas didácticas que oscilan entre lo colaborativo y lo individual, que hoy puede incluir una cadena digital que va desde el trabajo anticipado y asíncrono del estudiante, semejante al que se desarrolla en el *aula invertida* (*flipped classroom*). Así, en el espacio áulico *in situ* se genera una dinámica colectiva de intercambio de ideas, de comunicación y de búsqueda de solución al proyecto de aprendizaje. La actividad de aprendizaje presume que los momentos del aula tradicio-

nal, donde el profesor explica y después los estudiantes realizan una serie de actividades para reforzar la adquisición de la información, son colocados en sentido inverso, lo que implica que el estudiante previamente indaga, busca información, consulta procesos, compara, pregunta, se informa, comparte lo hallado con sus compañeros. Este momento también puede dejar constancia del trabajo colaborativo ya que a través del uso de repositorios se guarda información y se comparte con otros, colocándola al alcance de todos los miembros del grupo; así, la información no sólo se socializa sino que es puesta para su transformación ya que al estar situada en espacios cibernéticos se vuelve objeto de interacción. De este modo, como Merla y Yáñez (2016) proponen:

[...] el aprendizaje se inicia fuera de la escuela cuando los alumnos acceden al contenido correspondiente a determinada asignatura de acuerdo con sus propias necesidades en cuanto al ritmo, el estilo de aprendizaje y a las formas en que tiene que demostrar sus conocimientos (p. 74).

En consecuencia, el análisis y la reflexión de la información ocurren fuera del aula y el estudiante construye su propio aprendizaje mediante este proceso de aproximación teórica a la realidad situada. Durante este proceso, el objetivo del acompañamiento didáctico del docente consiste, precisamente, en orientar los eventos cognitivos de las habilidades de pensamiento para que el estudiante reflexione e interprete la información en función de la realidad concreta que lo inquiera.

De este modo, la formación en la educación superior puede atender las necesidades personales y de la sociedad, al mismo tiempo que ofrecería los elementos para el despliegue de las competencias necesarias para la inserción del estudiante en el mercado laboral, ya que a decir de Davies, Fidler y Gorbis (2011), quienes buscaron establecer las estrategias precisas para la vinculación del sector educativo hacia la cuarta revolución industrial y el desarrollo social, los estados y su base educativa, así como el sector empresarial, habrán de poner especial énfasis en: **a)** El desarrollo de competencias tales como pensamiento crítico, comprensión y capacidades de análisis; **b)** Integrar la alfabetización de los nuevos medios (de comunicación) en los programas educativos; **c)** Incluir el aprendizaje en la práctica, que favorece el desarrollo de competencias interpersonales como la colaboración, el trabajo en equipo, la lectura de claves sociales y respuestas adaptativas; **d)** Ampliar la base de aprendizaje más allá de la adolescencia y juventud, hasta completarse en la edad adulta; e **e)** Integrar la capacitación interdisciplinaria que permite a los es-

tudiantes desarrollar competencias y conocimientos en variedad de temas (p. 13).

Se espera que esta apuesta de enseñanza mediante la técnica pedagógica del seminario ayude a los estudiantes a trabajar de forma aproximada a como se trabaja en el mundo laboral; a enfrentar los problemas de la forma como se resuelven hoy; los acerque a las formas que hoy se utilizan en la sociedad para tratar y procesar la información, y los prepare para el mundo del trabajo, del mismo modo que para el mundo social al desarrollar habilidades para comunicarse con los otros.

Además, la guía y el acompañamiento del docente se objetiva en los seminarios con las siguientes tareas: diseño y administración del plan de trabajo, orientación inmediata y pertinente al estudiante, al igual que provocando el debate, auxiliando en sintetizar las conclusiones y participando en el asesoramiento.

### Las habilidades de diagnóstico y diseño

Ya se comentó que las habilidades de pensamiento crítico esenciales del trabajo de ingeniería son el diagnóstico y el diseño, pero es momento de ampliar el tema, es decir, establecer, a su vez, las habilidades necesarias para realizar un buen diagnóstico y diseño. Primero, conforme con Reséndiz (2008), el “diagnóstico en ingeniería se apoya en conocimientos tanto científicos como empíricos y tiene por finalidad establecer la relación que en el problema planteado existe entre causas y efectos” (p. 45).

Los procesos intelectuales más trascendentes requeridos por el diagnóstico, según Reséndiz (2008), son:

- **Conceptualización del problema.** Se trata de inferir qué teorías generales tienen mayores posibilidades de ser aplicables para poder explicar lo observado.
- **Validación.** Se ensaya la aplicación de las teorías generales, identificadas en el punto anterior, para determinar en forma deductiva cuál o cuáles de ellas permiten precisar con mayor fidelidad cuantitativa los procesos causa-efecto que se investigan.

En suma, con el proceso de diagnóstico se alcanza, en la primera etapa, una comprensión provisional del problema, imputándole ser resultado de causas plausibles. En la segunda etapa, se procede a probar si la teoría o teorías identificadas en la etapa previa son o no capaces de predecir, de forma cuantitativa, los efectos observados.

Por otra parte, el diseño, conceptualmente, es un acto esencialmente creativo donde el ingeniero concibe, de una sola vez e integralmente, una solución aproximada de carácter cualitativo al problema diagnosticado.

En dicho acto el ingeniero articula mentalmente una propuesta sintética denominada diseño conceptual. Por ser un acto de creación, tal propuesta es subjetiva por excelencia, aunque a diferencia de una obra de arte, el diseño conceptual está sujeto a una fuerte restricción racional, pues debe ser consecuente con el diagnóstico al que responde (Re-séndiz, 2008, p. 64).

De este modo, la evaluación del desarrollo de las habilidades del pensamiento crítico que requieren los ingenieros para alcanzar una mejor formación profesional deberá estar orientada al desarrollo de la comprensión, a la aplicación de un problema concreto de diseño y a la construcción de una solución mediante la elaboración de prototipos o dispositivos ingenieriles, así como realizar la explicación teórica de los principios epistémicos que lo sustenten.

#### El papel del docente en la educación 4.0

Al considerar las tareas descritas previamente no es difícil llegar a la conclusión de que el docente en este escenario requiere, primero, tener la voluntad para poder romper con las formas de relación educativas tradicionales a fin de colocar la enseñanza en torno del aprendizaje, valorando el *aprender haciendo* como premisa fundamental en la que la tarea del estudiante no es sólo asumir la teoría sino vincularla a la solución de problemas prácticos, de modo que, en este proceso, el docente destaca su faceta de guía, orientador, tutor, acompañante, facilitador y promotor del cambio de sentido en el acto educativo.

El docente dispuesto a abordar la educación 4.0 precisará iniciarse como co-aprendiz en el universo virtual de los nativos digitales y hacerse de las herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para convertirlas en tecnologías promotoras del aprendizaje y de la divulgación del conocimiento. Necesitará crear verdaderos campos virtuales para la comunicación, foros temáticos, conversatorios, plataformas digitales interactivas, *blogs*, simuladores, etcétera; necesitará hacer de la didáctica un acto impregnado de plasticidad digital y multidimensional que definitivamente promueva las competencias profesionales que permitan atender las causas y las consecuencias en los escenarios reales; necesitará pasar de la realidad de los contenidos disciplinares a la realidad concreta, y necesitará promover el desarrollo del potencial cognitivo individual al mismo tiempo que coordinar el trabajo en redes de manera síncrona y asíncrona.

Se trata de un aprendizaje en movimiento, con conexión permanente con el mundo y con la humanidad, que

se caracteriza por la plasticidad, la autonomía y, al mismo tiempo, el vínculo con el otro en un universo social. El docente, por lo tanto, habrá de desarrollar las competencias propias que le permitan orientar los recursos didácticos hacia el aprendizaje dual, vinculado al campo productivo, donde el estudiante pueda poner a prueba sus habilidades de liderazgo, de gestión de personal, de resolución de problemas, pero también de comunicación y de disposición para el trabajo colaborativo en el intercambio de ideas y experiencias vis a vis. De igual forma, el docente necesitará desenvolverse en las comunidades virtuales a través de los recursos en línea donde los estudiantes puedan poner a prueba sus habilidades, como la inteligencia emocional o la empatía, de tal suerte que para el docente su trabajo educativo tendrá que participar de su propio proceso transversal de aprendizaje en los nuevos entornos digitales, mediante programas *e-learning* e incorporar los procesos de desarrollo de su potencial digital, adaptándose a los mecanismos del trabajo multi- e interdisciplinario. Sólo de esta manera el docente se encontrará en posición de facilitar y dar aliento a esta nueva forma de trabajo académico y educativo.

En consecuencia, será necesario rediseñar el programa de formación y actualización del personal docente, de manera que se logre contar con un profesorado que, simultáneamente, se considere también en su papel de facilitador de experiencias de aprendizaje y no únicamente como transmisor de información; actualizado en los contenidos de la profesión o disciplina que cultiva y claramente ligado con su entorno, pero teniendo los elementos didácticos y el conocimiento en el uso de herramientas de información y comunicación para construir espacios de aprendizaje en su relación con los estudiantes. Para jugar ese nuevo papel, los profesores deberán realizar nuevas actividades: utilizar la investigación y la solución de problemas como estrategias de formación; definir y utilizar vías diversas para fomentar la creatividad, la capacidad emprendedora y el desarrollo de habilidades, destrezas y valores, y la identificación de manera plena con los principios politécnicos (IPN, 2004, pp. 106-107).

En este sentido, la labor del docente es estructurar el andamiaje lógico-cognitivo pertinente para el desarrollo del aprendizaje personal y verdaderamente significativo, que le permita al estudiante relacionar, conjeturar, valorar, comunicar, proponer y explicar analíticamente el funcionamiento del dispositivo frente a la realidad a la que busca ofrecer una respuesta, al mismo tiempo que

los estudiantes logran consolidar, profundizar, discutir, integrar y generalizar los contenidos programáticos de la asignatura y aprenden la resolución de problemas mediante los métodos propios de cierta rama del saber y de su comprobación empírica, en este caso, con la construcción de un dispositivo mecánico y su buen funcionamiento.

## Conclusiones

El mundo, como lo conocimos las generaciones adultas, ha cambiado; los procesos tanto de interacción social como de producción económica hoy demandan a nivel mundial ratificar su carácter autónomo mediante el diseño de sistemas innovadores de producción consolidados a partir de las inteligencias artificiales. Las tecnologías asumen fehacientemente su lugar en la manufacturación (la robótica, la automatización y la producción en serie), en la flexibilización de sus procesos y en su integración. Sin duda, la manufactura inteligente, en la que se sustenta la industria 4.0, impacta directa y profundamente el quehacer tradicional de la escuela, sobre todo, en aquellos campos de la educación de las ingenierías, como es el caso de la oferta educativa del IPN. Los nuevos entornos tecnológicos demandan explorar diferentes formas de respuesta de la oferta educativa del Instituto, así como de los procesos formativos internos que se traducen en la consolidación de la formación y el ejercicio profesional de los ingenieros egresados de nuestras Unidades Académicas.

## Semblanzas

**Elsa González Paredes** se desempeña como directora de División de la Dirección de Educación Superior del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y es profesora de carrera del mismo Instituto. Además, es doctora en Ciencias Sociales por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Xochimilco y doctora en Antropología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH). Ha sido reconocida como miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Es autora de varios libros que versan sobre temas sociales. Es diseñadora de programas de estudio para la Secretaría de Educación Pública (SEP) y del modelo educativo de la UAM Lerma. Y cuenta con una trayectoria docente de 30 años en licenciatura y posgrado en el IPN y en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

**Gumersindo Vera Hernández** es historiador por la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH). Actualmente, es profesor de la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Además, es miembro de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología (SMHCT) y de la Sociedad Mexicana de Computación en la Educación (SOMECE). Fue fundador de la revista *Navegando*, revista de cultura, ciencia y política; al igual que coordinador general del proyecto: *Los historiadores y la historia para el siglo XXI*, y ha escrito diversos artículos sobre historia, ciencia y tecnología.

## Referencias

- Álvarez, J. M. (2007). Evaluación: entre la simplificación técnica y la práctica crítica. *Novedades Educativas*, (195), 8-10.
- Andreu, M., y García, M. (2014). Evaluación del pensamiento crítico en el trabajo de grupo. *Revista de Investigación Educativa*, 32(1), 203-222.
- Ausubel., D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Ciudad de México: Trillas.
- Caraballo, M. (2011). La evaluación como proceso auto-reflexivo de la enseñanza-aprendizaje. *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*, 16, 164-166.
- Davies, A., Fidler, D., y Gorbis, M. (2011). *Future works skills 2020* (Informe No. SR-1382A). California, EUA: Universidad de Phoenix.
- Espinach, M. (2018). Competencias laborales y tecnológicas requeridas en distintas carreras de administración de empresas. *Innovaciones Educativas*, 20(28), 66-80.
- Galindo, F., Ruiz, S., y Ruiz, F. (2017). Competencias digitales ante la irrupción de la Cuarta Revolución Industrial. *Estudos em Comunicação*, 1(25). doi: 10.20287/ec.n25.v1.a01

Instituto Politécnico Nacional (2004). *Un nuevo modelo educativo para el IPN*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.

Jacobs, G. M., Lee, G. S., y Ball, J. (1997). *Cooperative learning: a sourcebook of lesson plans for teacher education*. California, EUA: Kagan Cooperative Learning.

Kosik, K. (1967). *Dialéctica de lo concreto*. Ciudad de México: Grijalbo.

Martínez, S. G. (1995). Tres propuestas para evaluar el aprendizaje. *Sinéctica*, (6). Recuperado de <https://sinectica.iteso.mx/index.php/SINECTICA/issue/view/9>

Merla, A. E., y Yáñez, C. G. (2016). El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico. *Revista mexicana de bachillerato a distancia*, 8(16), 68-78.

Oxford, R. (1997). *Language learning strategies: what every teacher should know*. New York, USA: Newbury House.

Ramos, M., y Hoster, B. (Febrero, 2010). El desarrollo del pensamiento crítico por medio de la evaluación. Trabajo presentado en el *II Congreso Internacional de Didácticas*. Girona, España.

Reséndiz, D. (2008). *El rompecabezas de la ingeniería: por qué y cómo se transforma el mundo*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Villa, A., y Poblete, M. (Directores). (2007). *Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. Bilbao, España: Ediciones Mensajero.

Vygotsky, L. S. (1997). Interaction between learning and development. En M. Gauvain y M. Cole (eds.), *Readings on the development of children* (pp. 29-36). Nueva York, EUA: W. H. Freeman and Company.



# 9º Encuentro de Formación y Profesionalización Docente:

Noemí Mirza Ramírez García  
Ricardo Moisés Domínguez Navarro

Dirección de Formación e Innovación Educativa, Instituto Politécnico Nacional

La Secretaría Académica del Instituto Politécnico Nacional (IPN), a través de la Dirección de Formación e Innovación Educativa (DFIE) –antes Coordinación General de Formación e Innovación Educativa (CGFIE)–, ha impulsado, desde hace nueve años, una estrategia de formación, la cual es un evento masivo denominado Encuentro Politécnico de Formación y Profesionalización Docente, éste constituye un espacio donde docentes reflexionan sobre sus saberes y su práctica, dentro y fuera del aula, a partir del intercambio de experiencias con expertos, así como con sus pares, de modo que la socialización se convierte en pieza clave para que se conozcan innovaciones y tendencias actuales de la práctica docente. De esta manera, el análisis sobre las preocupaciones, los retos, las estrategias y las fortalezas de la docencia politécnica son el sello distintivo del evento. Desde 2011 este evento ha contribuido a que los docentes reafirmen, transformen e innoven su práctica.

Cada edición del evento se encuentra guiada por un propósito general y por una serie de ejes temáticos sobre los cuales se vinculan una serie de actividades, como son: conferencias magistrales, mesas redondas y de trabajo, paneles, talleres, exposición de carteles y muestras de experiencias. El encuentro es un evento para los docentes del IPN, sin embargo, el intercambio de experiencias se ha visto enriquecido por la *expertise* e interés de docentes de otras universidades y de otros países, fortaleciendo aún más la mirada académica sobre las tendencias en la práctica docente.

En la última edición del evento el tema de inspiración para su realización fue el impacto que ejerce la cuarta revolución industrial en la práctica de los docentes y en la formación de los futuros egresados. El encuentro se llevó a cabo del 19 al 20 de noviembre de 2019 y su propósito fue coadyuvar al desarrollo de un nuevo talento en el docente politécnico, acorde con una educación 4.0.



Figura 1. Identidad gráfica del 9º Encuentro Politécnico de Formación y Profesionalización Docente  
Fuente: Dirección de Formación e Innovación Educativa

Durante dos días más de 200 participantes reflexionaron sobre los elementos y los cambios que el docente necesita considerar dentro de su práctica para poder desarrollar el talento 4.0 en el estudiantado, es decir, para que los estudiantes desarrollen las competencias y las habilidades que demanda la cuarta revolución industrial. Las reflexiones vertidas en las actividades giraron en torno a tres ejes de análisis: 1) La generación del talento docente como una necesidad para alcanzar una educación 4.0, 2) La relación de la industria con la formación profesional de los estudiantes y 3) La práctica docente como una experiencia tangible en la transformación del Instituto hacia una educación 4.0.

En relación con el primer eje, se compartieron diferentes puntos de vista a través de conferencias magistrales y la presentación del libro *Glosario de la docencia y la educación 4.0* sobre los requerimientos de la educación 4.0 en relación con las destrezas que necesita el docente; el desarrollo de habilidades digitales y blandas dentro de las clases, y las correspondientes necesidades de formación docente. Gracias al intercambio de opiniones entre ponentes y participantes se logró identificar que el uso de la tecnología es un insumo necesario para la implementación de las clases; en este sentido, el conectivismo apoya a las comunidades estudiantiles a tener acceso a la información y la tarea del docente es orientar al estudiante para que logre comprender, analizar y reconstruir la información que se presenta en la red ya que el ambiente de aprendizaje necesita seguir siendo construido por el docente, aun cuando la unidad de aprendizaje se imparta en línea. De igual forma, se señaló que los desafíos docentes para lograr la educación 4.0 son

el cambio de paradigma educativo en donde el estudiante necesita ser más gestor de su aprendizaje, además del desafío institucional de acercar más al docente al uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Por otro lado, se resaltó la importancia de la vinculación con el sector productivo, la cual es una oportunidad para que los estudiantes resuelvan problemas reales del entorno laboral y desarrollen habilidades blandas; estas últimas son una tarea fundamental para el docente (impulsar el desarrollo del liderazgo, al igual que el de la creatividad, y el análisis crítico y analítico en los estudiantes) con el objetivo de alcanzar los propósitos de la educación 4.0.

Uno de los puntos de análisis más representativos en el Encuentro fue sobre la relación de la industria con la formación profesional de los estudiantes, dentro de este eje reflexivo los participantes escucharon de voz de los ponentes de las mesas redondas su perspectiva sobre cuatro puntos: el primero, las tendencias de la industria 4.0 según el sector industrial o productivo; el segundo, la necesidad de que el docente se mantenga actualizado en el área del conocimiento en la que imparte clases; el tercero, las estrategias para alinear la formación profesional a los requerimientos de la industria 4.0 bajo el enfoque de la educación 4.0; y, el último, sobre las ventajas y las desventajas de la vinculación escuela e industria. La interacción entre participantes y ponentes permitió identificar que parte de los requerimientos de la industria son la formación del estudiantado en la competencia del idioma inglés y el fortalecimiento de sus habilidades blandas; como parte de las estrategias para atender estos requerimientos se encuentra el impulso de acciones de aprendizaje fuera del entorno áulico.

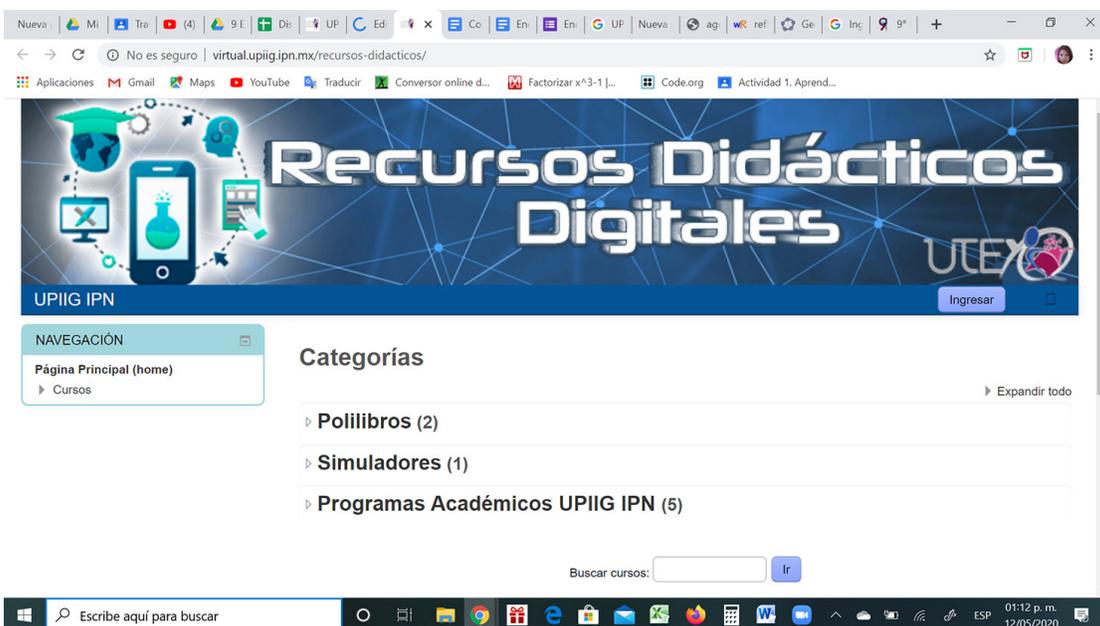


Figura 2. Experiencia docente titulada: *Acompañamiento al docente en la generación de Recursos Didácticos Digitales*  
Fuente: Josué Jacob Oregel Picón

Un ejemplo de este tipo de estrategias son las experiencias de la profesora Refugia Pérez Sánchez de la Unidad Politécnica Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) del IPN, ella compartió con la audiencia sus habilidades para generar redes de colaboración con el sector productivo, las cuales le han permitido que sus estudiantes tengan acceso a tecnología que no existe en su Unidad Académica y, con esto, ha fortalecido la formación disciplinar de los estudiantes conforme a los avances tecnológicos.

Otro ejemplo que se presentó fue el del profesor Irving Eleazar Pérez Montes del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 9 “Juan de Dios Bátiz”, quien externó las bondades de dejar que los estudiantes desarrollen su creatividad e interés por ciertos temas a través de la realización de proyectos innovadores. En su experiencia, él impulsó a un grupo de estudiantes con interés en robótica a formar un club dentro de su Unidad Académica, este tipo de acciones fomenta el ingenio, el interés y el entusiasmo de los estudiantes, además de ayudar a desarrollar habilidades que requiere la industria 4.0; los logros de este club de robótica traspasaron las fronteras nacionales e internacionales, sin embargo, el mayor logro, desde la visión del profesor, fue el fortalecimiento de la seguridad de los estudiantes en sus propias capacidades y su liderazgo, así como la suficiencia para resolver problemas y aprender ante el fracaso. En este punto, el profesor Irving Eleazar y el club de robótica que coordina en el CECYT No. 9 “Juan de Dios Bátiz” son un ejemplo de cómo las barreras económicas y contextuales no son impedimento para desarrollar el talento de los estudiantes, mismo que incluso ha sido reconocido en otros países.

Las estrategias de ambos docentes, sin duda, sirvieron de ejemplo y de inspiración a los participantes en el encuentro, pues mostraron lo que puede llegar a hacer el docente para transformar su práctica y así poder alcanzar los propósitos de la educación 4.0.

En el último eje de discusión del encuentro, titulado: *La práctica docente como una experiencia tangible en la transformación del Instituto hacia una educación 4.0*, los participantes pudieron conocer otras historias sobre prácticas docentes ajustadas a entornos en transformación que requieren de la educación 4.0. En total, se presentaron 14 experiencias docentes, éstas son un ejemplo de cómo el esfuerzo individual o colectivo de los docentes permite crear espacios de aprendizaje, recursos o estrategias que impulsan el desarrollo del talento 4.0 de los estudiantes.

Así, las experiencias docentes compartidas favorecieron el intercambio de ideas sobre las dificultades, los retos, los beneficios y los alcances obtenidos al implementar estrategias de aprendizaje vinculadas con la educación 4.0. También, se presentaron experiencias vinculadas con temas de: gamificación, *storytelling*, simulación, realidad aumentada y virtual, *e-learning*, *b-learning*, *software* educativo, *apps* educativas y robótica educativa. Dentro de estos temas resaltaron los trabajos sobre la generación de ambientes virtuales de aprendizaje a través de plataformas educativas como *Google Classroom*; la creación de recursos didácticos digitales, como son los polilibros y *blogs*; y estrategias didácticas para impulsar el talento docente. En este último rubro se presentaron proyectos sostenibles, multidisciplinarios,

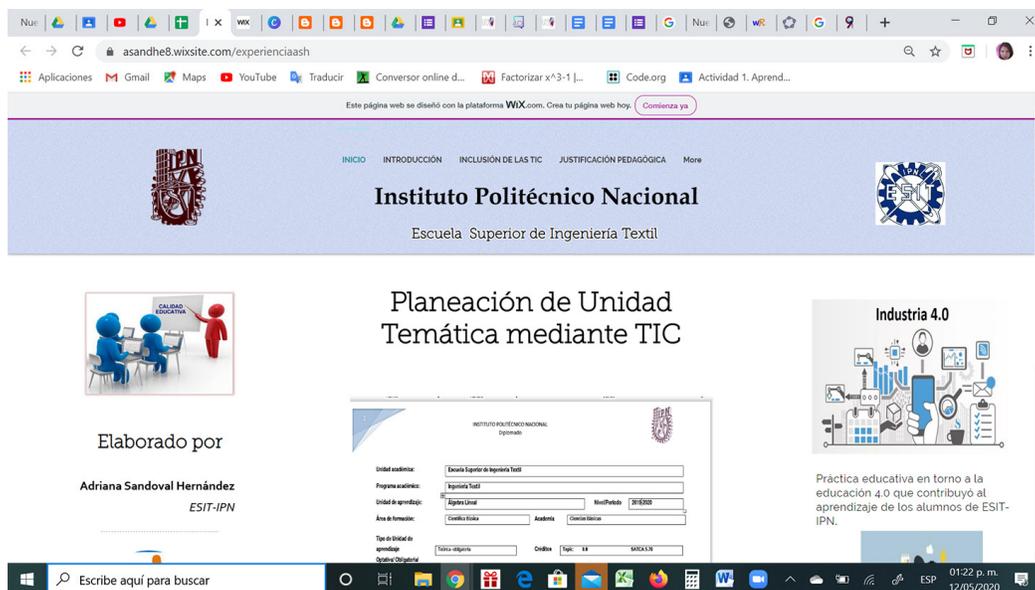


Figura 3. Experiencia docente titulada: *Aplicación de la estrategia didáctica para el aprendizaje en la materia de Física Clásica en la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional*  
Fuente: Adriana Sandoval Hernández, Gustavo González Naveda y José Luis Perea Pérez

rúbricas socioformativas para la evaluación de la gestión del conocimiento y tecnología creada para impulsar la inclusión de personas débiles visuales.

El 9º Encuentro de Formación y Profesionalización Docente fue un evento fructífero por el análisis vertido en esos dos días sobre las implicaciones del desarrollo del talento 4.0, tanto para los estudiantes como para los propios docentes. Las reflexiones permitieron reconocer la necesidad de estimular el desarrollo en los estudiantes respecto de la capacidad de resolver problemas dentro del entorno laboral a partir del fomento de habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y la capacidad del estudiante para auto-aprender; además, el dominio del idioma inglés es hoy una competencia necesaria, al igual que el acercamiento del estudiante con la industria desde el momento en que se encuentra estudiando la carrera. Por otra parte, el uso de las tecnologías se ha vuelto un elemento característico de la práctica docente; en este sentido, fomentar el talento docente implica la formación docente en habilidades digitales y para su uso adecuado en la generación de verdaderos ambientes de aprendizaje, incluso cuando las unidades de aprendizaje sean a distancia.

De igual forma, es necesario que el docente desarrolle estrategias de colaboración y vinculación con los sectores industriales y productivos, así como estrategias para impulsar el aprendizaje activo y autogestivo en los estudiantes. Otro tema que se abordó como elemento importante en el desarrollo del talento y la educación 4.0 fue la sustentabilidad, tanto como necesidad formativa para el estudiantado como una estrategia de implementación dentro de los entornos educativos ya que atender los requerimientos de la industria implica también aprender a mantener una relación armónica con el medio ambiente.

Algo que vale la pena resaltar es que este evento brindó la oportunidad de conocer las experiencias de los docentes politécnicos que están incursionando en un tipo de educación que se apega a las necesidades de la industria 4.0; este espacio permitió palpar que en el IPN ya existen prácticas docentes que fomentan el desarrollo de talento 4.0. Como estos ejemplos seguro existen muchos más y es importante seguir socializando este tipo de experiencias para que los docentes que aún tienen una enseñanza más tradicional se motiven a implementar cambios orientados al desarrollo del talento 4.0.

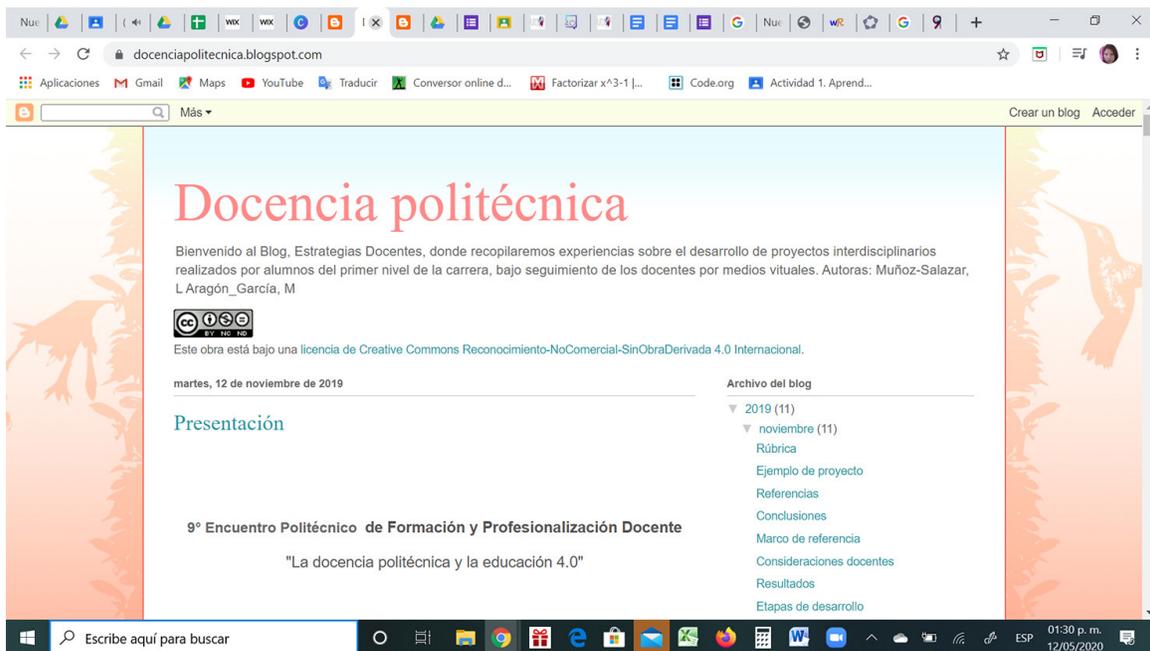


Figura 4. Experiencia docente titulada: *Desarrollo de habilidades docentes a través de proyectos sostenibles interdisciplinarios*

Fuente: Laura Muñoz Salazar y Maribel Aragón García

## Semblanzas

**Noemí Mirza Ramírez García** es licenciada en Psicología Social, egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Iztapalapa, y maestra en Psicología con residencia en evaluación educativa por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 2018 es jefa del Departamento de Evaluación y Seguimiento de las Prácticas Docentes en la Dirección de Formación e Innovación Educativa; asimismo, ha colaborado en diferentes proyectos educativos con el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL) y el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). Además, participó en el libro colectivo *La psicologización del trabajo profesional*, con el capítulo: *El trabajo con jóvenes desde la psicología social*, publicado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Nivel Superior (ANUIES).

**Ricardo Moisés Domínguez Navarro** es licenciado en Psicología, con conocimiento en diseño organizacional, evaluación del aprendizaje, manejo de grupos y uso de plataformas educativas digitales. Dentro de su experiencia laboral destaca su participación en proyectos de publicidad, donde ha llevado a cabo redacción de artículos, diseño de imagen, de audio y video para la empresa TechaTe – Marketing Digital. Así mismo, incursionó como productor de radio y con el manejo de redes sociales y posproducción de programas para el proyecto Radio MX. Del mismo modo, se ha desarrollado en otras instituciones como MK Dreammakers y Cotton Incorporated, efectuando labores de diseño y coordinación de talleres. Y en la entonces Coordinación General de Formación e Innovación Educativa (CGFIE) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) realizó su servicio social, apoyando en el diseño de instrumentos y propuestas de evaluación.



# La importancia de las matemáticas para los técnicos en sistemas automotrices: una experiencia de tesis

*María Patricia Colín Uribe  
Celia Araceli Islas Salomón*

Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 8 “Narciso Bassols García”, Instituto Politécnico Nacional

## La enseñanza de las matemáticas en el nivel medio superior

El aprendizaje de las matemáticas con jóvenes estudiantes de educación media superior no es solamente un requisito curricular sino que proporciona habilidades necesarias para el entendimiento y las interacciones laborales en las sociedades contemporáneas. El desarrollo de las habilidades matemáticas permite que los estudiantes respondan a situaciones de la vida que involucran aplicaciones prácticas de las matemáticas en cierto contexto donde adquieren significado.

El cultivo de habilidades matemáticas tiene por objetivo conectar las experiencias teóricas dentro del salón de clases con los problemas que se presentan en cierto contexto en la vida cotidiana. Un estudiante que ha desarrollado habilidades matemáticas tiene la capacidad de formular, utilizar e interpretar las matemáticas en una variedad de contextos; lo que incluye razonar de manera matemática y utilizar conceptos, procedimientos, hechos y herramientas matemáticas para describir, explicar y pronosticar fenómenos (*Organisation for Economic Co-operation and Development* [OECD], 2013, p. 25).

Pero, no es tan sencillo desarrollar estas habilidades puesto que, en nuestro tiempo, la enseñanza de las matemáticas está fragmentada, es decir, se aprende de manera desarticulada de las demás disciplinas, lo cual propicia que los estudiantes no encuentren sentido a su aprendizaje. Lo anterior lo podemos observar cuando en el salón de clases surgen preguntas como: ¿por qué vamos a estudiar este tema?, ¿para qué nos va a servir?, ¿dónde lo vamos a utilizar?, etcétera. Estas preguntas muestran que no se le ve sentido a las matemáticas en la vida escolar ni en la cotidiana. Además, en algunas ocasiones, los maestros de matemáticas de bachillerato argumentan

que lo que se está pretendiendo aprender se usará o será útil en tal o cual tema de los futuros estudios o en la vida profesional, sin aclarar específicamente cómo ni cuándo, o que así está establecido en el programa de estudios y se tienen que cubrir. Entonces, para muchos estudiantes de bachillerato no es claro que las matemáticas brinden elementos y herramientas que pudieran ser útiles en cursos específicos de sus futuros estudios profesionales.

Sin embargo, el aprendizaje de las matemáticas proporciona un lenguaje que permite desarrollar capacidades analíticas que son fundamentales en el proceso de resolución de problemas. El lenguaje matemático ayuda a expresar en forma eficiente el tratamiento de un problema, su diagnóstico y su solución. Cuando se aprende matemáticas se desarrolla la capacidad de traducir un problema de la vida real al lenguaje matemático (siempre y cuando éste pueda ser matematizado) y de producir la solución matemática del mismo.

Por estas razones, nos propusimos mostrar la importancia de las matemáticas en la carrera de Técnico en Sistemas Automotrices (TSA) como una herramienta útil para la solución de problemas concretos del área. Como no podíamos abarcar todas las aplicaciones de las matemáticas en el área automotriz nos centramos únicamente en el uso de gráficos y de tablas. En el área de formación de los TSA, al resolver problemas que involucran gráficos y tablas, los estudiantes pueden desarrollar la capacidad de buscar, analizar, procesar, representar y comunicar diferentes tipos de información, decodificando y traduciendo la información contenida en gráficos a tablas, y viceversa, con el fin de interpretar fenómenos vinculados con la mecánica automotriz. En consecuencia, nos propusimos proponer técnicas que

faciliten la interpretación de datos que se pueden llegar a presentar en determinados problemas dentro de un taller automotriz y la resolución de éstos mediante el uso de gráficas y tablas, que son recursos gráficos que permiten con mayor eficiencia organizar e interpretar datos para la resolución de tales problemáticas.

### **Habilidades matemáticas a desarrollar por un técnico en sistemas automotrices**

La capacidad de operar con lenguaje matemático permite fortalecer las capacidades de pensar ordenadamente, razonar, argumentar, comunicarse con otros códigos, modelar situaciones problemáticas, interpretar el lenguaje formal y simbólico, así como resolver problemas.

En el ambiente laboral se presentan situaciones problemáticas más concretas que las que se trabajan en algunas escuelas, éstas deben plantearse de tal manera que su solución sea rápida y eficaz. Para obtener soluciones pertinentes de algunos problemas se necesita ser hábil en:

- Buscar, analizar y seleccionar datos disponibles o inferidos.
- Organizar los datos, transformándolos en información.
- Formular hipótesis que permitan traducir al lenguaje matemático el problema que se resuelve.
- Establecer razonamientos y relaciones que hagan posible diagnosticar o reformular el problema.
- Establecer relaciones matemáticas que permitan orientar las decisiones sobre la mejor forma de resolver el problema.

Las matemáticas se basan en un lenguaje que, al aprenderlo, favorece el desarrollo de capacidades analíticas, de síntesis y formulación de modelos; por esta razón, es considerada una de las ciencias fundamentales en el desarrollo de los procesos de resolución de problemas. El estudiante que tiene competencias en matemáticas es aquel que ha desarrollado capacidades que le permiten plantear, formular, resolver e interpretar problemas mediante el empleo de elementos fundamentales del lenguaje matemático: términos, signos, símbolos, relaciones y procedimientos.

Por otra parte, este texto se basó en un trabajo de tesis cuyo objetivo general fue determinar cómo las matemáticas son utilizadas como herramienta para resolver problemas del área automotriz en el nivel medio superior del Instituto Politécnico Nacional (IPN): el caso de los gráficos y las tablas. Para lograrlo, establecimos dos objetivos particulares:

- Seleccionar problemas del área automotriz en donde sea necesaria la interpretación de gráficos (figuras, cuerpos, gráficos cartesianos) y tablas que faciliten el proceso de la organización de datos.
- Mostrar la solución de dichos problemas, utilizando métodos matemáticos que sean adecuados al tipo de problemática que se esté presentando en el área automotriz.

Este trabajo de tesis lleva por título: *La importancia de las matemáticas en la carrera de técnico en sistemas automotrices: el uso de gráficos y tablas*, fue elaborado por Josué Alan Zamudio Gutiérrez y dirigido por María Patricia Colín Uribe y Celia Araceli Islas Salomón. A continuación, se presenta una descripción del contenido de las principales secciones que conforman este trabajo.

### **Marco contextual**

En esta sección se abordó una breve historia del IPN, en particular, de las carreras técnicas que ofrece a nivel medio superior y de las Unidades Académicas que ofertan la carrera de TSA, así como las unidades de aprendizaje del área tecnológica de esta carrera y las competencias que se pretende logren los estudiantes de estas unidades de aprendizaje. De igual forma, se muestra cómo el manejo de métodos matemáticos por parte de un estudiante de TSA es de suma importancia dentro del área tecnológica ya que, en determinadas ocasiones, problemas cotidianos simples que se presentan en un taller mecánico (como el realizar diagnósticos a algún componente de un auto) requieren, indudablemente, conocer sistemas de medición, equivalencias entre unidades de medida o realizar operaciones matemáticas básicas. Finalmente, se mostraron ejemplos prácticos cotidianos de la aplicación de las matemáticas para resolver problemas concretos en el área automotriz.

### **Marco teórico**

Este trabajo se centró en el uso de gráficos y tablas en la carrera de TSA. En el contexto educativo, la interpretación de gráficos precisa de procesos agudos de visualización, pero algunos estudiantes utilizan poco el pensamiento visual al optar por el trabajo algorítmico, quizá porque el pensamiento visual requiere de procesos cognitivos superiores a los que demanda el pensamiento algorítmico. Los estudiantes de nivel medio superior que cursan la carrera de TSA en el IPN se enfrentan a diferentes problemáticas teóricas y materiales cuya mejor resolución requiere de aplicar procesos matemáticos. El uso constante de éstos últimos ayuda a mejorar su desempeño matemático, mismo que es reforzado por el uso de elementos gráficos, los cuales sirven como un apoyo

visual al estudiante, de manera que pueda procesar la información de forma más rápida. El uso de gráficos, tablas y otros esquemas pueden ayudar al estudiante a comprender mejor y así mejorar su desempeño académico en cada una de las unidades de aprendizaje de la carrera de TSA. En esa tesis se concluyó que el objetivo de la enseñanza de las matemáticas en la carrera de TSA necesita ser que el estudiante desarrolle habilidades que le permitan visualizar, procesar, interpretar y representar mediante gráficos un problema de su entorno.

En esta sección del trabajo de tesis se definió el significado y los elementos de diversos tipos de gráficos y tablas. Además, se observó que la relación que existe entre un gráfico y una tabla es que ambos son métodos de representación y organización gráfica de datos recabados durante determinado proceso.

### Metodología

En esta sección se mostraron algunos problemas que se presentan en el área automotriz y que involucran la interpretación de gráficos y tablas, se propuso una metodología de resolución de problemas y se mostró cómo aplicarla en la solución de cada uno de los problemas planteados. Los problemas se presentaron ordenados de acuerdo con la complejidad de la solución propuesta, es decir, desde el más sencillo hasta el que presentó la mayor dificultad en su resolución.

### Resultados

Los resultados de este trabajo de tesis mostraron que los recursos gráficos permiten a los estudiantes organizar datos que puedan estar vinculados con encuestas, costos de refacciones, gráficas de satisfacción y eficacia del taller mecánico. Al igual que para resolver problemas que involucran tablas o gráficos, se necesita del manejo de diversos conceptos y procedimientos matemáticos como:

- razones y proporciones,
- despejes,
- cálculo de volúmenes,
- porcentajes,
- determinación de abscisas y ordenadas de un punto en el plano, y
- modelación matemática.

Asimismo, se observó que cuando el problema proporcionó un gráfico resultó útil utilizar una tabla para poder idear una estrategia de solución. De este modo, cuando el problema proporcionó una tabla resultó útil construir un gráfico para interpretar de manera más clara la información proporcionada.

### Conclusiones

En el trabajo de tesis mencionado se concluyó lo siguiente. Los recursos gráficos resultaron de utilidad dentro del área automotriz puesto que con su ayuda fue más fácil la interpretación de problemas de diferente naturaleza, es decir, tanto los problemas escolares como los de aplicación. Las representaciones gráficas proporcionaron una manera más fácil y clara de organizar la información, lo que resultó útil dentro de un taller de sistemas automotrices. El uso de recursos gráficos dentro de un taller mecánico fue de gran ayuda tanto en el área administrativa como en el área mecánica. Las matemáticas son necesarias para la carrera de TSA, no sólo por la formalidad de que ésta pertenece a la rama de las ciencias Físico-Matemáticas sino que se mostró como necesario el uso de herramientas o métodos matemáticos para resolver algunos problemas del área tecnológica. Además, al resolver problemas que proporcionaron como dato un gráfico se pudo construir una tabla y su análisis facilitó el proceso de modelación matemática que llevó a su solución. De la misma forma, al resolver problemas que proporcionaron como dato una tabla se pudo construir un gráfico que permitió observar claramente el comportamiento del fenómeno en el que estaba inscrito cada problema.

Se espera que esta reseña motive la lectura de la tesis en extenso, dicho trabajo se incluyó en la lista de referencias.

### Semblanzas

**María Patricia Colín Uribe** es licenciada en Física y Matemáticas por la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional (IPN), maestra en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del IPN, donde actualmente estudia el doctorado. Desde 2007 labora como docente en el área de matemáticas del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 8 “Narciso Bassols García”, donde ha dirigido ocho proyectos de investigación, participado como ponente en diferentes eventos internacionales de investigación en su área de especialidad y colaborado como elaboradora y validadora de reactivos para la guía de ingreso 2019 y 2020 de nivel medio superior del IPN. Además, es becaria de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y miembro del Programa de Estímulo al Desempeño Docente (PEDD) del IPN.

**Celia Araceli Islas Salomón** es ingeniera arquitecta, egresada del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y maestra en Educación. Cuenta con 25 años como docente en el área de matemáticas del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 8 “Narciso Bassols García”. Ha participado como asesora, facilitadora y coordinadora en diferentes proyectos de investigación, así como en la elaboración de programas de estudio del área básica de las unidades de aprendizaje de matemáticas. Actualmente, es becaria de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y miembro del Programa de Estímulo al Desempeño Docente (PEDD) del IPN. Ha participado en la elaboración de libros académicos (impresos y virtuales), de material didáctico, en la elaboración de la guía para ingreso al nivel medio superior de IPN y ha sido revisora y validadora de bancos de reactivos para el IPN.

## Referencias

Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *PISA 2012 Assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy* [Marco analítico y de evaluación de PISA 2012: matemáticas, lectura, ciencias, resolución de problemas y educación financiera]. París, Francia: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Zamudio, J. A. (2019). *La importancia de las matemáticas en la carrera de técnico en sistemas automotrices: el uso de gráficos y tablas* (Tesis de pregrado inédita). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.



# Enfoque de las acciones sustantivas para formar a un estudiante del bachillerato en la investigación

\*Margarita Clarisaila Crisóstomo Reyes

\*\*Ivonne Berenice Lozano Rojas

\*\*\*Luisa Fernanda Arreola Gómez

\*Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 8 “Narciso Bassols García”, Instituto Politécnico Nacional

\*\*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Legaria, Instituto Politécnico Nacional

\*\*\*Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional

**A** lo largo de los años, ha sido relevante la dedicación y el empeño de los docentes en pro de una educación con calidad, del prestigio que han acuñado por la formación de profesionistas y del incremento sostenido del número de docentes en el Nivel Medio Superior (NMS). En México y Latinoamérica persiste la idea de que, en el NMS, tanto docentes como egresados son excelentes técnicos, capital de conocimiento y pilares para el emprendimiento debido a su gran manejo de diversidad tecnológica.

Sin embargo, en este nivel educativo tan sólo 0.9% de los docentes cuentan con estudios de doctorado y pocos tienen la formación teórica y metodología deseable para realizar investigación científica. Lo anterior refleja la oportunidad de generar más programas como *Veranos de investigación para docentes*, cuya finalidad es apoyar a los docentes a vincularse con grupos consolidados de investigación y brindarles la oportunidad de estudiar una maestría o doctorado. Cursar un posgrado genera grandes oportunidades a los académicos y fortalece las capacidades para alcanzar los propósitos del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en particular, el de contribuir a la solución de problemas nacionales a partir de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Aunque no es una tarea fácil porque en el año 2019 sólo 122 proyectos de investigación fueron autorizados por el IPN en su NMS, en comparación con 1056 proyectos autorizados en superior y posgrado, lo cual indica que se requiere fortalecer, motivar y asesorar a los docentes de este nivel educativo para que realicen proyectos de investigación, y fomentar el binomio educación-investigación (Kindelán, 2013).

Últimamente, los estudiantes de este nivel presentan poca participación en los proyectos de investigación y sus bases metodológicas son limitadas.

Entonces, pocos estudiantes acaban participando en proyectos de investigación en el NMS, muestra de eso es que en 2019 se otorgaron sólo 103 Becas de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) en comparación con las 2397 becas otorgadas en el nivel superior y posgrado (IPN, 2020).

Aunado a esto, los 16,052 académicos del IPN presentan una limitada participación en el desarrollo de proyectos de investigación. A pesar de ello, el IPN realiza aportaciones científicas y tecnológicas de vanguardia con 1254 académicos miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), de los cuales sólo 7 son del NMS (3 Nivel candidato y 4 Nivel 1), lo que constituye el 0.6 % del total del IPN. La retórica universitaria menciona a la investigación científica como una función sustantiva, sin embargo, en ocasiones no se corresponde del todo con los recursos disponibles.

Los docentes asumimos el compromiso de hacer lo mejor por nuestros estudiantes y por el Instituto. La cultura predominante ha permeado la idea de que la función sustantiva del NMS es la docencia; esta idea invita a reflexionar sobre qué es la docencia sin la investigación científica ya que puede resultar en la trasmisión de un conocimiento limitado, adquirido en libros no actualizados que impiden sustentar el desarrollo de tecnologías con potencial económico. Además, el compromiso del docente incluye la formación del estudiante en el pensamiento científico, y ésta puede ser lograda mediando la participación del estudiante en proyectos de investigación científica.

Sin embargo, algunos docentes sienten que su trabajo de investigación no recibe una retribución económica justa y sostienen su motivación en la satisfacción de formar investigadores. El docente que realiza

investigación, de cualquier índole (disciplinar, educativa, tecnológica o social), necesita estar dispuesto a trabajar tiempo extra, ser paciente con los estudiantes que recién se incorporan a la investigación, a parte de solventar el papeleo, así como las decisiones administrativas y operativas necesarias para lograr las metas de un proyecto de investigación. Cada investigador requiere proponer, planear, desarrollar y registrar proyectos de investigación, ser consecuente con un tema de investigación hasta fortalecer una línea de investigación.

Así mismo, cada investigador necesita dedicar tiempo para formar estudiantes en su línea de investigación, no se trata sólo de enseñar a consultar fuentes de información y copiarla tal cual. Como parte de las actividades de investigación, se les enseña a los estudiantes del NMS a acceder a los repositorios de documentos académicos con que cuenta el IPN, a valorar el tipo de información consultada, a llevar una bitácora de textos consultados y, sobre todo, se les enseña a ser responsables para no perder la continuidad en su trayecto durante el proyecto investigación. Además, el director del proyecto de investigación necesita estar en constante comunicación con sus becarios, explicando los trámites que necesitan realizar para poder ser beneficiarios del estímulo económico que les proporciona la Institución.

### **¿Qué cualidades necesita tener el estudiante becario de un proyecto de investigación?**

Un requisito establecido en los lineamientos de la Beca de Estimulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) es que el promedio escolar mínimo del estudiante debe ser 8.0, sin embargo, hay muchos estudiantes comprometidos y dedicados que no tienen la oportunidad de participar como becarios de un proyecto de investigación por presentar un promedio escolar inferior. El estudiante becario necesita ser responsable, dedicado, constante, con iniciativa para gestionar su beca e investigar por cuenta propia la información que se le vaya solicitando a lo largo del semestre. De igual forma, necesita haber desarrollado las habilidades de comprensión lectora y escritura en inglés debido a la gran cantidad de referencias bibliográficas disponibles en este idioma. Por otro lado, estas habilidades de comprensión lectora y escritura en inglés, junto con un promedio escolar igual o superior de 8.0, se requieren para ingresar a estudiar un posgrado en el IPN.

Cada año la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN convoca a los académicos de las distintas Unidades Académicas a proponer proyectos de investigación de uno a dos años. Una vez autorizados los proyectos, lo cual ocurre al rededor del mes de mayo, el investigador es responsable de haber instruido a su becario

para cumplir con los productos comprometidos en espera de ser favorecido con una beca.

Uno de los productos que se puede comprometer es la elaboración de una tesis. Escribir una tesis no es algo fácil para el estudiante, por ello el docente necesita acompañarlo a lo largo del proceso, facilitarle información sobre el tema de la tesis y sobre su estructura. Además, necesita orientar al estudiante sobre criterios de forma, como tipo y tamaño de letra para encabezados, párrafos, notas al pie de página, imágenes, tablas y bibliografía. Un estudiante de NMS suele mostrar disposición por aprender, lo que falta es acompañarlo en ese aprendizaje y no dejarlo solo. Es decir, se necesita desplegar buenas prácticas docentes, que de paso pueden incrementar el número de egresados del NMS. Los resultados del trabajo de tesis necesitan ser valorados conjuntamente entre el director, el codirector y el tesista; el éxito de un proyecto de investigación y de una tesis depende, en parte, de la programación de las actividades y el logro de las metas por cada uno de los participantes. Se enfatiza otra vez, un estudiante de NMS necesita del acompañamiento de su director de tesis, las estadísticas lo confirman: en el ciclo 2018-2019 egresaron 12,643 estudiantes y sólo 3590 estudiantes de NMS se titularon, la SIP reportó 1475 tesis de NMS, superior y posgrado, por lo tanto, se requiere motivar y trabajar más con los estudiantes de NMS para mejorar su formación.

### **La experiencia de un proyecto de investigación**

A continuación, se comparte la experiencia del proyecto SIP con registro 20180751 y titulado: *Estabilidad energética y química del dopaje atómico y molecular en sistemas de baja dimensión*.

En este proyecto, la estudiante que colaboró en la investigación no tenía noción del tema. Para adentrarse en el proyecto, se le fue instruyendo poco a poco en el manejo de herramientas informáticas y otros elementos.

Los conocimientos previos solicitados fueron: manejo de computadora, instalación de aplicaciones en Windows 8, lo aprendido en las asignaturas de Química I, Química II, Física III, Física IV, manejo de hojas de cálculo, *Word* y se le enseñó a acceder al repositorio de artículos científicos.

Una vez que la estudiante entendió las características de su producto final como becaria en el proyecto se planeó una serie de reportes donde se recolectó y organizó la información de los artículos científicos referentes al tema de investigación. Es decir, la estudiante contribuyó con una investigación documental donde citó las referencias consultadas y argumentó la comprensión de los artículos. Por su parte, las asesoras de tesis explicaron algunos temas que no le fueron claros de inicio a la estudiante.

Específicamente, la estudiante estudió sobre las estructuras atómicas de politipos de carburo de silicio. Durante el proceso, se le explicó la nomenclatura química y los formatos de las estructuras; a su vez, la estudiante recabó información sobre la determinación de distancias y ángulos de enlace químico con ayuda de la herramienta informática Materials Studio 7.0. La información recabada se organizó en tablas que posteriormente sirvieron para el análisis y la interpretación de alteraciones o diferencias entre las nanoestructuras modeladas. Después, se le explicó a la estudiante cómo interpretar esos datos como diferencias en distancia y ángulos de enlace. De la misma manera, se le indicó la relación con el contenido de las asignaturas de Química que había cursado o estaba cursando. Parte de los resultados de investigación generados por la estudiante se muestran a continuación.

### El resultado del trabajo de investigación de la estudiante

En la actualidad, entender la complejidad de los nanomateriales y sus crecientes aplicaciones tecnológicas requiere entender el problema de la aglomeración de nanopartículas, alterando sus propiedades químicas, biológicas, físicas y eléctricas. Dentro de la temática de los sistemas de baja dimensión se propuso estudiar la estructura atómica del politipo de carburo de silicio 6H pasivado con flúor.

El carburo de silicio (SiC) es un compuesto binario que ha sido identificado como un material semiconductor alternativo para aplicaciones de alta potencia debido a su naturaleza química, su alta conductividad térmica, su alta estabilidad mecánica y por poseer una brecha de energía ancha, según Trejo, Cuevas, Salazar, Carvajal y Cruz (2013). Su estructura está conformada por átomos de carbono y silicio, la cual se puede sintetizar en una variedad de nanoestructuras donde su acoplamiento le brinda cualidades altamente activas y puede aprovecharse para aplicaciones como almacenamiento de hidrógeno o como sensor para detección de sustancias; su variedad en agrupaciones le da diversas cualidades, las cuales pueden aprovecharse en diferentes áreas (Kim y Chung, 2011). Concretamente, aquí se reporta el trabajo de investigación sobre el politipo 6H de SiC pasivado con 9 y 12 átomos de flúor, describiendo los ángulos, las distancias de enlace y las cargas aparentes de los átomos en las dos estructuras (9 y 12 átomos).

Se sabe que el carburo de silicio cristaliza en varias estructuras, estas variaciones son conocidas como politipos. La razón estructural de este fenómeno se debe a una baja energía de falla de apilamiento (*stacking fault energy*) y a la posibilidad de formar diferentes modos de acoplamiento de unidades bidimensionales, estructura-

les y compatibles a lo largo de una dirección definida. Se sabe que existen unos 200 politipos de SiC, pero los más comunes son 3C, 2H, 4H, 6H y 15R. Los dígitos representan la repetitividad de la capa de apilamiento y el alfabeto indica la estructura cúbica, hexagonal y romboédrica de estos politipos. El politipo 3C a menudo se denomina b-SiC y los politipos 6H, 2H, 4H y 15R se denominan a-SiC (Marshall, Chhillar, Karandikar, McCormick y Aghajanian, 2008).

Los cálculos de las estructuras suelen realizarse bajo el formalismo de la teoría del funcional de densidad de primeros principios, que no es más que un procedimiento variacional alternativo a la solución de la ecuación de Schrödinger, donde el funcional de la energía electrónica es minimizado con respecto a la densidad electrónica. Es uno de los métodos más utilizados en los cálculos cuánticos de la estructura electrónica de la materia, tanto en la física de la materia condensada como en la química cuántica.

La herramienta informática Materials Studio 7.0 fue utilizado para leer los modelos propuestos que fueron diseñados por el doctor Alejandro Trejo Baños, docente investigador de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Culhuacán.

La porosidad seleccionada se eligió con base en la evidencia experimental de trabajos realizados con politipos 6H con superficie rica en carbono (Marshall et al., 2008). Todos los enlaces faltantes donde se eliminaron átomos para generar la porosidad de la estructura se saturaron con hidrógeno, véase la Figura 1.

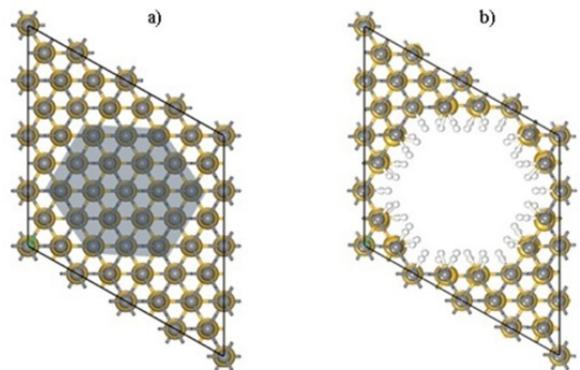


Figura 1. Supercelda a-SiC. a) Antes de la eliminación de átomos de silicio y carbono; b) Después de la eliminación de átomos y pasivada con hidrógeno

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1 se reportan las propiedades de distancia y ángulo de enlace para la estructura 6H-SiC, fase rica en carbono pasivada con hidrógeno, donde se obtuvo una distancia de enlace de 1.1 Å. En este diseño se identificaron los átomos y se enumeraron para la elaboración de la tabla. Esta estructura presentó en las diferentes posiciones entre hidrógeno y carbono una distancia de

enlace de 1.1 Å; el ángulo de enlace entre átomos de hidrógeno, carbono y silicio se encontró en un rango de 106.5 a 108.8°. Esto corresponde a la hibridación  $sp^3$  del carbono, donde la distancia de enlace resultó de 1.08 Å entre el carbono y el hidrógeno para el  $CH_4$  reportado por Demaison y Wlodarczak (1994).

En la Tabla 2 se reportan las propiedades de distancia y ángulo de enlace para la estructura 6H, fase rica en silicio pasivada con hidrógeno, donde se obtuvo una distancia de enlace entre 1.46 a 1.5 Å para las diferentes posiciones entre hidrógeno y silicio; el ángulo de enlace entre átomos de hidrógeno, silicio y carbono se encontró en un rango de 107.7 a 109.5°. Esto corresponde a la hibridación  $sp^3$  del silicio donde se determinó que la distancia de enlace es de 1.48 Å entre el silicio y el hidrógeno para el silano ( $SiH_4$ ).

En cada estructura se realizaron dos pasivaciones con flúor: una con 9 átomos de flúor y otra con 12 átomos de flúor, obteniendo un total de cuatro nanoestructuras 6H-SiC, dos con fase rica en carbono (6HC9F, 6HC12F), como se muestra en la Figura 2 y 3, además de otras dos con fase rica en silicio (6HSi9F, 6HSi12F). Una vez que se revisaron las distancias, ángulos de enlace y cargas de Mulliken para cada nanoestructura se compararon con

las medidas de las estructuras 6H-SiC, pasivadas solamente con hidrógeno, reportado por Botsoa et al. (2007). Para realizar las pasivaciones se sustituyen átomos de hidrógeno por átomos de flúor.

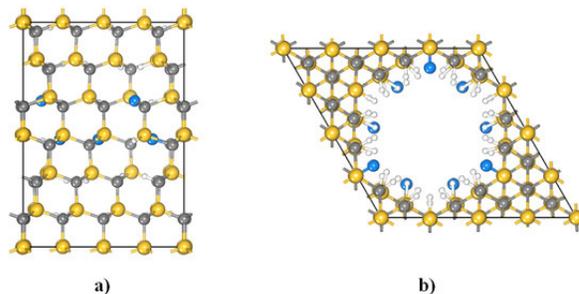


Figura 2. Nanoestructura 6H-SiC, fase rica en carbono con 9 átomos de flúor. Se renombra como 6HC9F. a) Vista lateral; b) Vista por el lado superior

Fuente: Elaboración propia

Para el reporte de las cargas de Mulliken se registró la carga aparente reportada por la herramienta informática; sólo se consideró a los átomos de carbono y silicio cercanos a los enlaces de flúor.

Tabla 1

Estructura 6H-SiC, fase rica en carbono pasivada con hidrógeno.

Distancia de enlace (Å)		Ángulo de enlace (°)	
H41-C42	1.1	H41-C42-Si42	107.465
H43-C48	1.1	H43-C48-Si48	107.459
		H43-C48-Si50	108.260
		H43-C48-Si36	108.260
H9-C8	1.1	H9-C8-Si8	107.465
H57-C57	1.1	H57-C57-Si18	107.448
		H57-C57-Si2	108.830
		H57-C57-Si57	106.528
H51-C54	1.1	H51-C54-Si18	107.448
		H51-C54-Si15	106.531
		H51-C54-Si12	108.830
H31-C31	1.1	H31-C31-Si28	107.446
		H31-C31-Si2	108.829
		H31-C31-Si57	106.532
H25-C26	1.1	H25-C26-Si34	108.830
		H25-C26-Si24	107.448
		H25-C26-Si26	106.531
H17-C15	1.1	H17-C15-Si12	108.829
		H17-C15-Si15	106.528
		H17-C15-Si28	107.449
H5-C5	1.1	H5-C5-Si24	107.448
		H5-C5-Si5	106.531
		H5-C5-Si1	108.830

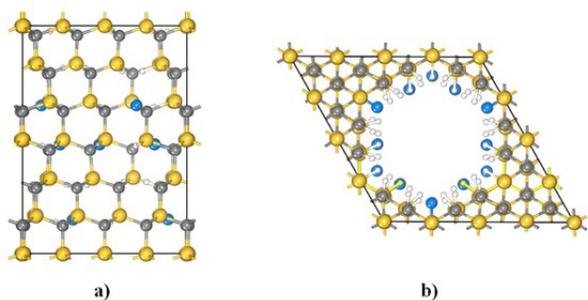


Figura 3. Nanoestructura 6H-SiC, fase rica en carbono con 12 átomos de flúor. Se renombró como 6HC12F. a) Vista lateral; b) Vista por el lado superior

Fuente: Elaboración propia

En las estructuras fase rica en carbono pasivadas con 9 y 12 átomos de flúor se observó la redistribución de carga negativa (-0.40) en átomos de flúor debido a su naturaleza; el carbono mantuvo su carga negativa (-0.61); para el carbono y el flúor se reportó que en la escala de Pauling estos dos elementos resultaron electronegativos.

En las estructuras fase rica en silicio pasivadas con 9 y 12 átomos de flúor se observó la redistribución de carga negativa (-0.64) en átomos de flúor debido a su naturaleza y el silicio mantuvo una carga positiva (+1.66).

## Conclusiones

En general, son pocos los estudiantes de NMS que optan por escribir una tesis, muchos eligen titularse por la opción curricular. En las asignaturas de la opción curricular se desarrolla grupalmente un reporte, lo cual no garantiza que el estudiantado aprenda a escribir de forma correcta un reporte científico. Los jóvenes necesitan encontrar una motivación para adentrarse en la investigación científica y apoyarse en sus profesores para terminar su proyecto de titulación. Iniciarse en la investigación desde el NMS puede favorecer que el estudiante desarrolle habilidades para hablar en público, asumir una postura elocuente, exponer con congruencia y manifestar dominio del tema. Estos aprendizajes facilitan la elaboración de una tesis, además pueden abrir camino hacia la participación en la escritura de textos científicos con grupos de investigación consolidados a nivel posgrado.

El compromiso que adquiere un docente para formar a un estudiante en la investigación y mediante la investigación debería ser una función sustantiva en el NMS; tanto docentes como estudiantes son excelentes técnicos, capital de conocimiento y pilares para el emprendimiento debido al gran manejo de tecnologías al que tienen acceso y eso necesita ser retribuido.

## Semblanzas

**Margarita Clarisaila Crisóstomo Reyes** es licenciada en Ingeniería Química, egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Azcapotzalco; candidata al grado de maestra en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación y Computación del Instituto Politécnico Nacional (IPN), y maestra en Educación por la Universidad Tecnológica de México (UNITEC). Asimismo, acreditó el Diplomado en Tecnología Educativa en la UNITEC; el Diplomado Básico en Enseñanza de Física, Química y Biología, coordinado por el IPN y por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); y, en el IPN, el Diplomado en formación y actualización docente para un nuevo modelo educativo, el Diplomado en diseño de programas de estudio y estrategias centradas en el aprendizaje con enfoque en competencias, el Diplomado en aplicaciones informáticas y el Diplomado en bases didácticas para la docencia en el IPN. Desde 1996 es docente en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 8 "Narciso Bassols García" del IPN, fue jefa de la carrera de Técnico en Computación y presidente de la Academia de Química de este centro. A partir del año 2012 ha participado en proyectos de investigación multidisciplinarios en nanotecnología, en colaboración con investigadores de la ESIME-Culhuacán.

Tabla 2

Estructura 6H-SiC, fase rica en silicio pasivada con hidrógeno

Distancia de enlace (Å)		Ángulo de enlace (°)	
H-Si	1.46 - 1.5	H-Si-C	109.5
			108.1
			107.7

**Ivonne Berenice Lozano Rojas** es orgullosamente politécnica. El Instituto Politécnico Nacional (IPN) le ha brindado la oportunidad de estudiar la licenciatura en Física y Matemáticas en la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM), la maestría y el doctorado en Tecnología Avanzada en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) Legaria. Se desempeñó también en el ámbito administrativo como jefa de Vinculación y transferencia de tecnología en el CICATA Legaria. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con Nivel 1 y ha participado con veinte trabajos en congresos nacionales e internacionales.

**Luisa Fernanda Arreola Gómez** es egresada del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 8 “Narciso Bassols García” del Instituto Politécnico Nacional (IPN) como técnica en Mantenimiento Industrial y ha participado en el Programa Institucional de Formación de Investigadores del IPN. Actualmente, es estudiante en la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) donde ha participado en exposiciones, conferencias y ferias de ciencias, además de cursar el Diplomado de educación financiera ofertado por la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF).

## Referencias

Botsoa, J., Bluet, J. M., Lysenko, V., Marty, O., Barbier, D., y Guillot, G. (2007). Photoluminescence of 6H-SiC nanostructures fabricated by electrochemical etching. *Journal of Applied Physics*, 102(8). Recuperado de <https://doi.org/10.1063/1.2798531>

Demaison, J., y Wlodarczak, G. (1994). The equilibrium C-H bond length. *Structural Chemistry*, 5, 57-66.

Instituto Politécnico Nacional (2020). *Informe de labores de gestión enero-septiembre 2019*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.

Kim K.-S., y Chung G.-S. (2011). Fast response hydrogen sensors based on palladium and platinum/porous 3C-SiC Schottky diodes. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 160(1), 1232-1236.

Kindelán, M. P. (2013). Una perspectiva sobre el binomio enseñanza-investigación en la universidad del s. XXI. *Revista Complutense de Educación*, 24(1), 27-45.

Marshall, A. L, Chhillar, P., Karandikar, P., McCormick, A., y Aghajanian, M. K. (2008). The effects of Si content and SiC polytype on the microstructure and properties of RBSC. En J. A. Salem, G. Hilmas y W. Fahrenholtz (eds.), *Mechanical properties and processing of ceramic binary, ternary, and composite systems: ceramic engineering and science proceedings* (pp. 115-126). New York, EUA: Wiley.

Trejo, A., Cuevas, J. L., Salazar, F., Carvajal, E., y Cruz-Irison, M. (2013). Ab-initio study of anisotropic and chemical surface modifications of  $\beta$ -SiC nanowires. *Journal of Molecular Modelling*, 19(5), 2043-2048.



# Arquitectura de ecosistemas como innovación educativa

*Chadwick Carreto Arellano  
Roberto Vladimir Ávalos Bravo  
María del Refugio Ramírez Cruz*

Dirección de Educación Virtual, Instituto Politécnico Nacional

Las tendencias producto del desarrollo de la industria 4.0 han detonado la adaptación de las instituciones educativas para generar los nuevos perfiles profesionales que se espera obtengan sus egresados para insertarse en los nuevos puestos de trabajo y en los ya existentes que se van actualizando. Éste es un reto que requiere de diversos recursos para lograr formar y preparar a los estudiantes con las habilidades que les permitan adaptarse a entornos cambiantes; trabajar en equipo de forma presencial y a distancia; generar soluciones que reditúen en beneficios para la economía y el medio ambiente, y actuar con proactividad y pensamiento reflexivo.

Una de las aristas implicadas en esta transformación es la industria tecnológica, misma que genera nuevos contextos laborales, sociales, económicos, educativos y culturales. La alta tecnificación y automatización a la que se dirige la industria tecnológica se orienta a dar respuestas eficientes, rápidas y congruentes con las exigencias de la diversidad de usuarios. Específicamente, se ha observado que tener sistemas informáticos aislados, orientados a la solución de situaciones específicas, propicia la subutilización de la infraestructura y la duplicidad de los datos empleados en los diferentes servicios que se ofrecen. Esto ha orillado a buscar nuevos modelos para relacionar a los usuarios, los sistemas, los servicios y la infraestructura, dando así paso a los ecosistemas tecnológicos.

## Conceptualización de ecosistema tecnológico-educativo

En relación con los servicios tecnológicos, varias instituciones educativas han optado por la creación de ecosistemas tecnológicos, los cuales son análogos de ecosistemas biológicos, en donde un conjunto de organismos vivos se relaciona a través de un medio físico. Trasladada esta definición al campo tecnológico, un ecosistema tecnológico es un conjunto de componentes llamados *software* y sistemas, relacionados por medio

de flujos de información generados por los usuarios y que son soportados por un medio físico denominado *hardware* (García, 2013).

De manera semejante, un ecosistema educativo es un conjunto de aprendices, formadores, recursos, principios, métodos, sistemas y procesos (McPherson y Nunes, citados por Martí, Gisbert y Larraz, 2018). Al considerar que la educación 4.0, para la industria 4.0, responde a necesidades de un contexto externo a la institución educativa, conviene integrar a los ecosistemas educativos otros actores: expertos, empresas, aliados estratégicos, padres de familia, comunidad local y aquéllos que puedan realizar alguna aportación para el logro de los aprendizajes deseados.

De esta forma, un ecosistema tecnológico-educativo es un conjunto de componentes organizados por medio de una plataforma tecnológica en la cual convergen usuarios (estudiantes, profesores, investigadores, personal administrativo, autoridades, comunidad local, expertos y egresados), recursos (didáctico digitales, aplicaciones educativas, sistemas de información, repositorios, bibliotecas, servicios y normatividad) e infraestructura (equipo de cómputo, *software*, equipo de comunicaciones y tecnología educativa) con la finalidad de colaborar para adquirir conocimientos por medio de procedimientos y métodos formales e informales. Para crear tal plataforma tecnológica es necesario definir la arquitectura bajo la cual se configurará y funcionará adecuadamente el ecosistema educativo.

## Arquitectura de ecosistemas tecnológico-educativos

Diseñar la arquitectura de un ecosistema tecnológico-educativo es una actividad relevante que implica decisiones estratégicas en las cuales necesitan estar involucrados y comprometidos directivos, personal experto en tecnología y aquél con conocimiento del contexto, del tipo de usuarios a los que se orienta, así como de los servicios, la información y las herramientas que se ofrecerán. Al realizar esta actividad, se sugiere considerar

puntos estratégicos sobre los cuales se define el funcionamiento del ecosistema. García (2013) menciona cinco ejes básicos a analizar, estos son:

- Gestión de los usuarios.
- Gestión de los datos y de la información.
- Componentes de social media.
- Integración entre los diferentes componentes del ecosistema.
- Capacidad de evolución de cada componente.

La arquitectura es la base que garantiza el funcionamiento y la continuidad de los servicios; la capacidad de procesamiento, almacenamiento, respaldo y seguridad de la información; la interoperabilidad y escalabilidad de los componentes que se integran; el potencial de atención a los usuarios; la velocidad de respuesta y de restablecimiento de los servicios en caso de contingencias, además de las posibilidades de crecimiento, actualización y vigencia. Esto destaca lo fundamental del diseño de la arquitectura. Otro elemento imprescindible a considerar es la disponibilidad de recursos para invertir, lo que conduce a la decisión del tamaño y etapas en las que se implementa el ecosistema, mismo que se toma en cuenta en el diseño de la arquitectura.

La arquitectura del ecosistema es la vista lógica del cómo se encuentran organizados los componentes, las aplicaciones, las interacciones de los flujos de trabajo y los tipos de usuarios a los que se atiende. Se pueden definir arquitecturas de dos, tres o más capas, todo dependerá del grado de segmentación de los datos, distribución de la funcionalidad y los objetivos por cumplir. Para Garlan y Shaw (citados en Durango, 2015, p. 16), la arquitectura depende del tamaño y la complejidad del sistema de *software*; para el estándar ISO/IEEE 1471-200 “la arquitectura

es la organización fundamental de un sistema incorporada en sus componentes, sus relaciones con el entorno y los principios que conducen su diseño y evolución”.

En la Figura 1 se puede observar un ejemplo de arquitectura con tres capas, en la que interviene la capa de presentación, la lógica del negocio y la capa de datos; aquí la capa de datos no tiene comunicación directa con la capa de presentación, la comunicación se realiza por medio de la capa de la lógica del negocio (Durango, 2015, p. 16).

La Figura 2 muestra una arquitectura compleja en la que intervienen *n*-capas; se especifica con detalle la funcionalidad de cada componente y las capas a través de las cuales se realiza la comunicación.

Asimismo, Dong, Zheng, Yang, Li y Qiao (2009) presentan una propuesta de arquitectura para un ecosistema basado en infraestructura de *cloud computing*, la cual consiste en tres capas y cuatro módulos. En la Figura 3 se puede observar la configuración que realizan: la capa de infraestructura es la más baja y da soporte de cómputo y almacenamiento a las otras dos capas; la capa de contenido contempla el estándar de interfaces para las aplicaciones de la capa superior; en la capa de aplicación se encuentran los servicios, las herramientas y las interfaces de interacción con los usuarios y otros programas.

En este diseño, a través de uno de los módulos, se monitorea el uso de los recursos y la ejecución de las solicitudes; otro módulo se encarga de establecer las políticas para la planificación de estrategias de enseñanza y aprendizaje, además de la asignación de prioridades para la asignación de recursos; el módulo de arbitraje compensa, ajusta y mejora la administración y la asignación de recursos, establece los modos de uso, dependiendo del tipo de usuario basado en preferencias y estilos de aprendizaje; por medio del módulo de provisión se inicia la ejecución y la asignación de recursos.

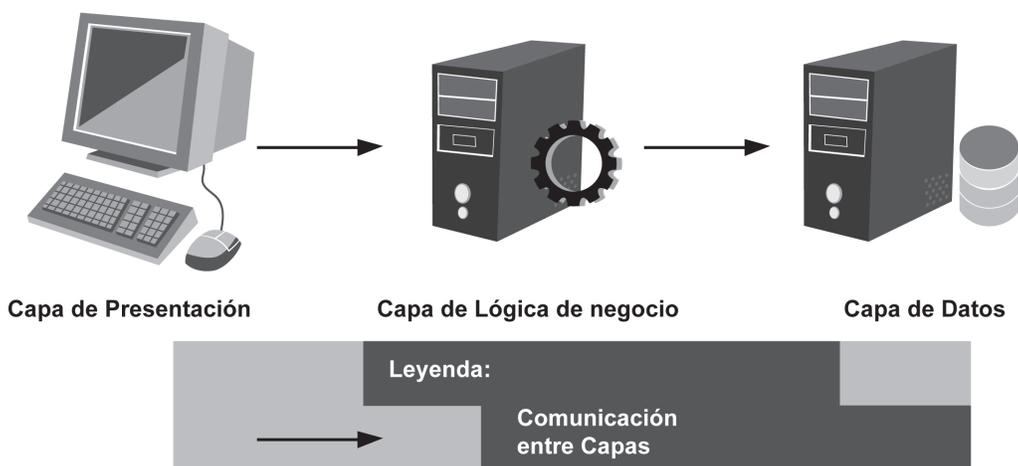


Figura 1. División de una arquitectura en tres capas  
Fuente: Durango (2015, p. 38)

Así mismo, intervienen cuatro mecanismos para asegurar el funcionamiento continuo del ecosistema, estos son: el mecanismo de pre-planificación, el de alerta temprana, el de autorrecuperación y el de evolución.

Por otro lado, en la Figura 4, tomada de García y García (2014), se plantea una arquitectura para ecosistemas *e-aprendizaje* basada en código abierto público, la cual contempla cuatro capas. La primera es de infraestructura, integrada por los servicios con funcionalidades básicas, que incluye un servidor de correo

electrónico, la gestión de usuarios y el monitoreo de flujos de información. La segunda capa se encarga de la gestión de datos estáticos, la cual se emplea únicamente cuando hay datos que deban ser utilizados por la mayoría de los componentes del ecosistema. La tercera capa, denominada *servicios*, contiene todos los componentes de *software* con los que interactúan los usuarios. La cuarta capa se denomina presentación, ésta permite que el usuario capte el ecosistema como un todo.

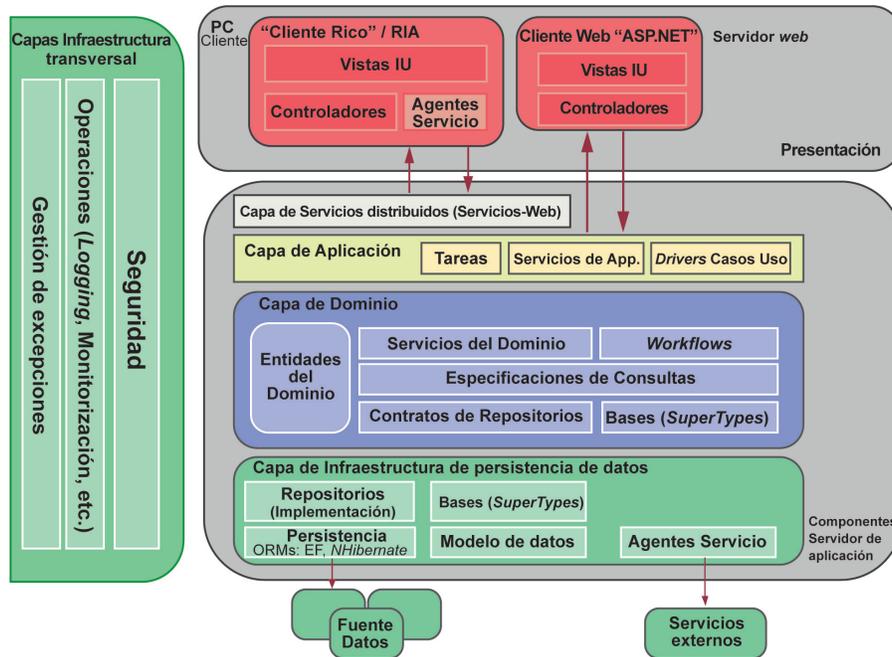


Figura 2. Arquitectura *n*-capas con orientación al dominio

Fuente: EcuRed, Enciclopedia cubana. Arquitectura en Capas. Recuperado de <https://www.ecured.cu/index.php?curid=232465>

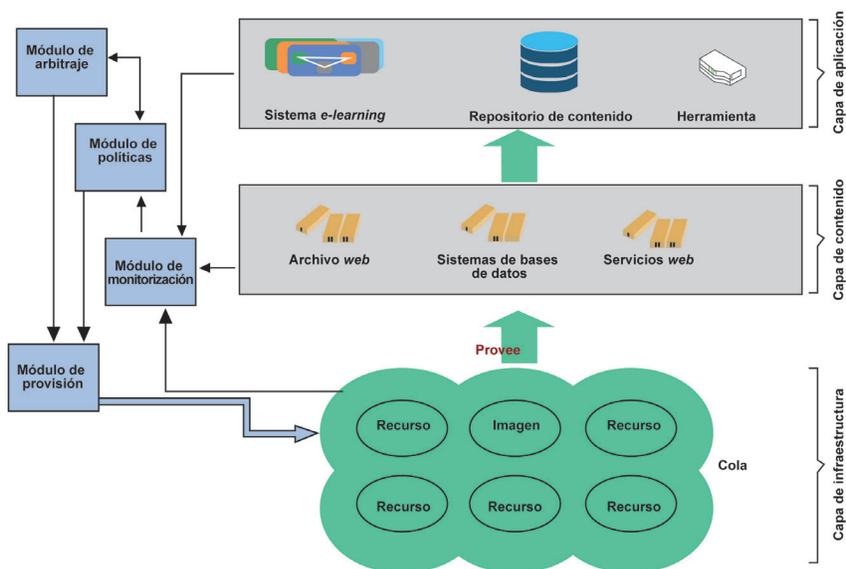


Figura 3. Arquitectura de un ecosistema de *e-aprendizaje* basado en infraestructura *cloud computing*

Fuente: Dong, Zheng, Yang, Li y Qiao (2009)

C. Carreto. R. V. Ávalos. M. R. Ramírez. Arquitectura de ecosistemas como innovación educativa (pp. 30-36). *Docencia Politécnica*, número 3

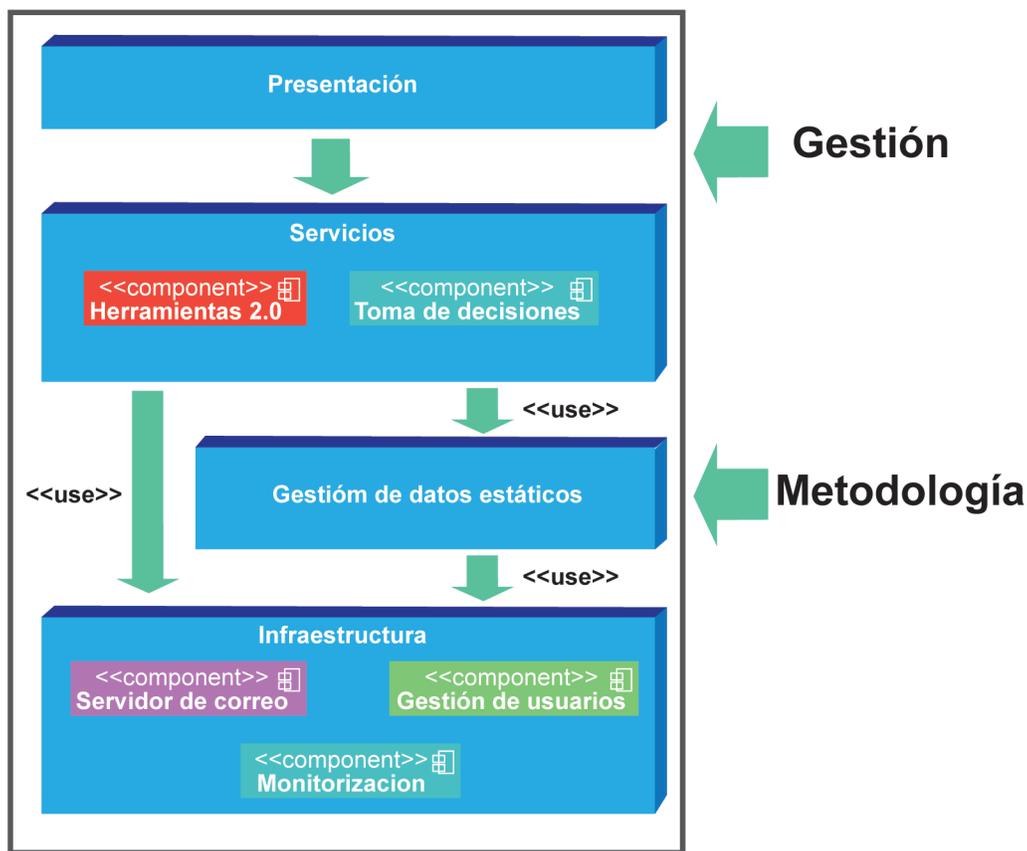


Figura 4. Patrón arquitectónico para ecosistemas e-aprendizaje basado en código abierto público  
Fuente: García y García (2014)

Otra perspectiva para concebir los ecosistemas es el modelo presentado por Karaguilla y Deus de (2008), ellas parten de la idea de un ecosistema natural formado por factores bióticos (seres vivos) y factores abióticos (elementos físicos del medio ambiente), con una organización compleja formada por especies, poblaciones y comunidades que conforman el ecosistema. En esta perspectiva, una comunidad está integrada por poblaciones de diferentes especies. En la Figura 5 se observa el modelo propuesto, el cual consiste en especies, poblaciones y comunidades que interactúan entre sí y con el medio ambiente. Los factores bióticos son los actores humanos y los de contenido digital. Los factores abióticos son el *hardware*, el *software* y la red que componen el medio ambiente, y las tecnologías permiten el acceso a los contenidos y apoyan los diferentes tipos de interacción.

Por su parte, Álvarez, Rodríguez, Madrigal, Grossi y Arreguit (2017) presentan el modelo de un ecosistema de formación para aprender a emprender (ECOFAE). En la Figura 6 se puede observar su representación, en lugar del concepto de capa ellos utilizan el concepto de fase. Este modelo fue desarrollado en la Universidad de Oviedo, y su diseño básico se conforma de cinco fases. La primera fase es la planificación y diseño. La segunda fase es el di-

seño del contexto de formación, en la cual se consideran siete módulos: información, comunicación, diagnóstico, contenidos teóricos, prácticas, autogestión y apoyo al aprendizaje e investigación y evaluación del impacto. La tercera fase es el despliegue del modelo de aprendizaje, en la cual intervienen cuatro sistemas: el de registro e información, el de tutoría y asesoramiento, el de relaciones y comunicación y el sistema de autogestión del aprendizaje. La cuarta fase es la evaluación para la mejora, que contempla tres secciones: la primera presenta resultados de evaluaciones, la segunda recolecta opiniones públicas que los estudiantes realizan por medio de herramientas de comunicación en la internet sobre las metodologías implementadas y la tercera sección compara el diagnóstico inicial de los participantes con su situación al final del semestre. La quinta fase consiste en realizar investigaciones periódicas sobre los procesos, los resultados y el modelo.

Los ecosistemas se diseñan y desarrollan de acuerdo con las necesidades de los usuarios, es así que se creó el ecosistema de *software* GESPRO-16.5 para la gestión de proyectos (Sosa, Pérez, García, Peñaherrera y Pinero, 2016), el cual se basa en una clasificación de activos con funciones específicas, estos son los ac-

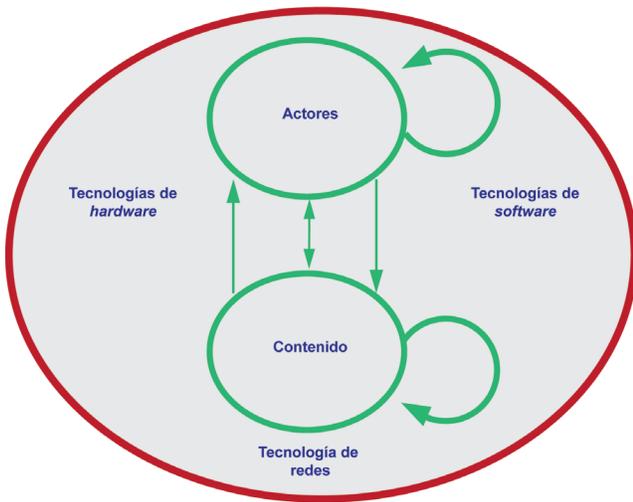


Figura 5. Modelo de ecosistema digital de aprendizaje  
Fuente: Karaguilla y Deus de (2008)

tivos relacionados con la capa de sistema operativo: Centos 7.0, Ubuntu 16.04; los de la capa de gestor de datos: PostgreSQL 9.5; la capa de servidor *web* de aplicaciones: Apache 2.4; los del subsistema de gestión de portafolios de proyectos en grandes organizaciones: GESPRO-Gerencial 16.05; los del subsistema de gestión de proyectos en entidades de mediano y pequeño tamaño en razón de la cantidad de miembros; y los del subsistema para el análisis de datos: GESPRO-Reporte 16.05, basado en el lenguaje PLR para su integración al PostgreSQL.

Este ecosistema organiza su arquitectura por vistas, las cuales son: la de procesos, la de presentación, la de datos, la de integración y la vista de tecnología. La estrategia de desarrollo se basa en un modelo híbrido y mixto que usa proyectos de código abierto público y otros proyectos de código a puertas cerradas. Su estrategia de licenciamiento es de núcleo abierto.

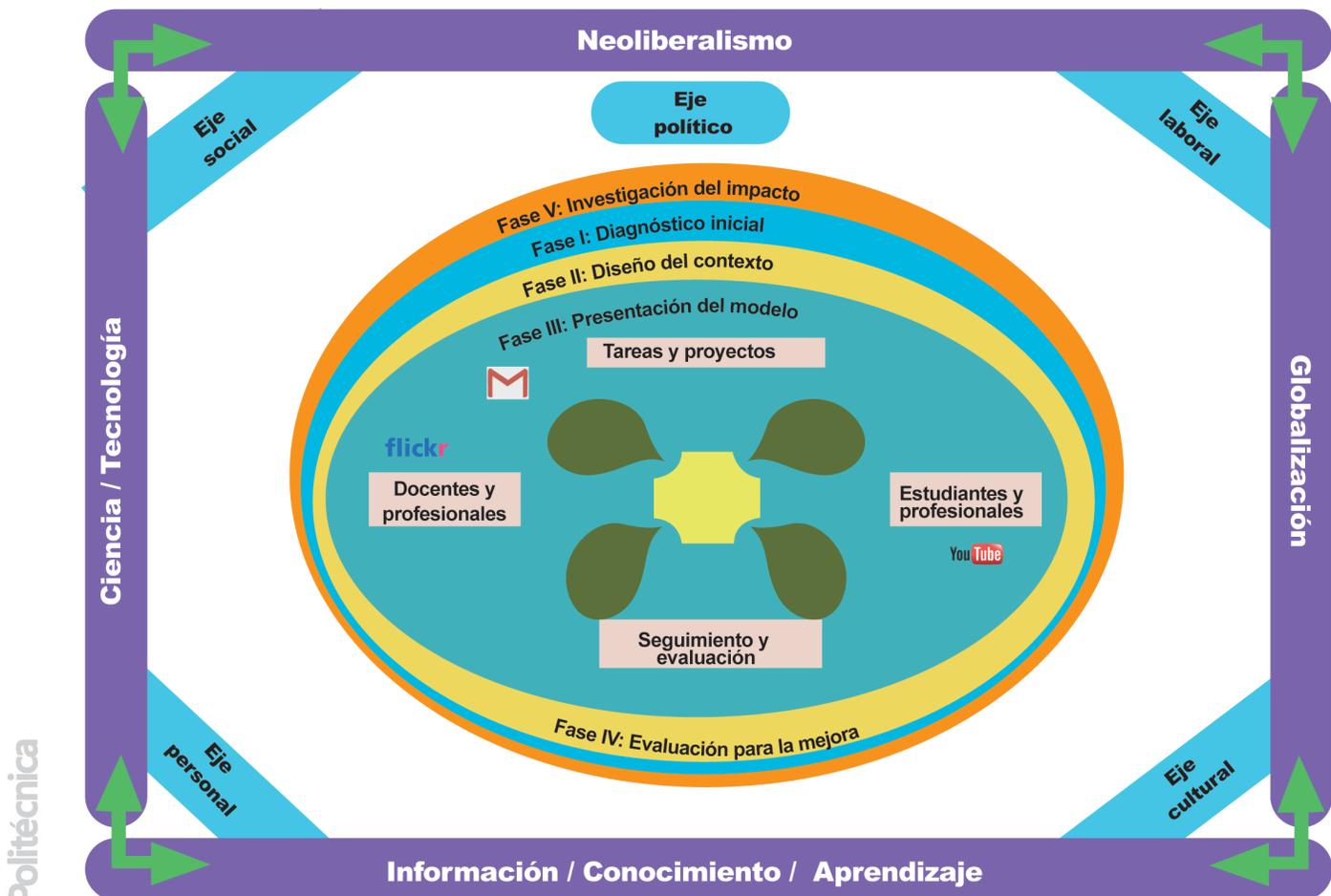


Figura 6. Ecoentorno de formación  
Fuente: Álvarez et al. (2017)

## Conclusiones

Como se ha podido observar, existen múltiples opciones para definir la arquitectura de un ecosistema, lo primordial es tener claridad en el objetivo que se pretende alcanzar, el tamaño y la complejidad que son características específicas de cada ecosistema e independientes de la finalidad. Los ecosistemas poseen características en común, como son: el manejo de información, los usuarios que atender, la relación de los flujos de información, las aplicaciones del negocio, las políticas normativas y la infraestructura tecnológica que asegure la continuidad de los servicios.

Con los ecosistemas se pretende disminuir los sistemas informáticos aislados y lograr mayor integración tanto de la información como de la tecnología, de manera que se incremente la eficiencia y el trabajo colaborativo en las organizaciones. En el caso de los ecosistemas educativos, se busca fomentar el desarrollo de habilidades tecnológicas, los aprendizajes colaborativos, el trabajo en comunidad y en equipo, compartir recursos educativos y promover el uso de espacios que detonen el aprendizaje formal e informal para contribuir a una formación más flexible e integral.

Los ecosistemas educativos aspiran a lograr la interacción de todos los actores que contribuyan a la creación de conocimiento, de tal forma que participen estudiantes, profesores, autoridades, personal de apoyo, egresados, padres de familia, expertos, personas del sector productivo, cultural, económico, del gobierno y alianzas estratégicas. Lo anteriormente dicho, propicia sinergias con base en una dinámica de intercambio de experiencia y conocimiento entre actores que favorezca el desarrollo y el crecimiento de cada dimensión que integra a una persona.

### Semblanzas

**Chadwick Carreto Arellano** es egresado de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales con especialidad en Sistemas Distribuidos, cursó la maestría en Ciencias Computacionales en el Centro de Investigación en Computación (CIC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y actualmente es doctorando en Ciencias Computacionales y en Educación. Es investigador colegiado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM) del IPN; perito en Telecomunicaciones por parte del Colegio de

Ingenieros en Comunicaciones y Electrónica (CICE), con licencia del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) en Sistemas Especiales y Teleinformática; académico titular de la Academia de Ingeniería México (AI); vicepresidente de la Asociación Mexicana de Ingenieros en Comunicaciones Eléctricas y Electrónica (AMICEE), y director de Educación Virtual del IPN.

**Roberto Vladimir Ávalos Bravo** es egresado de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) Culhuacán, cursó la maestría y el doctorado en Ingeniería de Sistemas en la ESIME Zacatenco, todas pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional (IPN), y concluyó la beca Santander IE Best Practices in Digital Education for Teachers en la IE University de Madrid, España. Dentro del IPN ha sido coordinador de la Red de Informática, Telecomunicaciones y de la Unidad de Tecnología Educativa, jefe de la Unidad de Informática en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) y subdirector de Diseño y Desarrollo en la Unidad Politécnica de Educación Virtual. Actualmente, labora como subdirector de Integración de Tecnologías de la Dirección de Educación Virtual del Instituto.

**María del Refugio Ramírez Cruz** es egresada de la licenciatura en Ciencias de la Informática de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) y realizó la maestría en Ciencias con la especialidad en Administración de Negocios en la Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA) Santo Tomás, ambas pertenecientes al Instituto Politécnico Nacional (IPN), por esta última obtuvo la presea Lázaro Cárdenas. Actualmente, es doctoranda en gestión educativa por parte del Centro de Investigación para la Administración Educativa (CINADE). Además, en el IPN, fue jefa del Departamento de Soporte Tecnológico en el Centro de Tecnología Educativa, jefa del Departamento de Formación en Ambientes Virtuales en la Unidad Politécnica para la Educación Virtual (UPEV) y docente invitada en la Escuela Superior de Turismo (EST).

## Referencias

Álvarez, E., Rodríguez, A., Madrigal, R., Grossi, B., y Arreguit, X. (2017). Ecosistemas de formación y competencia mediática: valoración internacional sobre su implementación en la educación superior. *Comunicar*, 25(51), 105-114.

Dong, B., Zheng, Q., Yang, J., Li, H., y Qiao, M. (Julio, 2009). *An e-learning ecosystem based on cloud computing infrastructure*. Trabajo presentado en la *Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Riga, Latvia.

Durango, A. (2015). *Diseño de software*. Vigo, España: IT Campus Academy.

García, A. (2013). *Análisis de integración de soluciones basadas en software como servicio para la implantación de ecosistemas tecnológicos corporativos* (Tesis de maestría inédita). Universidad de Salamanca, Salamanca, España.

García, A., y García, F. (Noviembre, 2014). Patrón arquitectónico para la definición de ecosistemas de *eLearning* basados en desarrollos *open source*. Trabajo presentado en el *xvi Simposio Internacional de Informática Educativa*, Logroño, España.

Karaguilla, I., y Deus de, R. (Julio, 2008). *Digital learning ecosystems: Authoring, collaboration, immersion y mobility*. Trabajo presentado en la *Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Santander, España.

Martí, R., Gisbert, M., y Larraz, V. (2018). Ecosistemas tecnológicos de aprendizaje y gestión educativa. Características estratégicas para un diseño eficiente. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (64), 1-17. <https://doi.org/10.21556/educ.2018.64.1025>

Sosa, R., Pérez, I., García, R., Peñaherrera, E., y Pinero, P. (2016). Ecosistema de *software* GES-PRO-16.05 para la gestión de proyectos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(Especial UC-IENCIA), 239-251.



# El Foro de Investigación Educativa y su contribución al Instituto Politécnico Nacional

Rosalía María del Consuelo Torres Bezaury  
José Jacobo Gómez Quiroz

Dirección de Formación e Innovación Educativa, Instituto Politécnico Nacional

**E**l Instituto Politécnico Nacional (IPN), en su trayectoria como institución rectora de la formación para el desarrollo tecnológico y científico, incorpora múltiples miradas o formas de abordaje de los campos del conocimiento –en términos de los debates contemporáneos, desde miradas multidisciplinares– generando así una participación colectiva que propicia núcleos temáticos sobre la formación de las nuevas generaciones.

En este mismo plano, y de acuerdo con una larga tradición relacionada con la investigación científica, el análisis de los fenómenos educativos ha tomado relevancia en las agendas de las instituciones de educación superior, dándole un espacio específico a las acciones orientadas al análisis de las prácticas dirigidas a la investigación de corte social y humanístico, incluyendo la perspectiva educativa como eje específico de estos campos del conocimiento.

De este modo, el presente documento aborda las contribuciones del Foro de Investigación Educativa (FIE) a la tarea de la investigación educativa desde la acción local, al igual que desde los aportes de las experiencias de instituciones educativas, nacionales e internacionales, para la intervención de los problemas educativos identificados en la vida académica institucional.

El documento se divide en tres secciones. La primera cuenta con un panorama general del Foro a partir de su objetivo y características estructurales, así como del marco de operación y su recorrido a lo largo de las ediciones que sustentan su continuidad. Posteriormente, se plantean las contribuciones de este evento a la agenda institucional a partir de los abordajes empíricos, metodológicos y sistémicos de la investigación educativa en el IPN. Finalmente, se presenta una conclusión a manera de desafíos que tiene el Foro ante un futuro inmediato, mediano y a largo plazo para sustentar su papel contribuyente en el desarrollo de la investigación educativa institucional.

## Un recorrido histórico-estructural

El FIE es un evento académico desarrollado en el IPN, coordinado por la actual Dirección de Formación e Innovación Educativa (DFIE) que ha transitado por dos transformaciones en su estructura organizacional, funcionando como Centro de Formación e Innovación Educativa (CFIE) entre los años 2005 y 2012 y, luego, como Coordinación General de Formación e Innovación Educativa (CGFIE) entre 2012 y 2020; este es un espacio de intercambio académico donde se exponen, analizan y reflexionan las experiencias de investigación –de corte educativo– de la comunidad académica del Instituto, de acuerdo con su *expertise*, su enfoque profesional y sus orientaciones temáticas.

El FIE cuenta con trece ediciones, la primera se celebró en el año 2006, y únicamente se suspendió su emisión durante el año 2013. Las ediciones exponen un enfoque temático, el cual se apega a las tendencias y a las políticas institucionales que orientan los enfoques conceptuales del Foro. Durante este recorrido, el Foro ha transitado por discusiones que van desde el análisis de los aportes de la investigación educativa para la innovación curricular; pasando por miradas contemporáneas sobre el fenómeno de la investigación educativa y las perspectivas para la transformación educativa de acuerdo con los cambios en el contexto social, político y económico del país o de la región; así como la discusión sobre los ejes de la vitalización educativa; las consecuencias de las reformas curriculares; la consolidación del *Modelo Educativo Institucional*; hasta la incorporación, de forma reciente, acerca de las discusiones y desafíos entre el vínculo de la tarea de investigación y la educación 4.0 del IPN.

La finalidad de abrirse a múltiples experiencias académicas y ejes temáticos radica en poder identificar las formas diversas de abordaje de los fenómenos educativos, desde la consolidación del conocimiento derivado, ya sea de investigación o experiencia de trabajo en los

libros que son compartidos durante los espacios de exposición, hasta la experiencia de procesos de investigación que pone en juego múltiples escenarios de intervención por los que transitan los responsables de los proyectos.

Estas experiencias resultan de suma relevancia en el análisis de los fenómenos educativos, las cuales son complementadas con reflexiones y perspectivas académicas que son traducidas en formatos ensayísticos, permitiendo así conformar un núcleo sólido de contribución a las discusiones que tienen un doble aprovechamiento por parte del ente organizador del evento, pues permite estructurar una memoria académica (con registro institucional) y definir los ejes temáticos de futuras ediciones con la finalidad de establecer un tándem que oriente la discusión académica desde un eje transversal.

De esta forma, el FIE plantea un evento que busca contar con un mecanismo de flexibilidad que permita adaptarse a formas innovadoras y contemporáneas de la discusión académica, al igual que una mayor inclusión de voces, perspectivas y aportes de la comunidad académica, posibilitando enriquecer los insumos a fin de contribuir en las directrices institucionales para la generación de agendas de trabajo relacionadas con la investigación educativa.

Con la revisión del recorrido histórico y la estructura del Foro como un evento académico que busca una múltiple contribución al desarrollo de la investigación educativa en el IPN se identifican algunas aportaciones específicas que han permitido a la instancia responsable de llevarlo a cabo, en este caso: el CFIE, la CGFIE en su recorrido anterior y, desde este año (2020) bajo la responsiva de la DFIE, diseñar acciones orientadas a fortalecer y sistematizar los diferentes espacios de intercambio académico con las Acciones Formativas que permitan colaborar con la comunidad académica del Instituto.

A continuación, se abordan con más detalle las contribuciones identificadas de la experiencia del FIE en sus diferentes ediciones, las cuales se enriquecen con las voces de los participantes, considerando expectativas, resultados y sugerencias que justifican el desarrollo del evento, así como desafíos que se presentan para el IPN en la construcción de mayores espacios de discusión académica en el campo de la educación, desde el foco pedagógico, didáctico y estructural, de acuerdo con las tendencias de modalidades de trabajo, ejes temáticos de discusión y modalidades de trabajo para la comunidad académica del Instituto.

### Contribuciones del Foro de Investigación Educativa al IPN

La naturaleza del FIE es propiciar el intercambio académico de experiencias ligadas a la investigación educativa

desde los múltiples abordajes epistémicos, metodológicos e instrumentales, así como estimular la identificación de los hallazgos y contribuciones a la intervención de las problemáticas educativas, identificadas en diferentes contextos y tratadas desde el *expertise* de la comunidad académica del IPN, que se hallen acordes con los niveles y modalidades de trabajo.

En este plano, los núcleos temáticos y problemáticos identificados en las diferentes ediciones del FIE permiten una sistematización de la información que contribuye a la generación de bloques temáticos que son socializados en las memorias académicas del evento. Esta asociación de núcleos cognitivos permite guiar los trabajos coordinados por la DFIE en materia de investigación educativa desde un marco experimental que ofrece sustentos y experiencias del abordaje temático a grupos docentes interesados en el tratamiento de fenómenos educativos desde perspectivas similares a las identificadas en el acervo académico del FIE.

Este encuadre ayuda a los grupos de investigación educativa de las Unidades Académicas a construir cuestiones conceptuales y teóricas que aporten a sustentar la científicidad de la investigación realizada, colaborando de forma indirecta al corrimiento de una trayectoria de investigación en el IPN centrada en el empirismo hacia un modelo que sustente prácticas de investigación sólidas desde el marco metodológico y conceptual en el desarrollo de las investigaciones.

De esta forma, los procesos de sistematización de la investigación han contribuido a generar un panorama de los investigadores educativos consolidados del IPN y de aquellos docentes que desarrollan estudios sobre los fenómenos y las principales problemáticas educativas por medio de proyectos de investigación, con la finalidad de brindar elementos en el diseño de estrategias que incorporen a diferentes agentes, Unidades Académicas e instancias directivas en la atención de las necesidades que se identifican con el estudio de los problemas educativos.

Es así como el FIE ha contribuido con aproximar a los docentes a la tarea de investigación educativa, brindando formación y experimentación desde el estudio de los proyectos institucionales en los diferentes niveles educativos. Esta aproximación permite a los docentes identificar las características de un marco teórico, así como reconocer la relación de conceptos que se convierten en el insumo central de sus proyectos, a manera de comprender las dimensiones que implica la construcción de los marcos conceptuales y epistemológicos.

En este mismo sentido, se contribuye a la identificación de referentes teóricos sobre el abordaje de la investigación en el campo de las ciencias sociales, específicamente en el campo de la educación, debido a su

participación como expositores o conductores de talleres en diferentes ediciones del FIE. Estos expositores traen a la discusión académica las tendencias y las principales corrientes para llevar a cabo dentro del campo de la educación, sumando ideas para la comunidad académica a los cuestionamientos: ¿qué investigar? y ¿cómo hacerlo?

En este aporte sobre el abordaje conceptual y acerca de las discusiones que emergen del desarrollo de la investigación educativa, el Foro ha contribuido a la identificación de marcos teóricos y enfoques de investigación por medio de las diferentes experiencias presentadas, las cuales son abordadas en el evento y esa interacción con sus autores ha permitido brindar a los docentes directrices y pautas para la generación de marcos teóricos a fin de sustentar sus investigaciones desde un plano de científicidad y formalismo académico, colaborando con el objetivo de dejar de lado una larga trayectoria de estudios empíricos que carecen de la científicidad requerida por la investigación contemporánea.

En línea con las perspectivas teóricas, los abordajes metodológicos y destacando la relevancia de la investigación cualitativa para el campo de la educación, así como la importancia de estudios de corte cuantitativo y mixto –de forma más reciente en las agendas científicas–, representa un trabajo identificado a partir de las experiencias socializadas con la participación de la comunidad académica en el FIE y en otros eventos que sustentan el desarrollo de proyectos de investigación educativa en el IPN, del mismo modo que con las experiencias enriquecedoras de otras instituciones nacionales e internacionales.

Otro de los aspectos que ha coadyuvado desde la realización del Foro se refiere a la distinción de instrumentos de investigación que sustentan los relevamientos de información de utilidad, bajo esquemas de confiabilidad y pertinencia, a partir de la correcta ejecución y aplicación de estos. Este aspecto ha sido clave y motivo de resaltar en esta parte de la trayectoria del Foro debido a que en múltiples escenarios de la investigación educativa se reduce el trabajo al desarrollo de instrumentos descontextualizados del objetivo de los proyectos de investigación, por lo cual el Foro se ha concentrado en identificar experiencias que cumplan con el rigor metodológico e instrumental para la formulación, el desarrollo de los procesos de relevamiento y la sistematización de la información.

Sumado a lo anterior, el FIE ha colaborado para identificar la estructura de proyectos de investigación educativa desde la constitución de los protocolos hasta la integración de los informes segmentarios y globales de los proyectos de investigación. Este trabajo se ha consolidado a partir de las participaciones de especialistas

en materia metodológica, así como académica, que han apoyado a los docentes en la resolución de dudas específicas, al igual que en la construcción (desde su origen), de protocolos o anteproyectos de investigación educativa a partir de los intereses y de las temáticas abordadas dentro de las ediciones del Foro o, de forma independiente, de acuerdo con la experiencia de los participantes.

De esta forma, las experiencias de investigación educativa han contribuido a un diálogo con instancias institucionales para el estudio o la caracterización de prácticas educativas que se dinamizan a situaciones problemáticas a partir de las experiencias de investigación o de las interpretaciones de las prácticas educativas reflejadas en el análisis académico que realizan los profesionales involucrados en experiencias educativas.

La relevancia de fortalecer y propiciar orientaciones conceptuales, metodológicas e instrumentales ha brindado a la comunidad politécnica elementos para llevar a cabo proyectos de investigación educativa que pueden participar de las convocatorias institucionales, o bien, formar parte de las trayectorias profesionales de los docentes y directivos (principalmente) con relación a las actividades realizadas en las Dependencias Politécnicas, lo cual constituye la clave para contribuir al fermento de este tipo de investigación que es considerada crucial para los desafíos que tiene el IPN dentro del sistema educativo nacional.

Los insumos que genera el FIE han sido clave en el trabajo de conformación de una red –tácita y con fines a institucionalizar– en educación que permite una construcción colectiva de proyectos con miradas multidisciplinarias sobre los problemas educativos preponderantes, así como de apoyo a los proyectos de investigación de la comunidad politécnica, con base en los cambios institucionales, generacionales y de abordajes pedagógicos/disciplinarios en la práctica educativa, que resultan de interés en los diferentes niveles estructurales del Instituto, y la atención de los principales problemas identificados.

A su vez, la construcción de redes –de carácter horizontal– que puedan articularse con otras redes académicas, del mismo modo que con instituciones nacionales e internacionales, conlleva a enriquecer las experiencias educativas dentro de un esquema contemporáneo del trabajo de las instituciones educativas en todo el mundo, donde la participación genere una multivisión en la forma de desarrollar proyectos de investigación, así como acciones de intervención efectivas y pertinentes. Lo anterior se plantea comenzando con la perspectiva de construir nodos colaborativos a partir de cada una de las estrategias y de los mecanismos institucionales para el desarrollo de la investigación educativa desde las múltiples voces y *expertise* de directivos, docentes, estudiantes y tomadores

de decisiones, con un involucramiento de pares de otros sectores (público y privado), al igual que de instituciones con perspectivas de colaboración con el IPN.

A manera de conclusiones, se plantean una serie de desafíos para el FIE, a mediano y largo plazo, con la finalidad de diseñar estrategias orientadas al abordaje de la investigación educativa, desde la consigna de su fortalecimiento, vanguardia y atención a las necesidades del IPN.

## Conclusiones

El desarrollo de eventos académicos enfrenta diferentes riesgos o problemáticas que implican un replanteamiento constante de las estrategias consideradas para mantener un rango de calidad, innovación, aporte y solidez desde las instituciones educativas. Entre los principales riesgos se identifica la monotonía temática, la desarticulación de los formatos de trabajo, comenzando con los intereses específicos o particulares para su desarrollo, al igual que un reduccionismo de los resultados obtenidos a partir de la contribución académica generada desde los espacios académicos institucionales.

En relación con este punto, se llevan a cabo propuestas de análisis para el desarrollo de proyectos institucionales orientados a fortalecer aspectos clave para el desempeño educativo de la comunidad politécnica, tanto en su sector estudiantil como en el núcleo docente, donde se discuten las constantes necesidades que requieren los procesos de enseñanza y de aprendizaje, utilizando diferentes insumos de la investigación educativa (identificados desde el FIE) para brindar orientaciones o enfoques de análisis para los fenómenos educativos que deriven en acciones institucionales (o focales, como las Acciones Formativas ofertadas en la Dirección de Formación e Innovación Educativa durante los ciclos lectivos), contribuyendo al trabajo docente, directivo y del Personal de Apoyo y Asistencia a la Educación del IPN.

Con base en lo anterior, se considera que un primer desafío para el Foro de Investigación Educativa (que en 2020 llevará a cabo su edición catorce) reside en continuar y fortalecer un diálogo productivo con los participantes, desde aquéllos que contribuyen con sus experiencias de investigación hasta los asistentes a las jornadas académicas, propiciando nodos de trabajo que deriven en proyectos de colaboración, tanto para la apertura de nuevos espacios de difusión de la investigación educativa (dentro del Instituto y en las instituciones externas que son parte del evento) como para los grupos de trabajo que se enriquezcan con los ejes de trabajo propuestos por la DFIE. Para ello, el Foro necesita establecer estrategias de comunicación efectiva y de identificación de la población asistente a las jornadas de trabajo, propiciando

un sentido de participación por encima del estadístico del evento institucional.

Otro de los desafíos planteados radica en la modificación constante de los formatos y modalidades del Foro, ofreciendo a los partícipes nuevas experiencias de trabajo durante las jornadas académicas, dando un sentido innovador y actual, con base en las tendencias institucionales y en los procesos constructivos para el abordaje de la investigación educativa, desde la presentación de los resultados hasta el intercambio de ideas y los debates derivados en este intercambio. Esta propuesta de nuevas experiencias para los eventos académicos se enriquece con el diálogo referido previamente, generándose así metodologías para su desarrollo, de acuerdo con los riesgos referidos en el inicio del apartado.

Otro de los desafíos planteados es el fortalecimiento de la sistematización de la producción académica, que si bien encuentra en la memoria publicada (por vía digital y que cuenta con registro ISSN) una organización y disponibilidad para la comunidad académica, es necesario propiciar mayor aprovechamiento de los resultados, además de los hallazgos de la investigación generada y concentrada desde el FIE, ofreciendo mayores recursos informacionales sobre los procesos, los métodos, los enfoques y los núcleos conceptuales desde los que se tratan los problemas educativos en los diferentes niveles y modalidades escolares.

Este incremento de la sistematización deriva en un proceso complejo de socialización de los resultados generados de las investigaciones, las reflexiones y las trayectorias educativas, lo cual lleva al desafío de construir nuevos canales de difusión institucional, así como de fortalecer los existentes, con la finalidad de poner a disposición los insumos identificados y sistematizados de las contribuciones académicas de los participantes.

De forma general, el desafío para la DFIE reside en generar espacios de construcción (no sólo de difusión) de comunidades académicas, movilizadas por intereses comunes —como lo es la investigación educativa, en el caso del Foro—, al igual que de elementos de innovación y discusiones contemporáneas que sean de interés para la comunidad académica que participa de las actividades de la Dirección.

Cada espacio académico generado desde el IPN necesita orientar las discusiones a nuevas formas de trabajado basadas en la consolidación de los grupos de trabajo, de forma incluyente y que permita incorporar las ideas y la experiencia de cada uno de los agentes que componen el tejido institucional, en donde cada uno de los aportes represente nuevos desafíos en la incorporación de las voces, las miradas y las tendencias que surgen desde la vida académica de las aulas, las escuelas, las organizaciones y las instituciones.

Así mismo, se debe mantener la calidad lograda con el trabajo articulado de la comunidad de la DFIE a partir de propiciar modalidades de trabajo dinámicas y actuales, con base en las tendencias académicas y organizacionales, incorporando a las actividades a académicos influyentes en las agendas educativas, con miradas pluralistas y enriquecedoras del debate y de las conclusiones (parciales) para la toma de decisiones desde el IPN, que contribuyan a la mejora de la educación institucional, al igual que a su impacto en el desarrollo de la sociedad y de la cultura nacional.

### Semblanzas

**Rosalía María del Consuelo Torres Bezaury** es egresada del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 6 “Miguel Othón de Mendizábal”, estudió la licenciatura en Biología y la maestría en Ciencias Químico Biológicas en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Dentro del IPN ha ejercido diversos cargos: en la ENCB fungió como jefa del Departamento de Zoología, subdirectora técnica, subdirectora académica y directora (por dos periodos); además, estuvo a cargo de la Dirección de Educación Superior, siendo la primera mujer en ostentar dicha función; y, actualmente, desempeña el puesto de Directora de Formación e Innovación Educativa. Cuenta con reconocimientos por parte de diversas instituciones, entre las que destacan: el Colegio de Biólogos de México A. C., el Instituto de Investigación y Capacitación para las Ciencias Biológicas A. C., la Sociedad Mexicana de Entomología y la Federación Nacional de Profesionales Politécnicos por su loable trayectoria profesional en el campo de la biología, de la docencia y de la investigación. Ha participado en la revisión de diversos proyectos de investigación, al igual que en publicaciones de revistas indexadas, asimismo, ha sido conferencista a nivel nacional e internacional.

**José Jacobo Gómez Quiroz** es maestro en Ciencias de la Educación y en Ciencias Sociales por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) México y se encuentra estudiando el doctorado en Ciencias Sociales con orientación en Educación en la FLACSO Argentina. Se ha desempeñado como docente en instituciones públicas y privadas de México y Argentina; como investigador asociado en la FLACSO México y la FLACSO Argentina; ha sido asesor y coordinador de proyectos educativos en la Secretaría de Educación Pública (SEP), en la Secretaría de Educación de la Ciudad de México (SEDU) y en el Ministerio de Seguridad de la República Argentina. Actualmente, es jefe del Departamento de Investigación Educativa en el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Además, es autor del libro *La irrupción inesperada: Las tecnologías de información y comunicación en los procesos de enseñanza en la educación*.



# Calidad del agua en el laboratorio del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 16 “Hidalgo”

Irasema Leticia Islas García  
María de los Ángeles Barrios Sánchez

Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 16 “Hidalgo”, Instituto Politécnico Nacional

Este artículo reseña la tesis titulada *Evaluación de la calidad del agua de entrada y salida en el laboratorio de clínicos del CECYT No. 16 Hidalgo*, la cual fue desarrollada por los estudiantes Itzel Alhely García Ortega, Yonatan Jiménez Reyes y Lluith Esmeralda Vicencio Espinoza de la carrera de Laboratorista Clínico que se ofrece en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) 16 “Hidalgo”. Ellos obtuvieron el primer lugar en el Concurso Institucional Premio a las Mejores Tesis de Nivel Medio Superior del área de Ciencias Médico Biológicas (CMB). Bajo la dirección de la doctora Irasema Leticia Islas García y la codirección de la maestra María de los Ángeles Barrios Sánchez.

Adentrándose en el tema, toda forma de vida en la Tierra depende del agua, sin ella es imposible la vida como la conocemos. Asimismo, su sanidad y calidad son fundamentales para el desarrollo y el bienestar humano, por lo que la calidad del agua es una cuestión que preocupa a países de todo el mundo y existen directrices internacionales regulatorias que aseguran que su consumo humano sea seguro. Las directrices internacionales sirven de base para la elaboración de reglamentos y normas nacionales, las cuales contemplan factores de riesgo como agentes infecciosos, contaminación química o radiológica. El agua para uso y consumo humano necesita satisfacer estas normas para prevenir, por ejemplo, la transmisión de enfermedades gastrointestinales, para lo cual se establecen límites permisibles en cuanto a sus características organolépticas, físicas, químicas, microbiológicas y radiactivas (Barrera, 2014).

Debido a la preocupación generada por el hecho de que la

[...] contaminación de los cuerpos de agua a nivel nacional no solo repercute en el aspecto ambiental, la presencia de microorganismos patógenos para el

hombre presentes en el agua la convierten también en una problemática de tipo sanitario (Rojas, Muñoz, Sosa y Baqueiro, 2016, p. 30).

En consecuencia, surge la necesidad de conocer y determinar los parámetros que garanticen que el agua es aceptable para consumo humano.

De igual forma, también es de interés general la calidad del agua potable de los subproductos líquidos que se generan después de su utilización, es decir, de las *aguas residuales*. Éstas se vierten a los cuerpos de agua en cantidades que representan millones de metros cúbicos tratados de forma inadecuada o, incluso, que carecen de tratamiento.

Es necesario reconocer que la acelerada urbanización, el incremento poblacional, así como la escasez de recursos hídricos, y el aumento en el uso de fertilizantes provoca el uso cada vez mayor de las aguas residuales y grises en la producción agrícola (Organización Mundial de la Salud, 2017). Aunado a lo anterior, la incidencia humana sobre las aguas se ejerce fundamentalmente a través del vertido a sistemas naturales de efluentes residuales, incrementando con esto las enfermedades transmitidas por el uso y el consumo del agua y los productos agrícolas que fueron regados con aguas residuales.

Por lo expuesto, se debe promover un adecuado tratamiento de las aguas residuales, lo cual representa un ahorro en cuanto a la atención médica que debe darse a las enfermedades diarreicas provocadas por el consumo de agua y por productos agrícolas contaminados (Fondo para la comunicación y la educación ambiental A.C., 2018), esto es debido a que las

[...] descargas de las aguas residuales son las principales responsables de la alteración de la calidad de las aguas naturales. No obstante, el término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia

universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua apta para permitir la vida de los peces puede no ser adecuada para consumo humano, y un agua útil para la industria puede resultar inadecuada para el riego de vegetales (Saavedra, 2017, p. 4).

Por lo dicho anteriormente, se requiere establecer el grado de contaminación generado por los laboratorios en las instituciones educativas con la finalidad de determinar el nivel del impacto ambiental ocasionado por el vertido directo de las aguas residuales generadas en las prácticas desarrolladas en las asignaturas correspondientes.

Para poder evaluar la calidad del agua es necesario tener en cuenta las normas que se aplican para la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad del agua: NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-ECOL-1997 y NOM-127-SSA1-1994 (Colín, Diez y Bernal, 2014), en las cuales se indica que los contaminantes se dividen en dos amplias categorías: contaminantes químicos y biológicos.

**Los contaminantes químicos** son metales tóxicos como el hierro, el manganeso, el plomo, el mercurio, el arsénico, el cadmio y el cobre; asimismo, los compuestos nitrogenados como el amoníaco, los nitratos y los nitritos, el carbonato o el bicarbonato de calcio y el magnesio; junto con los aniones como los fluoruros, los sulfatos y los silicatos; además, sustancias orgánicas, cianuros y fenoles (Raffo y Ruiz, 2014).

**Los contaminantes biológicos** son patógenos comunes en agua contaminada, incluyen virus, bacterias, protozoos y helmintos. Dentro de los virus más comunes se incluyen: adenovirus, poliovirus, ecovirus, virus de coxsackie, virus de hepatitis A y reovirus. Con respecto a las bacterias, se nombran las siguientes: *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae* y *Yersinia enterocolitica*; como parte de los protozoos, están: *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y especies *Cryptosporidium*; en relación con los Helmintos: *Ancylostoma duodenale*, *Ascaris lumbricoides*, *Hymenolepis nana*, *Necator americanus*, *Strongyloides stercoralis* y *Trichuris trichiura*. La presencia de estos microorganismos es indicador de contaminación y cada uno se mide como elemento clave en la determinación y el control de la calidad del agua debido a que funcionan como signos de advertencia de cambios o alteraciones en la calidad del agua (Saavedra, 2017).

También en cuanto a los contaminantes biológicos, la presencia de *coliformes fecales* es indicativo de presencia

de aguas residuales (Robert, 2013). Los *coliformes fecales* son *microbiota* habitual entérica de animales de sangre caliente; son bacterias de forma bacilar, Gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas, citocromooxidasa negativos, no esporulados, cuyo metabolismo fermentativo conlleva a la producción de gas y formación de ácidos, éstas fermentan la lactosa y son capaces de crecer en sales biliares (Comisión Nacional del Agua, 2018). También es posible encontrar otros microorganismos patógenos para el humano como diversas subespecies de *Salmonella* y *Shigella*, además de virus, protozoos y fases enquistadas de metazoarios (Rojas et al., 2016).

En el CECYT No. 16 “Hidalgo”, para evitar posibles focos de infección, rige una norma sobre el manejo y la eliminación de residuos biológico-infecciosos: la NOM-087-ECOL-SSA1-2002, la cual determina las características de los residuos peligrosos, los enlista y establece los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad en el ambiente; de igual forma, instruye a las áreas generadoras de residuos a separar y envasar todos los residuos peligrosos biológico-infecciosos, de acuerdo con sus características físicas y biológicas infecciosas, teniendo cuidado de no mezclar éstos con ningún otro tipo de residuo, en particular con los municipales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003).

Cabe mencionar que el CECYT No. 16 “Hidalgo” no es un generador en masa de residuos peligrosos biológico-infecciosos, siendo los pocos: sangre, heces, orina y órganos provenientes de animales. El manejo interno que se le da a los residuos punzocortantes es de almacenamiento de acuerdo con la norma. Sin embargo, la eventual falta de seriedad de los estudiantes en cuanto al cumplimiento de la NOM-087-ECOL-SSA1-2002 puede, potencialmente, provocar riesgos a la salud.

En el CECYT No. 16 “Hidalgo” se imparte la carrera de Técnico Laboratorista Clínico. Como técnicos profesionales de la salud encargados de llevar a cabo los análisis clínicos necesarios para facultar a los médicos el diagnóstico correcto de las patologías que atienden es imprescindible que los estudiantes cuenten con agua de buena calidad para conseguir resultados confiables en dichos análisis. Por otro lado, es su deber cuidar el medio ambiente, en la medida de lo posible, al procurar un equilibrio pertinente entre el bienestar de los pacientes y el ecosistema. Por ello, este estudio se enfocó en co-tejar si las medidas de higiene y seguridad respecto del manejo de residuos peligrosos están siendo aplicadas o persisten conductas que pongan en riesgo el bienestar de la comunidad politécnica o del medio ambiente.

La realización de las prácticas de laboratorio prescritas en el currículo significa también estar al tanto del tipo de desechos que se generan. La gran mayoría de estos

desechos son peligrosos por su carácter biológico-infeccioso y son generados mayoritariamente en el laboratorio de clínicos, por eso dicho laboratorio fue el foco de este estudio.

La NOM-087-ECOL-SSA1-2002 contempla también la recolección de distintos líquidos peligrosos con los cuales los estudiantes de dicha carrera tienen contacto, tales como: sangre y sus hemoderivados, órganos de animales, así como materia fecal. Sin embargo, el agua residual generada por el lavado de material y la eliminación de residuos se lleva a cabo mediante el uso de las tarjas propias del laboratorio, lo que impide que se contemple alguna clasificación de la norma mencionada. Esta agua no recibe, por tanto, ningún tratamiento previo a su incorporación con la red de drenaje municipal. Este hecho, sumado la intensidad de las actividades escolares que comprende la carrera de Técnico Laboratorista Clínico, convierte a las aguas residuales en un punto de interés tanto por conocer su contenido como por evaluar el riesgo involucrado en el manejo de éstas.

Entonces, se realizó un muestreo del agua de entrada a los laboratorios de Biología, Química y Cisterna de la institución, al igual que del agua residual de las unidades de aprendizaje de la carrera de Laboratorista Clínico. Una vez tomadas las muestras, se almacenaron a  $4 \pm 2$  °C para su posterior análisis. Los análisis fisicoquímicos se realizaron acorde con lo descrito en la NOM-127-SSA1-1994 y a continuación se describen los resultados.

### **Determinación de pH (método potenciométrico).**

Se determinó que todas las muestras cumplieron con el límite permisible indicado en la norma para el agua potable, es decir, su pH se encontró entre 6.5 y 8.5.

### **Cloro residual, cloruros (método argentométrico).**

El cloro libre residual “es la cantidad de cloro en forma activa (cloro molecular, hipoclorito y ácido hipocloroso) que permanece en el agua, tras reaccionar con las sustancias susceptibles de demanda de cloro” (Pérez, León y Delgadillo, 2013, p. 13). Estos análisis se realizaron con un *kit* de prueba normado, cuyos resultados indicaron que una de las muestras presentó niveles altos de cloro residual ya que el límite permisible es de 0.1 y el resultado obtenido fue de 1.0. En las demás muestras se reportó *ausente*. Por otra parte, distintos del cloro residual, los cloruros son uno de los elementos que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial puede ser corrosivo en tuberías debido al tamaño del ión que puede penetrar la capa

protectora en la interfase óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural (Pérez et al., 2013). Sin embargo, las muestras se encontraron en un rango de 12.49 a 22.49 mg/L Cl<sup>-</sup> y, con base en la NOM-127-SSA1-1994, el límite máximo permisible es de 250, lo cual indica que las muestras analizadas se encontraron dentro del rango normado.

### **Sólidos disueltos (método gravimétrico).**

Todas las muestras presentaron niveles adecuados de sólidos totales.

Sólidos totales es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida [...] Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de menor potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Por estas razones, para las aguas potables es deseable un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos (Pérez et al., 2013, p. 5).

### **Dureza total.**

La dureza es una característica química del agua, la cual está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos de calcio y magnesio. Además, es aquella que tiene la capacidad de precipitar al jabón con base en la presencia de iones, calcio y magnesio (Secretaría de Economía, 2001). En tres muestras de agua no se logró observar el cambio de color conforme al *kit* utilizado. Estas muestras fueron de prácticas de la unidad de aprendizaje de perfiles clínicos en donde se trabaja comúnmente con muestras sanguíneas de diferentes estudiantes. Las muestras de agua con resultados válidos se encontraron dentro del rango permitido ya que la NOM-127-SSA1-1994 menciona que el límite máximo permisible de dureza total es de 200 mg/L.

### **Determinación de acidez y alcalinidad total.**

La alcalinidad es una medida de capacidad para neutralizar ácidos, viene favorecida por la presencia de iones bicarbonato, carbonato e hidroxilo. Los resultados de alcalinidad y acidez total se realizaron mediante titulaciones ácido-base. Si la alcalinidad total es menor de 300 mg/L, el agua se recomienda para uso doméstico. Las muestras analizadas estuvieron en la parte alta del rango permisible. Si la alcalinidad sobrepasa el límite permisible se recomienda tratarla por ablandamiento con cal-sosa, tratamiento con ácido o por desmineralización

mediante intercambio iónico (Pérez et al., 2013). A pesar de haber estado dentro del límite permisible, es deseable un ablandamiento aplicado al agua que se suministra al plantel, el cual favorecería la conservación de tuberías y llaves de suministro.

**Con respecto al análisis microbiológico de las muestras**, el estudio se desarrolló bajo los lineamientos de la *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos de América y la norma NOM-092-SSA1-1994. Las muestras se recolectaron en frascos estériles y, conforme a la norma, se realizó la cuantificación de colonias en agar triptona-extracto de levadura (agar para cuenta estándar) para determinar la presencia de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *E.coli*. De igual forma, se realizaron parcialmente pruebas de identificación fenotípica primaria y secundaria, acorde con Cowan y Steel, con la finalidad de hacer una aproximación a la tipificación de los microorganismos presentes en las muestras. Los esquemas de identificación fenotípica bacteriana primaria utilizados se basaron en características observables, como son: la morfología, la agrupación celular, la afinidad a la tinción de Gram, la morfología colonial y el metabolismo de carbohidratos; mientras que las pruebas secundarias consideraron el metabolismo de otros carbohidratos, la descarboxilación y la desaminación de aminoácidos, así como la producción de enzimas como la ureasa o la triptofanasa (Procop et al., 2017).

Para evaluar la morfología colonial, del mismo modo que el metabolismo de los microorganismos, se prepararon medios de cultivo con fundamento en la NOM-065-SSA1-1993, la cual establece las especificaciones sanitarias de los medios de cultivo y la finalidad de éstos, de tal manera que se permita estimular y promover la selección de microorganismos a partir de su composición y estado. A través de los medios diferenciales es posible detectar cambios en las características típicas de las colonias en virtud que contienen indicadores de pH.

El medio de cultivo seleccionado para recuperación y crecimiento bacteriano fue el EMB (siglas en inglés que se refieren a su composición de eosina y azul de metileno), el cual es utilizado para el aislamiento selectivo de enterobacterias y otras bacterias Gram negativas, es un medio nutritivo por la presencia de peptona que favorece el desarrollo bacteriano, además de que es útil para la diferenciación entre organismos capaces de utilizar la lactosa y la sacarosa de aquéllos que no las pueden utilizar (Laboratorios Britania, s. f.). De igual forma, se seleccionó el medio de cultivo MacConkey, el cual presenta peptonas en su composición, lo que aporta los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano; asimismo, contiene lactosa (hidrato de carbono fermentable), sales

biliares y cristal violeta, el cual actúa como agente selectivo que inhibe el desarrollo de bacterias Gram positivas y permite el crecimiento de bacterias Gram negativas como las enterobacterias.

También se utilizó agar triptona – extracto de levadura para la cuenta estándar –. El agar para método estándar es un medio utilizado para el conteo de bacterias aerobias a partir de agua, agua residual, alimentos, etc. En este medio, la dextrosa es el carbohidrato fermentable y el extracto de levadura proporciona la fuente de carbono y nitrógeno. Bajo los lineamientos de la NOM-092-SSA1-1994 se reportaron los resultados en Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Las siembras en los medios de cultivo se realizaron acorde a criterios establecidos. La siembra en EMB y MacConkey fue por estría múltiple, mientras la inoculación en medios para pruebas bioquímicas (en tubo) fue a través de picadura y/o firma. Posteriormente, se colocaron en una incubadora microbiológica de seguridad de protocolo avanzado (marca *Thermo Scientific Hera-therm*, modelo 104L), en posición invertida durante 48 horas a 37 °C ±2.

Para evaluar el metabolismo, las pruebas bioquímicas empleadas fueron:

- Agar Kligler para el metabolismo de carbohidratos, con lactosa y dextrosa, lo cual permitió la diferenciación de bacilos entéricos en función de la producción de ácidos por la fermentación de estos dos azúcares, lo que se pone de manifiesto por el cambio de pH y la presencia del rojo fenol (Laboratorios Britania, s. f.).
- Agar Hierro Lisina para el metabolismo de aminoácidos, basado en la descarboxilación y desaminación de la lisina (generando como producto cadaverina), y MIO para las pruebas de movilidad, indol y ornitina (Laboratorios Britania, s. f.).
- SIM para detección de sulfuro de hidrógeno, movilidad e indol.
- Citrato de Simmons para evaluar si el microorganismo utiliza el citrato de sodio como única fuente de carbono.
- Agar urea de Christensen para evaluar la producción de ureasa.

Acorde con los resultados obtenidos y la temperatura de crecimiento empleada, así como con las condiciones atmosféricas, hubo presencia de microorganismos mesofílicos aerobios. Respecto de la evaluación del agua de cisterna, con base en la NOM-127-SSA1-1994, se determinó en rango adecuado ya que el límite máximo permisible de microorganismos mesofílicos aerobios fue de

100 UFC. La cuenta fue mayor en las muestras de salida, por lo que se realizó resiembra en EMB y MacConkey, así como pruebas bioquímicas.

En EMB se observaron colonias pequeñas a medianas, cremosas, planas de color negro azulado y con brillo verde metálico; en medio MacConkey se apreció el crecimiento de colonias rosadas, circulares, planas de margen entero. La morfología microscópica tras la tinción de Gram mostró la presencia de bacilos cortos Gram negativos.

Acorde con los resultados de las pruebas bioquímicas se identificaron de manera presuntiva tres especies fermentadoras de dextrosa y lactosa compatibles con crecimiento en el medio Kligler, de las cuales una predominó, cuya bioquímica muestra un microorganismo fermentador – lactosa positivo, móvil sin producción de sulfuro de hidrógeno, no productor de ureasa, ornitina descarboxilasa positivo, citrato negativo –, por lo que se hizo la identificación presuntiva de *E. Coli*. También se encontró un microorganismo fermentador, inmóvil, lisina DC positivo, ornitina negativo, citrato positiva, urea positiva, lo que sugiere la presencia de alguna subespecie de *Klebsiella*. Finalmente, se identificaron subespecies de *Proteus*; los tres miembros de la familia *Enterobacteriaceae* y microbiota habitual entérica. Adicionalmente, se identificó un microorganismo no fermentador en medio Kligler, sugere de alguna especie del género *Pseudomona*.

Para concluir el estudio, se logró establecer la presencia de carga bacteriana del tipo Gram negativo en forma de bacilos mesófilos aerobios en toda muestra de origen biológico, destacando las muestras con materia fecal. La diferencia entre el origen de cada muestra y las características particulares de los microorganismos encontrados radicó en la propia capacidad de las bacterias de ser móviles, fermentadoras o no fermentadoras de azúcares, de reaccionar con la enzima ureasa, de descarboxilar la lisina o la ornitina, así como de utilizar el citrato como fuente de carbono. Las muestras de agua residual suelen presentar microbiota habitual del tracto gastrointestinal del ser humano; este hecho explica la no caracterización específica de cada microorganismo encontrado, sin embargo, se sugiere corresponde mayormente a *E. Coli*, *Salmonella spp.*, *Proteus spp.*, *Pseudomona aeruginosa*, todos ellos microbiota habitual humana.

Por otro lado, la carga biológica en el agua de la cisterna presume un líquido con mínima carga biológica (no fermentadora) y cuyas características cumplen con lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994 en cuanto a criterios biológicos, físicos y químicos; específicamente, respecto de estos dos últimos, los resultados estuvieron dentro de los límites permisibles, salvo el resultado de la prueba de cloro residual que los excedió. Para realizar este análisis se utilizó como guía el manual de pruebas

físicoquímicas que se elaboró como parte de este estudio, el cual se rige por lo establecido en esta norma.

Con base en los resultados de las pruebas bacteriológicas, físicas y químicas de agua de entrada se determinó que el agua suministrada se encuentra dentro de los límites establecidos por las normas correspondientes y, por lo tanto, esta agua no significa un riesgo para estudiantes ni para el personal de la escuela. No obstante, como era de esperarse, se encontraron valores alterados en el agua de salida, es por ello que se recomienda una evaluación periódica de la calidad de agua de entrada y salida como un mecanismo de control, del mismo modo que la supervisión por parte de los docentes encargados de impartir las asignaturas de la carrera para asegurar que el desecho de materiales biológico infecciosos y otros tipos de residuos generados en el laboratorio se traten debidamente, previo a su reintegración al sistema de drenaje municipal al ser desechados en las tarjas del laboratorio.

## Semblanzas

**Irasema Leticia Islas García** es originaria de Pachuca, Hidalgo. Obtuvo el doctorado en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y por la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAM-I). Es autora principal del artículo científico que lleva por título *Ampicillin mineralization by denitrifying process: kinetic and metabolic effects*. Actualmente, labora como docente en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) e imparte unidades de aprendizaje de Química en las carreras del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 16 “Hidalgo”. Desde el inicio de su carrera laboral en el IPN ha desarrollado proyectos de investigación relacionados con el tratamiento de aguas residuales y con la detección de cortisol en víctimas de maltrato físico. Ha dirigido tesis de nivel medio superior y, en 2019, guio el trabajo de tesis que obtuvo el primer lugar en el Concurso Institucional Premio a las Mejores Tesis de Nivel Medio Superior del área de Ciencias Médico Biológicas. Además, pertenece a la Red Temática de Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), en la cual participa como revisora de capítulos de libros.

**María de los Ángeles Barrios Sánchez** es Químico Fármaco Bióloga por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), especialista en Hematología Diagnóstica por el Instituto de Hematopatología, maestra en Educación Superior por la Universidad La Salle y cuenta con dos diplomados en Bacteriología Clínica. Actualmente, está estudiando la maestría en Química Clínica Diagnóstica en la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Es también coautora del artículo científico que lleva por título *Phylogenetic Analysis of Bacillus cereus sensu lato Isolates from Commercial Bee Pollen Using tRNACys-PCR*. Además, es profesora en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 16 "Hidalgo", ha fungido como presidente de Academia del Área Básica (2013-2015) y de de la carrera de Laboratorista Clínico (2015-2017) y representó al personal docente del área de Ciencias Médico Biológicas como miembro del 4.º Consejo Técnico Consultivo Escolar (2017-2018).

## Referencias

Colín, A., Diez, A., y Bernal, L. A. (2014). Parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad del agua. En C. E. Barrera y C. E. (coord.), *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales* (pp. 45-64). Barcelona, España: Reverté.

Comisión Nacional del Agua (2018). *Estadísticas del agua en México* (Informe No. 2018). Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.

Fondo para la comunicación y la educación ambiental A. C. (19 de febrero de 2018). Aguas residuales y contaminación en México [Comentario en un diario en línea]. Recuperado de <https://agua.org.mx/actualidad/aguas-residuales-contaminacion-en-mexico/>

Laboratorios Britania (s. f.). *Christensen medio (urea agar base)* (Instructivo No. B0210905 y B0210906). Buenos Aires, Argentina: Laboratorios Britania.

Organización Mundial de la Salud (febrero, 2017). Aguas residuales [Comentario en un portal digital

]. Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/sanitation-waste/wastewater/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/wastewater/es/)

Pérez, C., León, F. M., y Delgadillo, G. R. (2013). *Tratamiento de aguas. Manual de Laboratorio*. Manuscrito inédito, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, México. Recuperado de [http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/tratamiento-de-aguas\\_manualprac.pdf](http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/tratamiento-de-aguas_manualprac.pdf)

Procop G. W., Church, D. L., Hall, G. S., Janda, W. M., Koneman, E. W., Schreckenberger, P. C., y Woods, G. L. (2017). *Diagnóstico microbiológico: Texto y atlas*. Madrid, España: Wolters Kluwer.

Raffo, E., y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.

Robert, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36.

Rojas, N. E., Muñoz, G., Sosa, A., y Baqueiro, I. (2016). Determinación de la calidad microbiológica del agua de la Laguna de Chapulco, Puebla. *Investigación y Ciencia*, 24(68), 29-35.

Saavedra, B. (2017). *Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP* (Tesis de pregrado inédita). Universidad de Piura, Perú.

Secretaría de Economía (2 de agosto de 2001). Análisis de agua – *Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba* (Norma NMX-AA-072-SCFI-2001). Ciudad de México: Dirección General de Normas.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (22 de enero de 2003). NORMA Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de <https://www.dof.gob.mx>

# Lineamientos

## Docencia Politécnica

Revista de difusión docente de la Secretaría Académica del Instituto Politécnico Nacional



### Secciones editoriales de la revista:

**Formación docente:** Artículos inéditos escritos por docentes, referentes a teorías, metodologías o técnicas pedagógicas que aplican en su labor cotidiana en la educación presencial o a distancia, en el aula, en el laboratorio, en el campo o en el ciberespacio.

**Trayectorias:** Artículos inéditos escritos por docentes, referentes a la formación de competencias y habilidades de los estudiantes, analizadas en función de las necesidades, intereses y demandas de los problemas sociales, de la innovación y competitividad del sector productivo; así como la pertinencia social, laboral y productiva de los perfiles de ingreso y egreso de los estudiantes politécnicos.

**Tecnologías educativas:** Artículos inéditos escritos por docentes, referentes a las experiencias de aplicación de tecnologías analógicas o digitales que mejoran la comprensión de los temas incluidos en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula, en el laboratorio o a distancia, especialmente en educación 4.0, desde apuntes impresos para clases hasta realidad virtual o inmersiva.

**Educación y sociedad:** Artículos inéditos escritos por docentes, referentes a problemáticas sociales de profesores y estudiantes, así como la responsabilidad y el compromiso social de unos y otros.

### LINEAMIENTOS EDITORIALES

1. Los artículos enviados para su publicación deben ser inéditos, escritos con lenguaje claro, sintaxis correcta, estructura y secuencia lógica, al igual que coherente de proposiciones, en un texto que aproveche al máximo los recursos narrativos, literarios y gramaticales del idioma español.
2. Los artículos deben presentarse en formato tamaño carta con extensión mínima de 10 cuartillas y máxima de 18, a una columna, fuente tipográfica Times New Roman de 12 puntos, interlineado de 1.5 líneas, espaciado entre párrafos posterior de 12 puntos, en letras minúsculas, y en mayúsculas sólo en los casos autorizados por la gramática española.
3. El título debe contener un máximo de 15 palabras y corresponder con el contenido del artículo.
4. Los elementos gráficos como cuadros, gráficas, esquemas, dibujos o fotografías deben incluirse en formato editable y/o mandarse también por separado, ya que en el texto sólo servirán como referencia debido a que insertadas en *Word* no cuentan con la calidad para impresión. Las imágenes o fotos deberán tener un formato *jpg* o *tiff*, con una resolución mínima de 400 dpi a tamaño real, el ancho máximo de figura es 17.5 cm. En caso de insertar figuras y tablas creadas a partir de las herramientas de *Word*, se deberán mantener en formato editable.
5. Se evitarán notas a pie de página. La referencia de toda cita textual, idea o paráfrasis se añadirá al final de ésta entre paréntesis, indicando la página o páginas correspondientes, de acuerdo con los lineamientos de la *American Psychological Association* (APA), los cuales pueden consultarse en <https://apastyle.apa.org/> La lista de referencias bibliográficas o cibergráficas también deberá estructurarse según las normas del formato APA. Todo artículo de revista digital deberá llevar el doi correspondiente, y en los textos tomados de páginas digitales modificables se les añadirá la fecha de recuperación.
6. Se debe anexar la semblanza del autor o de los autores al final del mismo archivo *Word*. Se recomienda que cada semblanza se escriba empleando de 90 a 120 palabras, priorizando la trayectoria escolar y/o profesional en el Instituto Politécnico Nacional y con elementos curriculares de trascendencia nacional e internacional.
7. Los artículos deben enviarse a la dirección electrónica [innova@ipn.mx](mailto:innova@ipn.mx), con copia al correo electrónico [coord.ed.rie@gmail.com](mailto:coord.ed.rie@gmail.com)

A la comunidad científica y docente, se le invita a colaborar con artículos de investigación inéditos, escritos en español o en inglés, para integrar su sección temática *Aleph* del número 85, la cual se enfoca a:

## Perfiles docentes y su asociación o disociación con elementos del constructo de la educación 4.0

En esta convocatoria serán atendidas, especialmente, las siguientes líneas de investigación:

- ♦ **Estudios enfocados a la descripción del perfil de determinado grupo de docentes de educación media superior, superior o posgrado.**
- ♦ **Intervenciones educativas, enfocadas en incidir sobre un grupo de docentes con un perfil determinado, en las que se analice e interprete con técnicas sistemáticas la narrativa de los participantes.**
- ♦ **Estudios que establezcan empíricamente la asociación o la disociación de determinado perfil docente con:**
  - ◊ La enseñanza centrada en el aprendizaje
  - ◊ El enfoque de enseñanza por proyectos
  - ◊ La educación a distancia
  - ◊ La flexibilización de la enseñanza
  - ◊ La personalización del aprendizaje
  - ◊ La gamificación del aprendizaje
  - ◊ El uso pedagógico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación
  - ◊ El desarrollo de la comunicación asertiva de los estudiantes
  - ◊ El desarrollo de la capacidad de los estudiantes de aprender a lo largo de la vida
  - ◊ El desarrollo de la capacidad de liderazgo de los estudiantes
  - ◊ El desarrollo de la capacidad de los estudiantes para tomar decisiones racionales en situaciones de alta incertidumbre
  - ◊ El desarrollo del pensamiento y la conducta ética de los estudiantes
  - ◊ El desarrollo de la responsabilidad social de los estudiantes
  - ◊ El currículo
  - ◊ El clima escolar
  - ◊ El liderazgo de las autoridades educativas
  - ◊ El contexto organizacional del centro o institución escolar
  - ◊ La adaptación del servicio educativo ante crisis, como la sanitaria producida por el COVID-19
  - ◊ La superación de las desventajas culturales o socioeconómicas de los estudiantes (equidad e inclusión)
  - ◊ La inserción laboral de los egresados de la educación media superior, superior o posgrado

**Fecha límite de recepción de trabajos para la sección temática *Aleph*:** 30 de septiembre de 2020

Consulta de lineamientos para envío de originales en: [www.innovacion.ipn.mx](http://www.innovacion.ipn.mx)

Envío de colaboraciones a los correos: [innova@ipn.mx](mailto:innova@ipn.mx) con copia a [coord.ed.rie@gmail.com](mailto:coord.ed.rie@gmail.com)

*Innovación Educativa* (ISSN 1665-2673) es una revista científica mexicana, arbitrada por pares a ciegas, indizada y cuatrimestral, que publica artículos científicos inéditos escritos en español o inglés. La revista se enfoca en las nuevas aproximaciones interdisciplinarias de la investigación educativa para la educación media superior, superior y posgrado donde confluyen las metodologías de las humanidades, las ciencias sociales y las ciencias de la conducta.



# Docencia Politécnica

