

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MILPA ALTA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Un plan para crear

un **MAKERSPACE**

Israel Olivos Barranco

Javier Suárez Rocha

Fátima Yaraset Mendoza Montero



DR© TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MILPA ALTA
México, 2024

Independencia Sur No. 36, Colonia San Salvador Cuauhtenco,
Alcaldía Milpa Alta, C.P. 12300, CDMX.

Conmutador: 55 58623757

Correo electrónico: iob.olivos@gmail.com

Cuidado editorial: Eva Gonzalez Pérez

Diseño editorial: Nismet Díaz Ferro

Queda prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio, del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Milpa Alta.



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®**

Israel Olivos Barranco

Ingeniero Mecánico Electricista y maestro en Ingeniería, ambos por la Universidad Nacional Autónoma de México. Docente del Instituto Tecnológico de Milpa Alta del Tecnológico Nacional de México.

Colaborador de la Línea de Investigación Educativa Modelos Educativos y Currículo, cuenta con dos publicaciones en la *Revista IPSUMTEC* del TecNM Milpa Alta y una en la *Revista ANFEI Digital*. Temas de interés: Aprendizaje basado en proyectos, aula maker, internet de las cosas.

Javier Suárez Rocha

Doctor en Ingeniería. Docente del programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fue árbitro de la revista *International Journal of Information Technologies and the Systems Approach* hasta 2020. Ha dirigido proyectos de consultoría y vinculación de la UNAM-FI con Bancomer, Conagua, IMTA, CFE, Pemex-PEP, STC-Metro, Coparmex. Área de trabajo: desarrollo e implementación de planes estratégicos; procesos de intervención en pequeñas y medianas empresas y modelos de vinculación de instituciones educativas con organizaciones públicas y privadas.

Fátima Yaraset Mendoza Montero

Licenciada en Contaduría, maestra en Derecho Fiscal, especialista en Delitos Financieros y Fiscales, doctoranda en Educación con Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento. Docente de asignaturas del área de ciencias económico-administrativas y cuenta con la distinción de Perfil Deseable. Directora General de la *Revista IPSUMTEC*, miembro del comité de planes y programas COEPES de la SECTEI en la CDMX y directora del Instituto Tecnológico de Milpa Alta.

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) es un órgano administrativo desconcentrado del Gobierno Federal. Su finalidad es llevar oportunidades de educación superior tecnológica a todos los jóvenes del país, apoyar la industrialización de las diversas regiones mediante la formación de técnicos y profesionales comprometidos con sus comunidades e impulsar el desarrollo regional.

Con 254 instituciones de educación superior en las 32 entidades del país, federales y descentralizadas, ofrece 43 carreras de licenciatura, 13 de especialización, 65 de maestría y 24 de doctorado, vinculadas a cuatro sectores fundamentales de desarrollo: agroindustrial, automotriz, aeronáutica y energético.

El Instituto Tecnológico de Milpa Alta (ITMA) pertenece al TecNM y es el primero en la CDMX. Ubicado en San Salvador Cuauhtenco, uno de los doce pueblos de Milpa Alta, brinda servicios educativos a nivel superior de calidad en los programas de Educación Superior de Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Industrias Alimentarias.



Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México —en particular, al Instituto Tecnológico de Milpa Alta—, por su apoyo y apertura para la realización de esta obra.

A todas las personas e instituciones que contribuyeron a la realización de este libro, en particular, al Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y al Campo de Conocimiento en Ingeniería de Sistemas.

Agradecimientos	IV
Presentación	1
Introducción	3
EL ÁMBITO DE LOS MAKERSPACE	6
<i>Makerspace</i> en el mundo	6
<i>Makerspace</i> en México	10
MOVIMIENTO MAKER Y EDUCACIÓN	15
Movimiento <i>Maker</i> y el aprendizaje	15
El movimiento <i>Maker</i> y la educación formal	16
Constructivismo	18
Construccionismo	20
EL RETO DE LA EDUCACIÓN	22
Educación Superior en México.....	22
La problemática de la Educación Superior en el TecNM	25
Alternativas de solución	29
Ventajas y áreas de oportunidad de los <i>Makerspace</i>	34
La propuesta de solución	36
¿Cómo lograrlo?.....	38
ANTECEDENTES DEL TEMA	40
El enfoque de sistemas	40
Construcción por composición y descomposición	42
Modelo de caja negra	43
Aplicación de un modelo de caja negra a un sistema productivo ...	44
Modelo de caja negra del TecNM campus Milpa Alta	45
Metodología de evaluación de proyectos	47
Evaluación	48

Estudio de mercado	49
Estudio técnico	50
Estudio organizacional	51
Estudio financiero	52
El modelo educativo del TecNM	54
Formación por competencias del TecNM	54
La innovación en el TecNM	55

DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO 57

Estudio de mercado	57
Análisis de la demanda y oferta actuales	59
Elaboración de la encuesta	60
Análisis de resultados	62
Oferta actual	65
Precio	66
Proyección de la oferta y la demanda	66
Difusión del <i>Makerspace</i>	67
Proyección de ingresos	68
Estudio organizacional	68
Aspectos ambientales	68
Aspectos jurídicos	71
Naturaleza jurídica	71
Marco normativo	72
Organización operativa	72
Organización durante la gestión	76
Organización para la ejecución	77
Estudio técnico	77
Marco de referencia	77
Localización macro	78
Localización micro	79
Normatividad vigente	80
Proceso de producción	81
Tamaño del proyecto	82
Ingeniería del proyecto	83
Monto de inversión	85
Estudio financiero	86
Consideraciones y supuestos	86

Ingresos y egresos.....	86
Costos de operación y mantenimiento (O&M).....	87
Costos fijos.....	87
Costos variables.....	87
Capital de trabajo	89
Inversiones	92
Depreciación	93
Tasa de descuento.....	93
Flujos	94
Indicadores	94
Valor Actual de los Costos (VAC).....	94
Estudio económico	95
Evaluación social.....	95
Epílogo	99
Bibliografía	101

Este libro aporta un análisis sistémico sobre el proceso de enseñanza aprendizaje dentro de un espacio (*makerspace*) que no sólo permite la libre expresión de ideas y el trabajo colaborativo, sino que también acerca herramientas tecnológicas para la construcción de prototipos, con lo cual se impulsa la cultura de *aprender haciendo*.

En el ámbito educativo, la cultura *Maker* está arraigada de diferentes formas, pues los docentes frecuentemente utilizan técnicas de aprendizaje que incluyen la construcción de modelos, maquetas o algún tipo de artefacto. Incluso en la educación secundaria hay opción de tomar un taller —electricidad, carpintería, corte y confección, cocina, dibujo técnico, por ejemplo—, donde los estudiantes desarrollan competencias relacionadas no sólo con las habilidades prácticas, sino también genéricas. Entre otras, la capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, de trabajar en equipo o en forma autónoma. El enfoque constructivista se utiliza en estos talleres de manera intrínseca, por lo que la idea de aprender haciendo se aplica cotidianamente.

En los cincuenta, el movimiento *Do it yourself* (DIY) o “hágalo usted mismo” impulsaba a las personas para hacer reparaciones en casa, fabricar enseres, o bien, diseñar objetos tanto utilitarios como decorativos. Más tarde, los dispositivos móviles ofrecieron herramientas que facilitan el *aprender haciendo*. También existe un sinnúmero de tutoriales en Youtube, TikTok u otras plataformas sobre el uso de aplicaciones para la creación de contenido tipo *Story telling*, *Stop motion* o Programación con bloques, entre otros. La cultura *Maker* ha aprovechado este acceso y ha materializado ideas con el uso de impresoras 3D, router CNC y cortadora láser, por ejemplo.

Atenta a su entorno, la academia analiza el movimiento *Maker*, para identificar qué lo generó, cómo se popularizó y de qué modo puede ser aprovechado para coadyuvar a los objetivos institucionales en el ámbito universitario.

Así pues, invitamos al lector a acompañarnos en este análisis que aporta una visión con un enfoque sistémico, partiendo de lo general hacia lo particular, y que alberga la esperanza de servir como referencia en la creación de nuevos espacios *Maker*.

Mtra. Fátima Yaraset Mendoza Montero

En este libro, exponemos el caso particular de un *makerspace* con los estudiantes de licenciatura del Tecnológico Nacional de México (TecNM), campus Milpa Alta. Se realizó con la finalidad de impulsar las competencias de aprendizaje, técnicas y sociales, para estimular su creatividad, la práctica y la experimentación dentro de su formación profesional. Se orientó al desarrollo de la actividad científica, tecnológica y de innovación, con enfoque sustentable y humanista dentro del TecNM, campus Milpa Alta. Con base en esa experiencia, el propósito de esta obra es presentar un plan para crear un *makerspace* que utilice un modelo de enseñanza aprendizaje basado en aprendizaje colaborativo.

Los *makerspace* son áreas utilizadas para compartir herramientas, conocimientos e ideas. Han existido desde hace mucho, pero en los últimos años han ganado popularidad tras incorporarse al campo de la ingeniería, la computación y el diseño gráfico (Colindres, 2015). Permiten a las personas involucrarse en la realización de manualidades y otras actividades creativas que usualmente no están presentes en la educación formal, como costura, carpintería, conexión de circuitos, y realización de invenciones de tal forma que desarrollen aptitudes para la resolución de problemáticas reales.

Quizá valga la pena mirar al pasado para saber cuáles fueron los antecedentes que dieron lugar al movimiento *Makerspace* y cuáles son sus perspectivas.

Por su naturaleza creativa, desde sus orígenes el hombre echó mano de todo lo que le facilitara la caza, la pesca, la recolección de frutos y la confección de su vestimenta. Su destreza manual le permitió fabricar lo que necesitaba y su curiosidad lo llevó a grandes descubrimientos. Con el paso del tiempo, sus habilidades evolucionaron y se convirtieron en artes y oficios, como la agricultura, la alfarería y el arte textil. Más tarde, algunos de estos oficios fueron reemplazados por líneas de producción con máquinas, como ocurrió durante la revolución industrial. De un

modo u otro, la creatividad e innovación del ser humano posibilitaron el desarrollo de avances tecnológicos que hoy forman parte de la vida cotidiana.

En los cincuenta, el movimiento *Do it yourself* (DIY) ofreció la posibilidad de que cualquier persona reparara desperfectos en casa, fabricara enseres o diseñara objetos meramente decorativos. Medio siglo más tarde, el estadounidense Dale Dougherty retomó el movimiento y, poco después, en la unión americana aparecieron las ferias de hacedores —*Maker Faires*®—, espacios donde los makers podían exhibir sus proyectos.

Muy pronto, surgieron los *TechShop* en California, y los *FabLabs* en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), considerados ahora como los primeros *Makerspace*.

En años recientes, este movimiento nuevamente fue retomado a partir del surgimiento de tecnologías de *hardware* abierto —como *Arduino*— o enfocadas al aprendizaje —como *Raspberry Pi*—, entre otras. Sin conocimientos técnicos profundos y sólo con la filosofía de *aprender haciendo*, dichas tecnologías permitieron realizar proyectos de electrónica, domótica, artefactos decorativos y accesorios para vestir, por ejemplo. A decir de Dougherty (2012), el término *maker* describe a cualquiera de nosotros, porque sin importar cómo vivamos o cuáles sean nuestros propósitos, todos somos hacedores: cocineros que preparan alimentos para la familia, jardineros que cuidan plantas y flores o tejedores que urden hilos.

Más adelante, la invención de la computadora y el desarrollo de los sistemas digitales permitieron crear aplicaciones para el manejo de la información, así como simular objetos virtuales que hoy, gracias a la tecnología de impresión 3D, pueden concretarse en el mundo físico.

El auge del movimiento *Maker* se debe en parte a la necesidad de las personas por involucrarse de manera apasionada con los objetos, para hacer algo más con ellos en lugar de ser sólo consumidores. Otras influencias han jugado para bien, pues muchas están cercanas a alinear este movimiento con las nuevas tecnologías y las herramientas digitales (Dougherty, 2012). Por ello, no extraña la relación estrecha entre un *maker* y un *hacker*, pues mientras el primero utiliza los elementos a su alcance para construir algo nuevo, el segundo busca romper los sistemas o

dispositivos para descubrir cómo funcionan. En ambos casos se trata de apropiarse de los objetos, abrirlos y tener la posibilidad de crear algo nuevo o diferente, que propicie un autoaprendizaje bajo la filosofía de hazlo tu mismo.

En una *Maker Faire*, según Dougherty (2012), hay innovación “al natural”, es decir, no “domesticada” o controlada. Según el autor, es suficiente visitar cualquiera de esas ferias y ver algo antes no visto. En muchas instituciones —escuelas, corporaciones o departamentos gubernamentales—, se piensa que las actividades del *maker* efectivamente conducen a la innovación, pero también pueden administrarse en un entorno controlado.

Los *Makerspace* representan la oportunidad de explorar la forma de compartir el conocimiento en un entorno libre y abierto a la experimentación, con disponibilidad de herramientas físicas y digitales que permitan su aplicación. La impresión 3D, la cortadora CNC —sistema que permite controlar la posición de un elemento físico—, la cortadora láser, los kits de Arduino, las minicomputadoras *Raspberry Pi*, las pinzas, el desarmador, la estación para soldar, el *protoboard*, entre otros muchos recursos, son algunas de las herramientas físicas que se pueden encontrar en un *makerspace*. La mayoría son accesibles en su costo individual, pero no de manera conjunta.

Los miembros del movimiento *Maker* se caracterizan por el interés en hacer cosas de manera creativa y colaborativa mientras resuelven un reto significativo. Este reto surge de la propia experiencia y despierta la curiosidad de conocer más al respecto. Puesto que la curiosidad es una manifestación interna de las personas, si se hace permanente, puede exteriorizarse al demostrar interés por medio del habla, la búsqueda de información u algún medio para satisfacer esa sensación. El proceso interno y externo del espacio *makerspace* se analiza desde la teoría constructivista y construccionista, como veremos en el siguiente capítulo.

El ámbito de los *Makerspace*

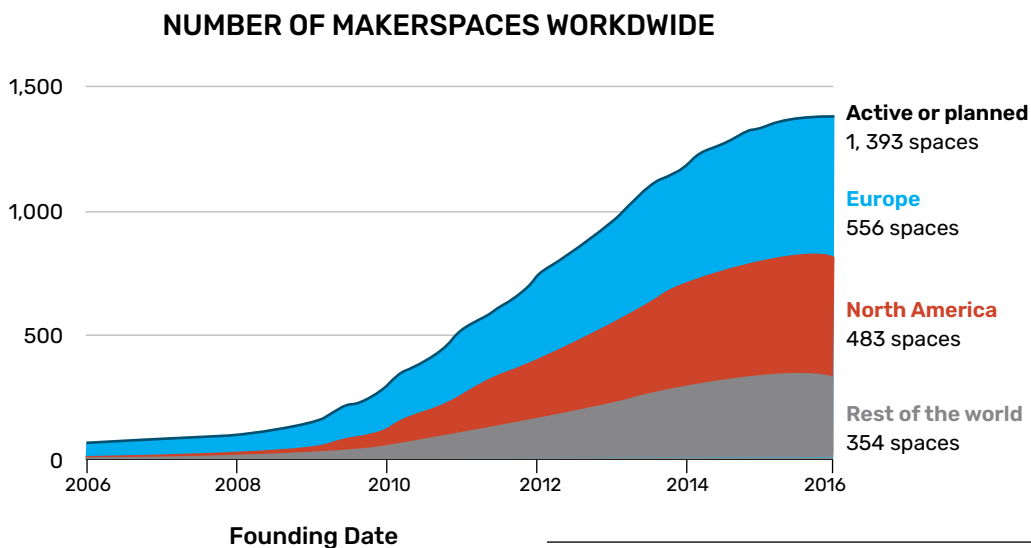
Makerspace en el mundo

En la época actual, la economía industrial se basa en el conocimiento y el manejo de información, pues utiliza medios digitales como el *coding* y los *big data*. Hoy, la industria es mucho más que fábricas y materiales: es la creación de valor. La infraestructura digital es tan crítica como la infraestructura física (Ede, 2014).

Los reportes del New Media Consortium (NMC) —consorcio internacional, sin fines de lucro, de organizaciones centradas en el aprendizaje dedicadas a la exploración y el uso de nuevos medios y tecnologías— trazan el horizonte de cinco años para el impacto de las tecnologías emergentes en comunidades escolares de todo el mundo. Con ejemplos de diferentes partes del mundo, los reportes expresan el entusiasmo generalizado detrás de los *makerspace*, donde se cultivan ambientes donde los estudiantes toman el control de su propia educación haciendo y creando. Esto ha ayudado a que el movimiento gane atracción global (Johnson *et al.*, 2015).

El crecimiento de *Maker* se debe también a que se ha convertido en una fuente de sustento por medio de la cual los individuos encuentran formas de construir pequeños negocios alrededor de su actividad creativa. En cuanto a las grandes compañías, el movimiento representa una opción que permite automatizar cada vez más sus operaciones.

En 2019, en el directorio <https://Makerspaces.make.co/>, había 906 *makerspace* registrados y en la lista del sitio <https://wiki.hackerspaces.org/>, 1 079 *hackerspace* activos.



Nerd box: Charts are based on user-reported data. The graph omits any spaces marked as closed. Data current as of January 2016.

Figura 1. Número de *Makerspace* en el mundo.
Fuente: Lou & Peek, 2016

Aunque estos datos destacan la relevancia del movimiento *Makerspace* en la actualidad, cabe aclarar que su número varía según la fuente que se consulte. Veamos algunos casos.

Entorno mundial

- En su artículo “By the numbers: The rise of the *makerspace*”, Lou y Peek (2016) sostienen que, desde hace más de una década, los *makerspace* han incrementado su popularidad alrededor del mundo. Según los datos que presentan, usuarios reportan números cercanos a 1400 espacios activos, 14 veces más que en 2006.

Estados Unidos

- En 2015, el entonces presidente de Estados Unidos, Barack Obama, anunció la iniciativa *Nation of Makers*. Un año más tarde, había más de 400 *makerspace* en ese país, incluyendo los ubicados en escuelas, librerías y universidades (Lou & Peek, 2016; Irie *et al.*, 2019).
- En abril de 2017, AcceleratingBiz reportó casi 700 espacios de creadores activos, planificados o construidos en la unión americana.

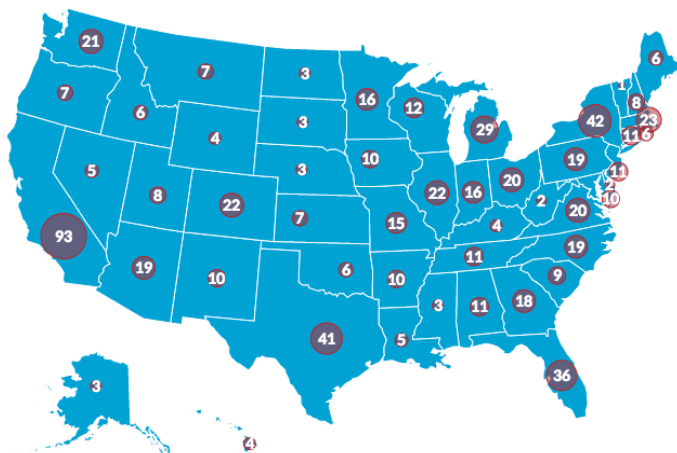


Figura 2. Número de *Makerspace* en Estados Unidos, por estado.
Fuente: AcceleratingBiz, 2017.

- De acuerdo con los reportes, en menos de un año, el número de espacios creativos se incrementó en 75 % en Estados Unidos. Tal incremento puede relacionarse con la necesidad de las personas de apropiación de los objetos, la posibilidad de utilizar recursos electrónicos a un bajo costo y sin necesidad de un profundo conocimiento técnico, así como el impulso del gobierno para promover las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) en las instituciones educativas.

Reino Unido

- En 2015, en el Reino Unido existían 97 *makerspace*, de acuerdo con un reporte publicado por la organización Nesta (nesta, 2015).

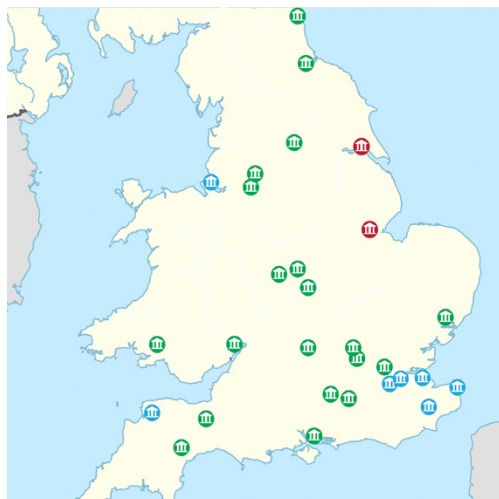


Figura 3. Mapa de *Makerspace* en bibliotecas del Reino Unido.
Fuente: (Department for Digital Culture Media & Sport, 2019).

- En noviembre de 2018, se anunció un financiamiento gubernamental de 78 millones de euros en el Reino Unido para asegurar que cada niño en cada escuela de Inglaterra tuviera acceso a una educación en informática líder en el mundo. La *Raspberry Pi Foundation* es parte de un consorcio que estableció un programa para apoyar a profesores de informática en primaria y secundaria (Colligan & Raspberri Pi, 2018). *Raspberry Pi* es una minicomputadora de bajo costo que permite desarrollar proyectos de “computación física” en la que pueden involucrarse elementos tanto de *hardware* como de *software*.

China

- La estrategia del gobierno *Made in China 2025*, publicada en 2015, estableció un plan para promover el crecimiento económico impulsado por la innovación y para cambiar el enfoque de China de fabricación de bajo costo a innovación, creatividad y diseño. Ye Yu, administrador del *Chaihuo Makerspace*, afirmó: “El gobierno quería persuadir a la gente para que dejara de copiar y construir sus propias cosas. *Makerspace* fue una gran parte de su plan para que eso sucediera”. El gobierno también vio los espacios de creación como una forma potencial de abordar el creciente número de graduados desempleados. Como dijo el primer ministro Li Keqiang, “Las nuevas empresas y el espíritu empresarial son una forma de resolver el problema del empleo, y los espacios de creación podrían ser donde nacen esas nuevas empresas” (Xue, 2018).
- Carina Lin, administradora de *DFRobot*, compañía de robótica con sede en Shanghai, declaró que “2018 ha sido un año difícil para los *makers* y los *makerspaces*”, en referencia a lo que, al parecer, fue un agotamiento del entusiasmo inicial en China. Hoy día están replanteándose los objetivos del movimiento *maker* (Xue, 2018).

Es difícil afirmar el número exacto de *makerspace* alrededor del mundo por su diversidad y diferentes configuraciones. En cada país donde existen los espacios creativos, hay modelos de negocio diferentes, aunque en esencia su forma de operar es la misma. Citemos dos casos.

- i) *Polifactory* es un *makerspace* que combina áreas de trabajo compartido. Cuenta con una mesa central de trabajo para recibir a su comunidad de diseñadores y desarrolladores. Sus dos laboratorios (*Machine Shop* y *Workshop*) están equipados con máquinas y herramientas para manufactura análoga y digital. También

cuenta con un área reconfigurable para presentaciones, talleres y eventos. Una cocina y una estancia propician la socialización y el desarrollo de nuevos proyectos.

- ii) En 2009, el *Georgia Institute of Technology* reclutó a los primeros estudiantes voluntarios para administrar *The Invention Studio*, un espacio de diseño y construcción en expansión, abierto a todos los estudiantes. El espacio es libre y accesible las 24 horas al día, los siete días a la semana (24/7). Es un esfuerzo multidisciplinario, atendido y utilizado por estudiantes de las escuelas de ingeniería, ciencias y arquitectura. *The Invention Studio* demuestra el valor y la sostenibilidad de la educación práctica, para estimular la innovación, la creatividad y el espíritu empresarial en los estudiantes de ingeniería.

Los dos casos anteriores esbozan la diversidad y el crecimiento de los *makerspace*. Sin embargo, resulta difícil pronosticar si este crecimiento ha llegado a la cúspide o aún habrá un cambio en el modelo de negocio.

Makerspace en México

A principios de 2011, se funda *Hackergarage*, probablemente el primer *makerspace* en México. Se ubica en la ciudad de Guadalajara, Jalisco y se trata de un proyecto sin fines de lucro impulsado por voluntarios. En los siguientes cuatro años, se inauguran otros más. Por ejemplo, en el centro histórico de la Ciudad de México, el *Hacedores Makerspace* y en el sur, *330ohms*. El movimiento *Maker* empieza a desarrollarse y llama rápidamente la atención de la industria y la sociedad.

La mayoría de los *makerspace* en México ofrecen membresías para el uso de espacios y herramientas de trabajo; también ofrecen cursos, talleres y pláticas, para promover la colaboración entre su comunidad. Ofrecen las herramientas *CNC Router* e *Impresora 3D*; además, cuentan con espacios de Co-Working, aspecto esencial del movimiento *Maker* que favorece la colaboración, el intercambio de ideas y compartir el conocimiento.

Algunos *makerspace* cuentan con tienda física u online. En el caso de *330ohms* y de *Steren Makers*, se trata de tiendas de electrónica ampliamente reconocidas que decidieron abrir su propio *Makerspace* en 2014 y 2019, respectivamente.

Por su utilidad, hemos realizado una búsqueda minuciosa de los *makerspace* más importantes en México. Éstos fueron los resultados.



Hacker Garage

Abrió el 19 de febrero de 2011. Proyecto sin fines de lucro. Ofrece membresías 24/7, renta de espacios. Se ubica en Miguel Lerdo de Tejada 2186, Col. Lafayette, Guadalajara, Jalisco, México.
<https://hackergarage.mx/>, @hackergarage



Hackerspace Monterrey

Abrió el 13 de abril de 2012. Ofrece hackerspace y co-working. Se ubica en Rafael Platón Sánchez 739, Centro, Monterrey, 64000, México. Sitio: <http://hsmt.org/>, @hackerspacemty



Hacedores Makerspace

Abrió en 2013. Ofrece membresías, cursos, talleres, eventos y tienda. Se ubica en Guatemala 10, interior 402, Col. Centro, 06020, detrás de la Catedral, México. Sitio: <https://hacedores.com/>, @hacedorescom



The Inventor House

Abrió el 17 de mayo de 2013. Ofrece membresías, hackerspace y co-working. Se ubica en Estaño 227, La Fundición, Aguascalientes, Ags., México. Sitio: <http://theinventorhouse.org/>, @TheInventorsHouse



330ohms

Abrió el 26 de septiembre de 2014. Ofrece membresías, impresión 3D, corte láser y router CNC. Se ubica en la cerrada Alberto Zamora 26, Col. Villa Coyoacán, 04000, Ciudad de México.
 Sitio: <https://www.330ohms.com/>, @330ohms



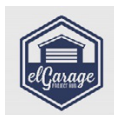
Fablab

Abrió en 2014. Es una extensión del Instituto de Diseño Innovación Tecnológica (IDIT) Dr. Carlos Escandón Domínguez. Ofrece sublimadora, inyectora de plásticos, impresoras 3D, cortadoras de vinil, scanner de alta resolución, router de pequeña escala para circuitos electrónicos. Se ubica en Blvd. del Niño Poblano 2901, Col. Reserva Territorial Atlixcáyotl, San Andrés Cholula, Pue., 72810. Sitio: <https://www.iberopuebla.mx/site-idit/index.php/fablab>, @FabLabPuebla



Proyectil

Abrió en 2015. Ofrece consultoría de tecnología, impresión #D, corte con router CNC, corte con láser, diseño, modelado 3d, electrónica, programación, robótica, visión, automatización, media. Se ubica en la calle Mier y Pesado 349, interior 2, Col. Del Valle, Alcaldía Benito Juárez. Sitio: <http://www.proyectil.mx/>, @ProyectilLab



El Garage

Abrió en 2015. Ofrece impresión 3D, corte láser, corte CNC, router, talleres, co-working. Se ubica en Av. Magisterio 550 Col. Maestros Federales, Mexicali, Baja California, México. Sitio: <https://elgaragehub.com/>, @elgarageprojecthub



Barracuda

Abrió en 2015. Ofrece open hardware, 1 día a la semana. Se ubica en Ensenada Grande 203 entre Blvd. Loma Dorada y Cristóbal Colón, Guaymas, Sonora. Sitio: @labarracadamx



Moonmakers

Abrió en 2016. Ofrece divulgación tecnológica. Se ubica en Profra. Ana María Berlanga, Luis Donald Colosio, 43907, Apan, Hgo. Sitio: <https://moonmakers.org/>, @MoonMakers



MakerGarage

Abrió en 2016. Ofrece cursos, talleres, pláticas y conferencias. Se ubica en Rinconada San Miguel 312, Col. Villas del Rincón, Querétaro Qro., México. Sitio:

<https://www.facebook.com/MakerGarage-922352997848603/>



Creadores Makerspace

Abrió el 5 de septiembre de 2017. Ofrece co-working, carpintería, creación de ideas, impresión #D, Router CNC, corte láser. Se ubica en Veracruz 8, Col. Mártires de Río Blanco, 62384, Cuernavaca, Mor. Sitio: @creadoresmaker



La Nave

Abrió el 1 de enero de 2018. Ofrece corte láser, impresión #D y desarrollo de hardware. Se ubica en Manuel José Othón 223, Col. Tránsito, Alcaldía Cuauhtémoc. Sitio: <http://lanave.ms/>, @LaNaveMs



Makers

Abrió en 2019. Ofrece co-working, corte láser, impresión 3D y router CNC. Se ubica en República del Salvador 20 A, B y C, Centro, 06000, Ciudad de México. Sitio: <https://www.sterenmakers.mx/>

De la lista de *Makerspace* anterior, es posible destacar tres puntos importantes.

- El *coworking* o trabajo colaborativo es uno de los ejes principales de los *makerspace*, así como las membresías para acceder al espacio y las herramientas.
- Los *Makerspace* en México permiten el acceso a tecnologías que antes eran exclusivas. Tal es el caso de la impresión 3D y el corte láser, mediante los cuales es posible desarrollar prototipos de forma ágil.
- Además, estas empresas ofrecen servicios de asesoría técnica, capacitación, diseño y desarrollo de prototipos, y soluciones con el uso de nuevas tecnologías.

Entre los servicios que han brindado los *makerspace* y especialmente *Hacedores*, se halla el de asesoría para la apertura de otros *makerspace* en colegios particulares y museos, con lo cual ha incursionado en el ámbito educativo. Tal es el caso de los siguientes espacios.

- 1) *Media Lab*, Colegio Israelita de México ORT,
Loma del Recuerdo 44, Lomas de Vista Hermosa
México, Ciudad de México.
- 2) *Makerspace*, Instituto Cumbres Toluca,
Miguel Hidalgo y Costilla Sur 1201,
San Miguel Totocuitlapilco, Metepec,
Estado de México, 52143
- 3) *Makerspace*, El Colegio Americano A.C.
Bondoquito 215, Col. Las Américas, Ciudad de México,
México CP 01120
- 4) *Makerspace*, Colegio San Patricio Monterrey,
Privada del Lago 150, Col. Del Paseo Residencial,
Monterrey, N.L. México.
- 5) *Makerspace*, Colegio San Ángel,
Col. Predio Rústico Santa Rosa, Av. Universidad Veracruzana 2920,
Fovissste, 96536 Coatzacoalcos, Ver.
- 6) *Makerspace*, Museo del Rehilete,
Blvd. Felipe Ángeles km 84.5, Venta Prieta, 42083,
Pachuca de Soto, Hgo.
- 7) *Makerspace*, Museo Franz Mayer, Av. Hidalgo 45,
Centro Histórico de la Ciudad de México, Guerrero, Cuauhtémoc,
06300 México, Ciudad de México.

En la red también existen espacios de difusión relacionados con el movimiento *Maker*; por ejemplo, la *Red de Educación Maker*, *Makers México*, entre otros. En ellos, se publica información sobre proyectos y noticias, principalmente a través de redes sociales.

La importancia que revisten los *makerspace* en la educación exige un análisis más detenido que expondremos en el siguiente capítulo.

Movimiento *maker* y educación

Movimiento *Maker* y el aprendizaje

El movimiento *Maker* y el aprendizaje están estrechamente relacionados. Por más sencillo que sea, cada proyecto requiere conocimientos y habilidades para ser realizado (Serrano, 2018). Cuando una idea se materializa por la fabricación de un prototipo, los conceptos aprendidos en el aula se ponen en práctica. Además, al mismo tiempo que se refuerzan estos conocimientos, se pueden desarrollar habilidades en otras áreas.

Según relata Axel Serrano en su exposición sobre el Primer Encuentro REM (Red de Educación *Maker*), no importa cuán formada esté una persona en las áreas requeridas, porque, durante el proceso del hacer, siempre habrá cosas por descubrir, investigar o desarrollar antes de llegar a la meta. Y en esto reside el valor de estos espacios, pues surge un aprendizaje más significativo y práctico que el que se genera en el aula de clases. Serrano agrega un punto esencial: esta forma de aprendizaje pone en tela de duda el sistema educativo tradicional que privilegia la memoria sobre la experiencia (Serrano, 2018).

El aprendizaje se ve como un proyecto planteado primero en correspondencia con lo que se desea hacer y, después, se busca el conocimiento específico que llevará a su ejecución (Morales & Dutrénit, 2017). Algunos autores (Fleming, 2014; Mosquera, 2018; Taheri *et al.*, 2020) ubican el movimiento *Maker* dentro de la metodología del *Aprendizaje por Proyectos*, el cual, a su vez, es una variante del *Aprendizaje Basado en Problemas* (ABP). Esta metodología de aprendizaje se ha utilizado durante mucho tiempo en los laboratorios escolares, donde se propone la solución de problemas dentro de un ambiente controlado, y con resultados esperados. El aprendizaje de laboratorio en los planes de estudio dirigidos a los estudiantes de ingeniería les muestra cómo diseñar y construir dispositivos físicos (Wilczynski *et al.*, 2016). En un laboratorio, se plantean problemas diseñados para ser “resueltos” por los estudiantes, generalmente siguiendo un esquema de pasos que conduce a la solución.

El *maker* se interesa genuinamente en realizar un proyecto y en resolver un problema; además, se siente motivado para hacerlo por sí mismo, ya sea por diversión o entretenimiento. Investiga los materiales que necesita, y la forma en que puede utilizarlos, ve tutoriales, pregunta en redes sociales, utiliza sus conocimientos previos y adquiere los necesarios para realizar el proyecto.

“Poner manos a la obra” era sinónimo de acceso a aprender directamente cómo hacer las cosas usted mismo (Dougherty, 2008). El movimiento *Maker* socializa este aprendizaje y lo convierte de “cómo hacerlo por usted mismo” a “cómo hacerlo entre todos”. El hacedor toma la experiencia de otra persona; modifica, adapta y mejora el trabajo realizado, para volver a compartirlo.

El aprendizaje basado en proyectos es fundamental en una educación de ingenieros, porque ofrece a los estudiantes oportunidades para encontrar lo inesperado y ejercitar su creatividad (Harnett *et al.*, 2015). En estos proyectos, se ejercita la solución de problemas, aplicando los conocimientos de lo general a lo particular, y de lo simple a lo complejo. Los *makerspace* expanden las oportunidades de aprendizaje por medio de la experiencia y permiten a los estudiantes ganar habilidades fuera del aula tradicional (Taheri *et al.*, 2020).

El propósito original de los *makerspace* es construir objetos, utilizando las tecnologías disponibles. Cuando disponen de equipos como impresoras 3D, corte láser, CNC, por ejemplo, comienzan a ganar experiencia, y a compartirla. Por tratarse de un espacio físico, la interacción de los *makers* o hacedores permitió socializar el proceso.

El movimiento *Maker* y la educación formal

Dentro de sus estrategias didácticas, la educación formal ha recurrido al uso del aprendizaje mediante la construcción de objetos desde hace mucho tiempo. En la etapa preescolar, se privilegia a las actividades físicas como una forma de interacción entre pares, pero también al desarrollo de habilidades manuales como un estímulo para fijar la atención.

En la educación básica, se ha recurrido a la construcción de maquetas porque favorecen la memorización y conceptualización de diversos temas en las áreas

de matemáticas (figuras geométricas), ciencias naturales (ecosistemas) y ciencias sociales (continentes, países), entre otras.

Lo anterior confirma que el movimiento *Maker* convive con la educación formal, mediante la realización de proyectos estudiantiles, el uso de nuevas tecnologías para desarrollar proyectos y la construcción de prototipos, entre otras actividades.

Asimismo, se asocia con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) o con esos mismos campos y además el arte (STEAM, por sus siglas en inglés). Se busca que, desde nivel preescolar hasta la secundaria (K-12), la educación básica tenga un enfoque STEM a nivel internacional.

Los métodos como el proyecto y el aprendizaje basado en desafíos requieren estructuras escolares que permiten a los estudiantes pasar de una actividad de aprendizaje a otra de manera más orgánica, eliminando las limitaciones del horario de campana tradicional (Johnson *et al.*, 2015). Esta manera de aprender puede entenderse como holística, ya que considera otros factores —además de los tradicionalmente incluidos en los planes de estudio— para construir la experiencia de aprendizaje.

En los últimos años, ha habido un énfasis creciente en el desarrollo de programas y planes de estudios de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) más sólidos; ello se debe a que estas disciplinas son ampliamente consideradas como un medio para impulsar la innovación y reforzar economías nacionales (Johnson *et al.*, 2015). Uno de los factores primordiales que se considera por parte de los países desarrollados para el fortalecimiento de su economía es la ciencia y la tecnología.

Promover el amplio campo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) se ha convertido en una prioridad en muchos países (OCDE, 2019b). Sin embargo, en países como México no se ha presentado una estrategia con este enfoque. El nuevo modelo educativo otorga a las escuelas un margen inédito de autonomía curricular, con la cual podrán adaptar los contenidos educativos a las necesidades y contextos específicos de sus estudiantes y su medio (SEP, 2017).

Con este nuevo modelo, cada escuela de educación secundaria tiene la opción de elegir entre talleres y clubes donde los estudiantes no son evaluados. Con este

nuevo enfoque se busca la formación de competencias necesarias para afrontar las tendencias mundiales dentro del contexto de la cuarta revolución industrial.

La novedad del movimiento *Maker* radica en el uso de nuevas tecnologías, software libre y kits educativos de bajo costo que posibilitan el desarrollo de proyectos atractivos, sin necesidad de un amplio conocimiento de áreas como electrónica, cómputo, diseño gráfico, entre otras; todo esto a un costo accesible. En opinión de (Serrano, 2018), la educación transformada por la filosofía *maker* promete ser una revolución de grandes proporciones, como nunca se hubiera pensado hace un siglo, si bien es cierto que impone un gran número de retos en el ámbito teórico-metodológico.

El último lanzamiento de los Next Generation Science Standards (NGSS) para la educación STEM K-12 ha puesto de relieve la necesidad de implementar la educación en ingeniería y diseño en los niveles K-2 (Chan & Blikstein, 2018).

Por otro lado, los *Makerspace* tienen un enfoque constructivista y constructorista de la educación, tal como lo presentó Jean Piaget y lo desarrolló Seymour Papert. Veámoslo a continuación.

Constructivismo

Esta corriente de pensamiento halla sus raíces en la filosofía, psicología, sociología y educación. Sostiene que el conocimiento es una construcción del ser humano realizada con base en sus conocimientos previos. El término proviene del verbo *construir*, del latín *struere*, que significa “arreglar” o “dar estructura”. El principio básico de esta teoría proviene justamente de su significado. La idea central es que el aprendizaje humano se construye, que la mente de las personas elabora nuevos conocimientos a partir de la base de enseñanzas anteriores (Hernández, 2008). Las construcciones son realidades creadas que surgen a través de la interacción del constructor con la información (Guba & Lincoln, 1989).

En su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, Thomas S. Kuhn llama *ciencia normal* a esta construcción (Kuhn, 1966). Y es que las construcciones se van afinando con el transcurso del tiempo, con el descubrimiento de evidencias o la

presencia de nueva información, contenida en una formulación integrada, sistemática y de “sentido” cuyo carácter depende del nivel de información y la capacidad para apreciar, comprender y aplicar la información de los constructores.

Según la teoría constructivista de Piaget, en el proceso de enseñanza y aprendizaje existen dos principios: el aprendizaje como un proceso activo, y el aprendizaje completo, auténtico y real (J. Piaget, 1978 en Hernández, 2008). De acuerdo con estos dos principios, el ser humano aprende de lo que es partícipe y que le es significativo.

En esa misma línea, Vigotsky sostiene que existe una tendencia natural a integrar las vivencias sociales como insumos básicos para producir formas de adaptación al entorno de manera activa. En ese sentido, se entiende el hecho de que cada región, cultura o sociedad produzcan indicadores o insumos que singularicen la dinámica de funcionamiento de las formas de concebir los procesos individuales y colectivos, operacionalizados alrededor de las acciones humanas (Urdaneta & Guanipa, 2015). En suma, los nuevos conocimientos se forman a partir de los propios esquemas de la persona, como un producto de su realidad y de su comparación con los esquemas de quienes la rodean (Agudelo & Estrada, 2013).

Cuando la construcción existente se extiende para incluir el nuevo conocimiento, decimos que nuestro conocimiento crece, es decir, estamos dispuestos a agregar el nuevo conocimiento al antiguo en un modo significativo. Otro ladrillo es colocado en el creciente edificio de nuestro conocimiento (Guba & Lincoln, 1989). Siempre que nos referimos a nuestro conocimiento, aludimos a una noción personal, compleja, cambiante y tan amplia como sea nuestra propia experiencia.

El aprendizaje es esencialmente activo. Quien aprende algo lo incorpora a sus experiencias previas y a sus propias estructuras mentales. Cada nueva información es asimilada y depositada en una red de conocimientos y experiencias que de manera previa existen en el sujeto; de ahí que el aprendizaje no sea ni pasivo ni objetivo, sino un proceso subjetivo: cada persona lo modifica de manera continua constantemente a la luz de sus experiencias (Agudelo & Estrada, 2013).

Construccionismo

El construccionismo retoma los aportes del constructivismo de Jean Piaget, de Lev Vigotsky y de las teorías de la psicología social genética; pero, además, introduce nuevas ideas, pues reconoce que la función primaria del lenguaje es la construcción de mundos humanos contextualizados y no una mera transmisión de mensajes de un lugar a otro (Agudelo & Estrada, 2013). La construcción de un modelo facilita el proceso de mejora en el desarrollo de un proyecto.

El lenguaje es el vehículo con el que el constructor externa su percepción del mundo dentro de un contexto social y cultural. La construcción ya no es sólo interna, es decir, ya no es sólo de pensamiento, sino que se torna externa, gracias al lenguaje, de manera que adquiere un significado acorde al contexto en el que se transmite.

El término *construccionismo* se debe a Seymour Papert, quien parte de las teorías constructivistas de la psicología, donde el aprendizaje se concibe como una reconstrucción. Esta idea no se entiende ya como la sola manipulación de materiales, sino que se extiende a que el aprendizaje es más efectivo, puesto que parte de una actividad en la experiencia de aprender es la construcción de un artefacto significativo (Papert, 1987) (Hoban *et al.*, 2010). Asimismo, los estudiantes participan en un aprendizaje profundo cuando investigan, diseñan y construyen un artefacto o modelo como una representación de su conocimiento (Hoban *et al.*, 2010).

La socialización de un proyecto que empieza con la transmisión de las ideas por medio del lenguaje permite un trabajo colaborativo y la construcción de un ambiente particular entre los estudiantes. En este contexto, para el mejor desarrollo de un proyecto, el docente participa como facilitador, asesor y consultor en el uso de la técnica.

La satisfacción de ser partícipe de un proyecto, la alegría que trae consigo el resultado y la retroalimentación positiva sobre lo realizado, son elementos situacionales que hacen significativa una experiencia.

Del recorrido que hemos realizado en las líneas anteriores, podemos puntualizar lo siguiente.

Desde tiempos remotos, el ser humano ha puesto a prueba todos los avances para comprobar su funcionamiento e implementar las mejoras pertinentes. Con este proceso de prueba y error, sus técnicas se han ido perfeccionando. Al paso de los años, en la industria actual, la búsqueda de crear valor y el surgimiento de nuevas tecnologías abrió un área de oportunidad al movimiento *Maker* para atender las nuevas tendencias de desarrollo tecnológico y económico. El hacedor cubre parte de esta necesidad cuando incorpora alguna modificación o cuando adapta un artefacto y comparte su experiencia para que otros puedan replicarla. El movimiento *Maker* responde a la necesidad de socialización del aprendizaje, retoma la base de aprender haciendo y la aplica con el uso de nuevas tecnologías.

Esta tendencia llama la atención de la educación formal e identifica los componentes constructivista y construccionista del movimiento *Maker*. El uso de nuevas tecnologías y la construcción de artefactos electrónicos sin necesidad de conocimientos profundos son atractivos para el estudiante. La construcción del conocimiento está en función de la experiencia y el ambiente en el que se desarrolle cada persona. Por consiguiente, un ambiente propicio puede promover la creatividad y el espíritu innovador del individuo.

Ante el escenario anterior, el movimiento *Maker* trae a la academia la necesidad de replantear la forma en que se crea este ambiente propicio y de responder a interrogantes como qué tanto puede ser controlado y cuáles variables son susceptibles a este control.

El reto de la educación

Un problema bien planteado constituye la mitad de la solución.

Russel Ackoff

Desde tiempos no muy lejanos, hay una tendencia a sustituir la palabra *problema* por la de *reto*. Tiene sentido cuando se usa en el sentido retórico, es decir, para disminuir el temor del problema y alentar el ánimo para enfrentarlo. Aquí hemos decidido usar el término problema de manera objetiva.

Los problemas son un efecto no deseado; son una desviación o un desequilibrio entre lo que debe ser y lo que en realidad está ocurriendo. La manera de concebirlos depende de nuestra experiencia de vida y de los factores que consideramos para su análisis. A su vez, llamamos *problemática* (*messes*) a un sistema complejo de problemas con fuerte interacción (Ackoff, 1994), es decir, a problemas cuyos efectos posiblemente tengan causas en común, y que, por lo tanto, existe un problema raíz.

El ámbito educativo no escapa a tales desviaciones o desequilibrios.

Educación Superior en México

En México, la educación superior debe tomar en cuenta las necesidades cambiantes de la economía. Casi la mitad de los empleadores reporta falta de competencias en su sector y considera que la educación y la formación de los solicitantes de empleo no responde a lo que requiere (OCDE, 2019a). Por otro lado, la economía está ligada al desempeño de los empleados, ya que la necesidad de especialización es cada vez mayor, debido al rápido avance de la tecnología.

Si se mantienen los patrones actuales del crecimiento de la educación superior, 26% de los jóvenes obtendrá algún título de educación superior a lo largo de su vida. La identificación y el desarrollo de los conocimientos y las competencias necesarias pueden mejorar la vida de las personas para obtener mejores empleos, generar prosperidad y promover la inclusión social (Fitzpatrick *et al.*, 2018).

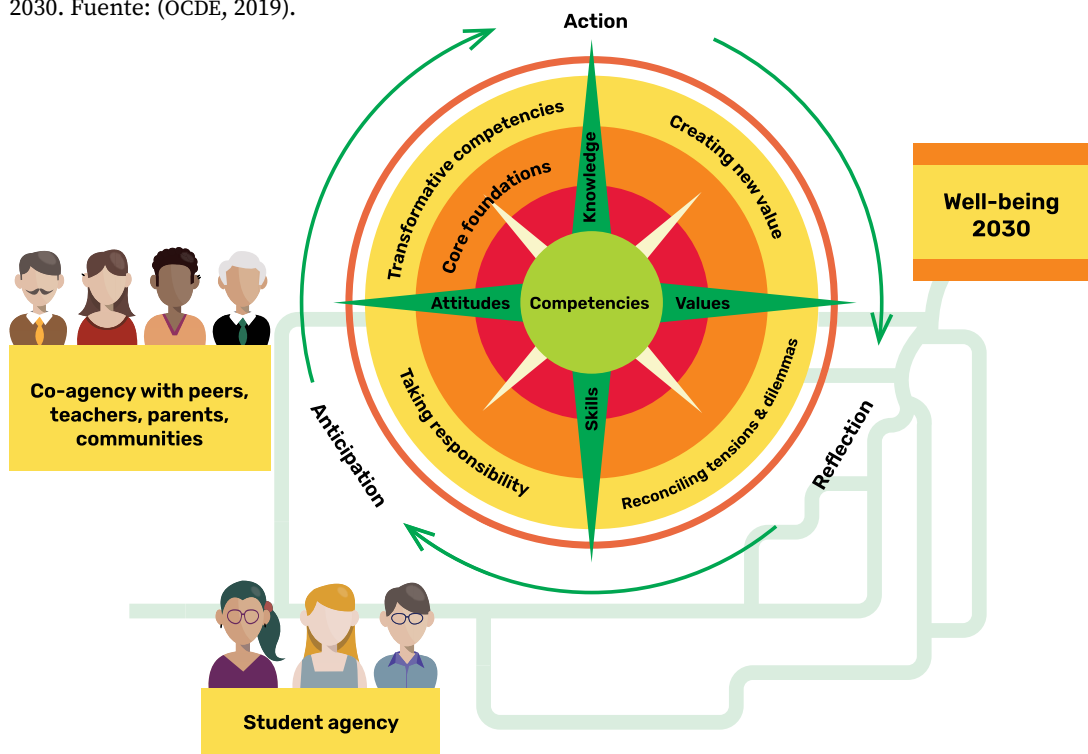
El Learning Compass 2030 de la OCDE identifica tres competencias transformadoras que los estudiantes necesitan para contribuir y prosperar en nuestro mundo y dar forma a un futuro mejor (OCDE, 2019).

- 1) *Crear nuevo valor.* Significa innovar para dar forma a mejores vidas: crear nuevos empleos, negocios y servicios, desarrollar nuevos conocimientos, ideas, técnicas, estrategias y soluciones, y aplicarlos a problemas tanto antiguos como nuevos. Cuando los estudiantes crean un nuevo valor, cuestionan el *statu quo*, colaboran con otros y tratan de pensar “fuera de la caja” (OCDE, 2019). Innovar se considera uno de los pilares para la creación de valor. Hay que tomar en cuenta que las nuevas industrias no son sólo físicas, sino también digitales, por lo cual el valor se puede agregarse de manera física o virtual.
- 2) *Conciliar tensiones y dilemas.* Significa considerar las interrelaciones entre ideas, lógicas y posiciones aparentemente contradictorias o incompatibles, y considerar los resultados de las acciones desde perspectivas a corto y a largo plazo. Mediante este proceso, los estudiantes comprenden de manera más profunda las posiciones opuestas, desarrollan argumentos para respaldar su propia posición y encuentran soluciones prácticas a dilemas y conflictos (OCDE, 2019).
- 3) *Asumir la responsabilidad.* Se relaciona con la capacidad de reflexionar y evaluar las propias acciones a la luz de la experiencia y la educación de uno, y teniendo en cuenta los objetivos personales, éticos y sociales (OCDE, 2019).

En específico, la educación superior tecnológica tiene el reto de que los nuevos profesionistas cuenten con las competencias necesarias para responder a la situación actual. Las recientes reformas educativas también han tenido como objetivo impulsar la educación técnica al alentar a los jóvenes a seguir carreras e investigar en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) (Fitzpatrick *et al.*, 2018).

Según reporta el Foro Económico Mundial (2020), mientras la globalización y el rápido avance en la tecnología continúan la transformación del espacio cívico y el mundo del trabajo, los sistemas educativos se han desarrollado incrementalmente desconectados de las realidades y de las necesidades de la economía global y las sociedades.

Figura 4. Competencias transformadoras rumbo al 2030. Fuente: (OCDE, 2019).



La creación de valor por medio de la innovación permitirá resolver problemas tanto actuales como venideros. La creatividad y la innovación serán fundamentales para el desarrollo de nuevos trabajos, negocios y servicios (OCDE, 2019b).

En este contexto, la educación superior tecnológica en México enfrenta el reto de formar profesionistas capacitados para la necesidad de la industria, lo cual podrá lograrse a con nuevas estrategias que se adapten a las condiciones actuales.

Problemática de la Educación Superior en el TecNM

El Programa de Desarrollo Institucional 2019-2024 del Tecnológico Nacional de México (TecNM) responde a los planteamientos y retos del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, y los problemas y retos que debe afrontar en los próximos años giran en torno a tres ejes estratégicos: 1) Calidad educativa, cobertura y formación integral, 2) Fortalecimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico, la vinculación y el emprendimiento y 3) Efectividad organizacional, así como a su eje transversal Evolución con inclusión, igualdad y desarrollo sostenible (TecNM, 2020).

Los principales problemas y retos que enfrenta el TecNM, de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 para la formación de futuros ingenieros, son los siguientes.

Problemática	Retos
En 2018, sólo 769 académicos del TecNM eran miembros del SNI. 35% (275) son candidatos, 55% (426) se encuentran en el nivel 1, 8% (56) en el nivel 2 y 2% (12) en el nivel 3. El número de académicos de tiempo completo para ese año fue de 13 648	Elevar la cantidad de académicos miembros del SNI, y la proporción de miembros del SNI en los niveles superiores de su clasificación. Generar alianzas intrainstitucionales y con otras instituciones de educación superior y organizaciones nacionales e internacionales.
Insuficiente número de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico	Diferenciar y poner en aplicación diferentes convocatorias de investigación y desarrollo tecnológico que promuevan incluso una mayor participación de los estudiantes.
Infraestructura y equipamiento limitados –en algunos casos, obsoletos–, que no propician la realización de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.	Gestionar y obtener mayores recursos económicos para modernizar la infraestructura y el equipamiento. Poner en operación el Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (FICDT) del TecNM.

Problemática	Retos
Insuficiencia presupuestal	Gestionar y obtener mayores recursos presupuestales para el TecNM. Optimar su ejercicio con honradez, transparencia, eficiencia, eficacia, rendición de cuentas y en apego al programa de austeridad republicana.
Escasa generación de paquetes tecnológicos integrales que contengan el conocimiento, en su caso, el prototipo, el registro de propiedad intelectual y el modelo de negocio. Escasa generación de empresas de base tecnológica.	Conformar grupos de tecnólogos altamente especializados para la generación de la oferta de paquetes tecnológicos integrales y de empresas de base tecnológica.

Tabla 1. Problemas y retos que enfrenta el TecNM.

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, Tecnológico Nacional de México.

De la tabla anterior, se extraen los siguientes problemas de las Instituciones de Educación Superior (IES), en específico, en los planteles del TecNM de la CDMX:

- 1) Seguir eficientando los recursos materiales, humanos y financieros con transparencia en atención al decreto de austeridad del Gobierno Federal.
- 2) Falta de plazas de todas las categorías para atender oportunamente los programas educativos que se ofrecen.
- 3) No se han conseguido los proyectos que permitan el desarrollo del personal docente como investigadores.
- 4) Limitada infraestructura y equipamiento para la realización de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.

También se extraen los siguientes retos:

- 1) Implementar el Nuevo Modelo Educativo del TecNM.
- 2) Gestionar y obtener mayores recursos.
- 3) Generar alianzas y promover el emprendimiento con base tecnológica.

Los problemas formulados se clasifican en cuatro áreas problemáticas:

- 1) Hay un bajo número de docentes miembros del SNI.
- 2) El número de académicos de tiempo completo es insuficiente.
- 3) El número de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico es mínimo.
- 4) La infraestructura y el equipamiento son limitados y, en algunos casos obsoletos.

Se realizó la agrupación en dos conjuntos:

- 1) Baja productividad académica de proyectos y reconocimientos SNI.
- 2) Insuficiente cantidad de recursos físicos y humanos.

El análisis determinó que la problemática consistía en el poco desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio. En esta problemática, intervienen diferentes factores que delimitan el problema que se pretende resolver, por lo cual conviene definirlos.

La problemática de la educación superior se delimitó partiendo del entorno macro donde la educación superior debe responder a necesidades planteadas por organismos internacionales como la OCDE y se enfoca en la educación superior tecnológica en México, en específico, en el TecNM, donde la insuficiencia de recursos impacta negativamente en el desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio. En este punto es donde se plantea crear un *makerspace* para que, por medio de la tecnología, se promueva la creatividad en la búsqueda de soluciones para la solución de problemas con enfoque sustentable.

Para definir el problema específico que se desea resolver, se utiliza una adaptación de la técnica de soluciones a problemas, la cual permite identificar áreas problemáticas a partir de sugerencias de cambio (Sánchez-Guerrero, 2016). En este caso, se sugiere la creación de un espacio creativo o *makerspace* dentro del ámbito educativo del TecNM. A partir de esta propuesta, se analizan los cambios que puede generar la creación de este espacio dentro del TecNM, campus Milpa Alta. Esta solución está asociada a la promoción de la creatividad y la innovación dentro del plantel y puede impactar en la generación de proyectos tecnológicos.

DELIMITACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

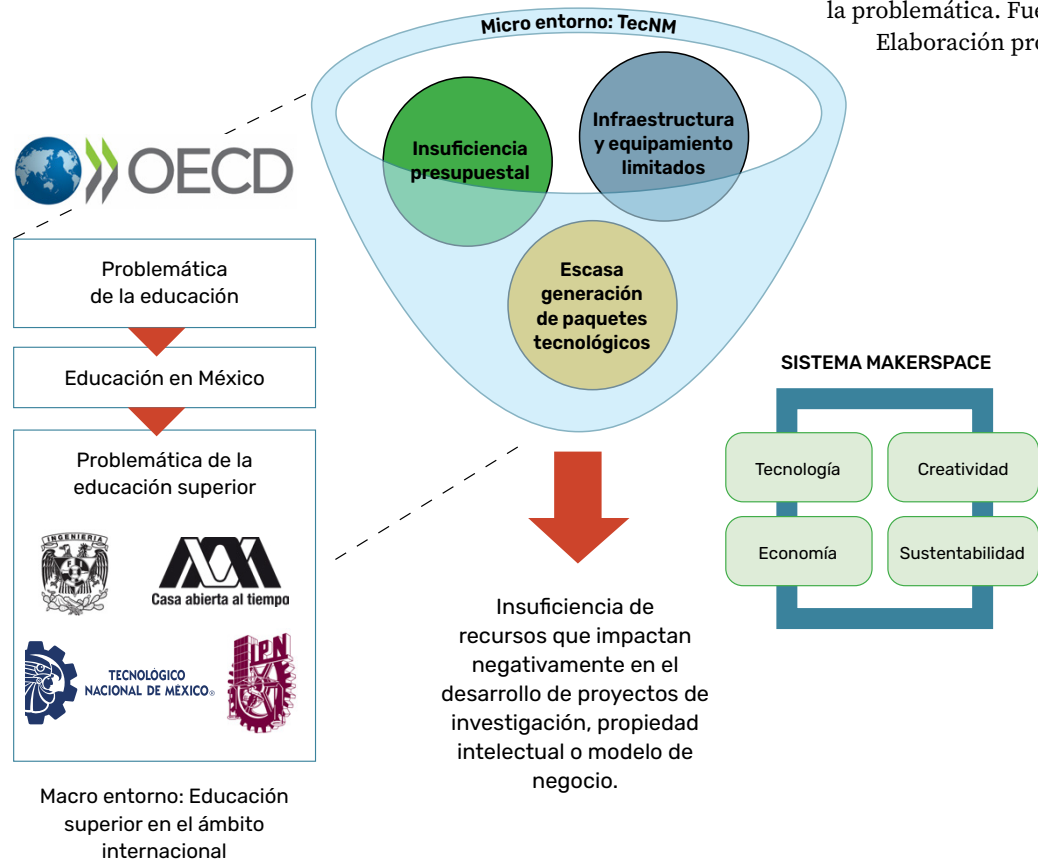


Figura 5. Delimitación de la problemática. Fuente: Elaboración propia.

El TecNM, campus Milpa Alta, ha trabajado arduamente por 13 años y ha logrado hacerse del prestigio que lo caracteriza; se ha convertido en una de las instituciones de educación superior más importantes de la región, ha formado varias generaciones de egresados y alcanzó su matrícula más alta en 2019, con 1 269 estudiantes en las diferentes carreras que ofrece. Con ello, se encamina a su consolidación, gracias al trabajo y esfuerzo conjunto de estudiantes, directivos, personal docente, personal de apoyo a la educación, padres de familia, autoridades delegacionales y federales.

Comenzó sus actividades académicas en las instalaciones del CETIS núm. 167 “Hermanos Flores Magón”, el 8 de septiembre de 2008. El 9 de marzo de 2012, se inauguró

el edificio del TecNM, campus Milpa Alta, que en 2021 cumplió 13 años de ofrecer educación superior tecnológica con tres carreras: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales. La dirección física es Independencia Sur núm. 36, Col. San Salvador Cuauhtenco, CP12300, CDMX. Debido a que brinda servicios educativos a nivel licenciatura, se ubica en el sector terciario.


Temporal	Espacial	Sectorial
<p>Constitución de ITMA en 2008</p> <p>Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018</p> <p>Cambios estructurales en el plan de desarrollo en 2015</p>	<p>Dirección Física: Independencia Sur 36, Milpa Alta, 12300 San Salvador Cuauhtenco, CDMX.</p> <p>Influencia Regional al Sur de la Ciudad de México</p>  <p>Longitud 19° 11'29.76" N, Latitud: 99° 05' 49.92" O</p>	<p>Sector terciario: Brinda servicios educativos a nivel licenciatura y posgrado</p>

Figura 6. Ubicación temporal, espacial y sectorial del TecNM campus Milpa Alta. Fuente: Elaboración propia.

Alternativas de solución

Actualmente, con propuestas innovadoras, las IES promueven la innovación y el emprendimiento mediante talleres, cursos y convocatorias relacionadas con la solución de problemas. De la misma manera, empresas privadas, tecnológicas y bancos participan como patrocinadores, o bien, organizan actividades propias.

Las instituciones gubernamentales impulsan el desarrollo tecnológico y la innovación principalmente a partir de convocatorias, algunas de las cuales involucran a la iniciativa privada con el sector educativo. Además, también está la llamada *triple hélice*, que conjunta al sector educativo, a la iniciativa privada y al gobierno. Por parte de la iniciativa privada, se promueven eventos como *Talent Land*, *Arduino Day* y *Maker Faire*, que impulsan la aplicación y el desarrollo de tecnologías emergentes.

La siguiente tabla concentra las principales opciones de solución que actualmente se aplican en el TecNM para fomentar la innovación y la creatividad.

Evento / Modelo	Objetivo
Modelo de Vinculación del TecNM	Vinculación con el sector privado con las diferentes empresas y sectores productivos de la región, así como con instituciones públicas de los sectores de gobierno local, estatal y federal. Gestión de convenios de servicio social y prácticas profesionales.
Cumbre Estudiantil de Negocios e Innovación Tecnológica para la Activación Económica (CENITAE)	Desarrollar proyectos para el fortalecimiento de las competencias creativas, emprendedoras e innovadoras de los participantes mediante un modelo de aceleración de emprendedores que generen empresas innovadoras que activen la economía de forma sustentable e inclusiva.
Modelo Talento Emprendedor	Consiste en actividades y estrategias para establecer el ambiente emprendedor dentro de la comunidad estudiantil en los institutos tecnológicos, con la inserción de la cultura desde los primeros semestres en la actividad académica y de formación en los estudiantes, para generar entre los jóvenes el sentido de emprendimiento y generación de ideas creativas viables, que posteriormente se conviertan en una realidad.
Centro de Incubación e Innovación Empresarial (CIE)	Es un organismo público encargado de promover y estimular la creación y el desarrollo de empresas en la región que contribuyan al desarrollo económico de la sociedad.
Nodo de Creatividad para la Innovación Tecnológica y el Emprendimiento del TecNM	Propiciar la interacción entre profesores investigadores del TecNM en el área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), de las instancias de gobierno y otras instituciones académicas con los sectores productivos y de servicios mediante la investigación, el desarrollo y la innovación de propuestas tecnológicas que atiendan la problemática en el entorno productivo y social en la región.
<i>Makerspace</i>	Combinar herramientas, comunidad y aprendizaje para permitir a sus usuarios diseñar y construir sus propios proyectos utilizando los recursos disponibles.

Tabla 2. Alternativas de solución. Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de estas alternativas depende de la organización institucional de cada plantel, así como de las estrategias utilizadas para el cumplimiento de los objetivos. Todas forman parte del esfuerzo institucional para el desarrollo de la innovación y la creatividad, con excepción de *Makerspace*, pues éste busca adentrarse en la comunidad para que sean los estudiantes quienes principalmente definan hacia dónde dirigir los esfuerzos.

Para identificar áreas temáticas y conceptos que envuelven teóricamente a los espacios *Maker*, el artículo de Oliver-Espinoza (2021) recurrió a la base de datos Scopus; de ese modo, fue posible identificar publicaciones que incluían en el título, el resumen y las palabras clave los conceptos *Makerspace*, *maker space*, emprendimiento, innovación, educación y aprendizaje (los cuatro en inglés).

La siguiente gráfica muestra los resultados de la búsqueda y el número de publicaciones entre 2013 y 2020.

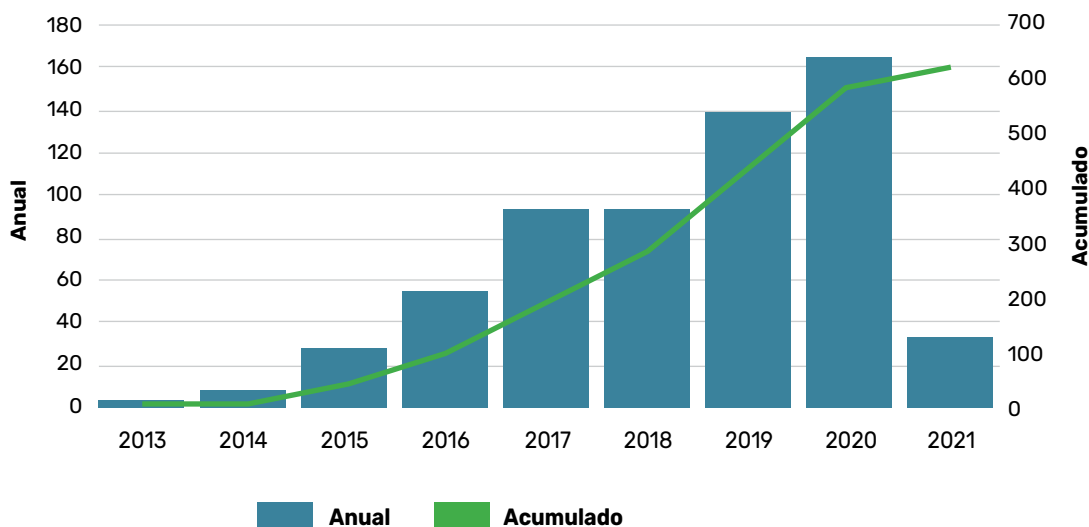


Tabla 3. *Makerspace*: cantidad de publicaciones. Fuente: Oliver-Espinoza, 2021.

La tasa de crecimiento anual de las publicaciones sobre *Makerspace* fue de 91%, lo que da una noción del crecimiento del objeto de estudio como tema de investigación (Oliver-Espinoza, 2021).

De la revisión *cientiométrica*, se colige la importancia de los espacios *Maker* en la literatura sobre educación (general y tecnológica), la innovación y el emprendimiento (Oliver-Espinoza, 2021).

En síntesis, se considera que los espacios *Maker* requieren transitar hacia su configuración como organizaciones que promueven el emprendimiento y la formalización del aprendizaje (Oliver-Espinoza, 2021). Los *makerspace* amplían las oportunidades de aprendizaje experiencial y eso permite a los estudiantes adquirir un conjunto de habilidades fuera del aula tradicional (Taheri *et al.*, 2020). Como lugares holísticos de aprendizaje, los *makerspace* ofrecen un excelente espacio para concebir, diseñar, implementar y construir prototipos basados en proyectos; son interdisciplinarios y resuelven problemas del mundo real (Lensing *et al.*, 2019).

En la siguiente tabla se describe y formula el impacto de los tres principales factores que pueden verse impulsados en un espacio creativo *Makerspace*: Emprendimiento, Autoeficacia y Creatividad.

Beneficio	Descripción	Impacto
Emprendimiento	<i>Makerspace</i> puede empoderar a estudiantes emprendedores para que fabriquen sus propios diseños y profundicen su experiencia de aprendizaje (Galaleldin <i>et al.</i> , 2017).	Fomentar las habilidades empresariales, de liderazgo y de gestión. Incrementar la confianza de los estudiantes en sí mismos. (Taheri <i>et al.</i> , 2020)
Autoeficacia	La educación en ingeniería busca fomentar la confianza, aumentar la retención y mejorar el reclutamiento de estudiantes (Taheri <i>et al.</i> , 2020)	Brindar oportunidades de experiencia práctica y técnica. Mejorar las habilidades de comunicación, colaboración y trabajo en equipo de los estudiantes. (Taheri <i>et al.</i> , 2020)
Creatividad	La competencia creativa de los estudiantes se puede fomentar con proyectos de bricolaje en un espacio de creación (Taheri <i>et al.</i> , 2020)	Desarrollar habilidades de investigación y resolución de problemas. Demostrar métodos de fabricación, creación de prototipos, y los desafíos con limitaciones involucrados. (Taheri <i>et al.</i> , 2020).

Tabla 4. Beneficios de un *Makerspace*. Fuente: Elaboración propia.

En el ámbito universitario, el informe *Horizon sitúa los makerspace* como un desarrollo importante de la tecnología educativa (Bonet *et al.*, 2017).

Los *makerspace* pueden proporcionar un entorno y una plataforma perfectos para facilitar la formación tanto teórica como práctica (Taheri *et al.*, 2020). Un espacio *Maker* dentro del TecNM, campus Milpa Alta promoverá la creación de proyectos, el trabajo colaborativo, impulsará la creatividad, y fortalecerá la confianza de los estudiantes en sí mismos.

Ventajas y áreas de oportunidad de los *Makerspace*

En la actualidad, los ingenieros deben prepararse para integrarse a la fuerza laboral y prosperar dentro de una economía global siempre cambiante. Por lo tanto, necesitan ser flexibles, resilientes, creativos, empáticos y hábiles en el reconocimiento y la medición de las oportunidades. Además, deben ser capaces de comunicarse con sus pares de manera efectiva, y ser líderes en sus equipos (Byers *et al.*, 2013) (Galaleldin *et al.*, 2017).

Las metodologías basadas en el trabajo en grupo y el aprendizaje fundado en proyectos (PBL: Project-Based-Learning), como las actividades que se realizan en entornos *Makerspace*, permiten explorar múltiples y diferentes soluciones a un mismo problema (Bonet *et al.*, 2017).

Asimismo, el aprendizaje basado en proyectos, e incluso los proyectos definidos por los estudiantes, son una forma de llenar el vacío de creatividad; al mismo tiempo, brindan oportunidades para practicar las habilidades de gestión de proyectos (Harnett *et al.*, 2015).

Los *Makerspace* ofrecen una oportunidad de educar a los ingenieros del futuro en el aprovechamiento de la creatividad para ser competitivos y relevantes en una economía con crecientes necesidades y desarrollo a largo plazo de habilidades actualmente subdesarrolladas (Wilczynsky, 2015) (Galaleldin *et al.*, 2017).

Figura 9. Movimiento hacedor. Fuente: Unterfrauner *et al.*, 2019.



Dougherty, Hatch, Anderson y otros enfatizan la democratización natural de la fabricación a través de *hardware* barato, facilidad de acceso a la fabricación digital, *software* y diseños compartidos (Halverson & Sheridan, 2014).

La pantalla verde, el lego, la impresora 3D, la codificación y la robótica son algunas de las tecnologías que se pueden encontrar en los *makerspace* y que en seguida podemos ver en imagen.

Figura 10. *Makerspace*. Fuente: Roffey *et al.*, 2016.



Por otra parte, hay que señalar que el movimiento de los creadores ha recibido fuertes críticas por mantener el “dominio del *nerd* masculino blanco” (Grenzfurthner & Schneider, n. d.), característico de las culturas de *hackers* informáticos y robótica (Halverson & Sheridan, 2014).

Los *makerspaces* cuentan con un área de oportunidad, porque la manera en la cual se desarrolla el aprendizaje en estos espacios aún no ha terminado de ser explorada; están vigentes preguntas como cuánto tiempo durará la novedad ante el creciente desarrollo de nuevas tecnologías, si habrá viabilidad económica en el sector privado para la apertura de nuevos espacios, si se mantendrán los ya existentes o habrá una disminución. Aún más: la creación de un modelo de inserción de los *Makerspace* en el sector educativo formal representa otra área de oportunidad.

La propuesta de solución

Se propone la creación de un *makerspace* dentro del TecNM, campus Milpa Alta, con lo cual se pretende contribuir a la solución de problemas locales en la región, promover la innovación mediante proyectos utilizando las tecnologías emergentes, y fortalecer el aprendizaje con el intercambio de conocimientos, experiencias e ideas.

La asignatura Desarrollo Sustentable es transversal, ya que se imparte en todas las carreras; está encaminada a fomentar el análisis y la ejecución de estrategias para el desarrollo sustentable regional desde la multidisciplina. Por ello, se sugiere integrar grupos con estudiantes de las distintas carreras (TecNM, 2016). En esta asignatura, la contribución de un *makerspace* sería la construcción del modelo planteado según el tipo de proyecto de asignatura propuesto.

Además, el *Makerspace* fomentará las competencias de trabajo colaborativo, el uso de nuevas tecnologías, la creatividad y la innovación, en el perfil profesional de los egresados. El *Makerspace* del TecNM campus Milpa Alta busca aportar en la formación de estas competencias en las tres licenciaturas que se imparten: Ingeniería Bioquímica, Gestión Empresarial y Sistemas Computacionales. Por medio del aprendizaje basado en proyectos dentro de un *Makerspace*, se pretende resolver problemáticas específicas de la región y del ámbito del TecNM.

Con la aplicación de la técnica de la caja negra, se elaboró un modelo como propuesta para la creación de un *makerspace*.

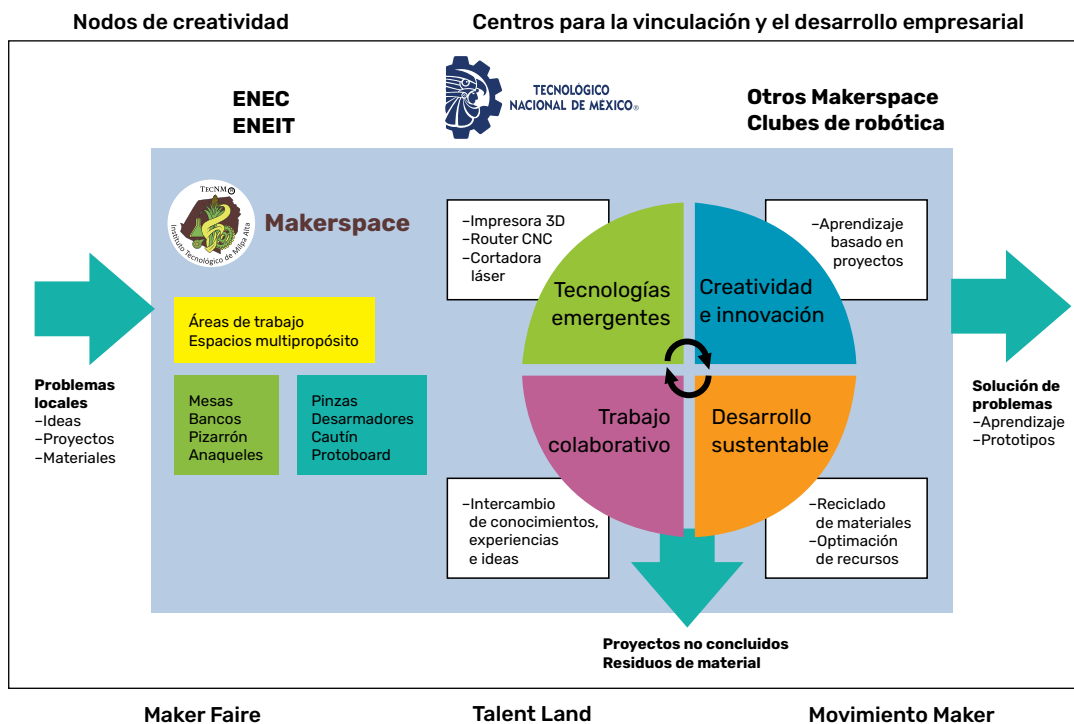


Figura 11. Modelo de caja negra de un *Makerspace*. Fuente: Elaboración propia.

Este modelo considera que la innovación y creatividad pueden ser promovidas por medio del uso de herramientas tecnológicas emergentes como la impresora 3D, cortadora láser y router CNC. El proceso de transformación se realiza principalmente por la colaboración entre pares, con lo cual se genera una comunidad hacedora de proyectos encaminados a la resolución de problemas locales con enfoque sustentable.

La problemática que se pretende resolver es el poco desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio. Una vez identificado el problema que debe ser resuelto, se realiza una investigación respecto de cuáles son las otras opciones de solución, es decir, el estado del arte de los *makerspace*. El

objeto de estudio es el TecNM campus Milpa Alta y la propuesta de solución es un plan para crear un *makerspace*.

En virtud de que se trata de un plan, se sujeta a una evaluación de factibilidad. Se parte del supuesto de que existen las condiciones sociales y económicas para ponerse en marcha de inmediato y que, en caso de no hacerlo, inevitablemente irá perdiendo vigencia. Los objetivos planteados sólo serán comprobables si se realiza el plan. Se plantea que con la creación de un *makerspace* se coadyuva a la promoción de la innovación y el emprendimiento.

Un *makerspace* posibilitará el aprendizaje colaborativo que construye el conocimiento por medio de experiencias significativas, de modo que incide en el cambio de paradigma de la educación formal, hacia el desarrollo de las habilidades STEM, con un enfoque sustentable.

¿Cómo lograrlo?

A partir del análisis de la problemática de la educación superior en México, se definió el problema por resolver en cuanto al impulso a la creatividad e innovación. con miras a contribuir al logro de las metas deseadas, se propone elaborar un plan para crear un *makerspace* que utilice un modelo de enseñanza aprendizaje dentro del cual se promueva la innovación con un enfoque sustentable a través del aprendizaje colaborativo basado en competencias.

Para el logro de el objetivo anterior, habrán de seguirse las siguientes acciones:

- 1) Impulsar las competencias de aprendizaje, técnicas y sociales, estimulando la creatividad, la práctica y la experimentación dentro de su formación profesional.
- 2) Compartir conocimientos, ideas y herramientas dirigido a estudiantes de nivel licenciatura del TecNM, campus Milpa Alta.
- 3) Promover el desarrollo de la actividad científica, tecnológica y de innovación, con enfoque sustentable dentro del TecNM, campus Milpa Alta.

La propuesta de solución planteada en este libro fue realizada utilizando el enfoque de sistemas y la metodología de la evaluación de proyectos. La puesta en marcha

del plan podrá ser utilizada dentro del contexto planteado, o bien puede ser adecuado con ciertas características específicas. El modelo creado en este libro puede ser utilizado en universidades con campus que tengan características similares al TecNM campus Milpa Alta. El presente trabajo se desarrolla bajo la premisa de que se cumplen los supuestos planteados.

Antecedentes del tema

En este capítulo, se presentan y explican teorías, conceptos y estudios previos relacionados con el tema de este libro. El propósito es proporcionar una base sólida de esta investigación para mostrar cómo se han desarrollado y comprendido temas similares en el pasado. Así, se definen los conceptos usados en el estudio de los sistemas y sus propiedades. En este contexto, la aplicación del modelo de caja negra permite analizar a una organización como un sistema productivo y basado en este análisis se puede utilizar la metodología de evaluación de proyectos para elaborar un plan que considere las características particulares del sistema.

El enfoque de sistemas

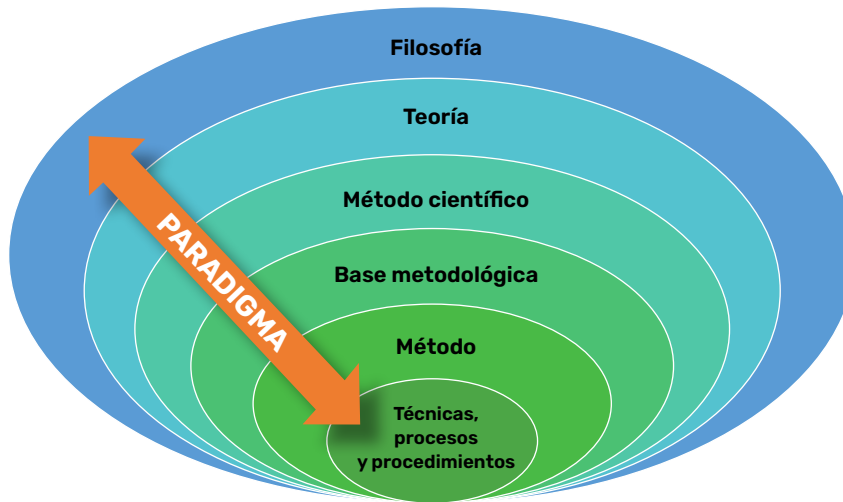
La palabra *paradigma* alude a un modelo tomado como referencia o punto de comparación. Se constituye por una serie de creencias que define la interpretación de la realidad o bien, brinda un conjunto de teorías dentro de un contexto.

Los paradigmas son supuestos teóricos generales, leyes y técnicas para su aplicación; durante cierto tiempo, un paradigma proporciona modelos de solución de problemas. En las comunidades científicas, son la base de la metodología para replicar modelos. Si la ciencia funciona para transformar el mundo en que vivimos, y los paradigmas soportan los argumentos en que se basa, es posible considerar la relación entre el mundo operativo y la filosofía como bidireccional a través del método científico.

En un sentido, con el paradigma, la filosofía describe la base metodológica que transforma el mundo real operativo; en sentido contrario, a través de una serie de cambios graduales de mejora en la técnica, se puede modificar el fundamento filosófico del paradigma.

Figura 12. Relación entre el mundo operativo y la filosofía a través del paradigma.

Fuente: Elaboración propia.



La relación bidireccional del paradigma de la figura anterior puede describirse mediante un sistema, entendido como “un conjunto de dos o más elementos interrelacionados de cualquier especie” (Ackoff, 1981). En este caso, los elementos son el método, la técnica, los procesos y procedimientos. Un sistema es un conjunto de herramientas estructuradas y organizadas tecnológicamente para el logro de los objetivos con un propósito dentro de su entorno. Hay tres puntos destacables de todo sistema: 1) Es un todo que consiste en dos o más partes, cada una de las cuales puede afectar el comportamiento o las propiedades del todo. 2) Ninguna de dos o más partes pueden tener un efecto independiente del todo. 3) Ningún subgrupo de dos o más partes puede tener un efecto independiente del todo.

En suma, sistema es un conjunto de elementos que están en interacción (Bertalanffy, 1969), de manera que sus características no pueden comprenderse de manera aislada. Si sus partes o un elemento son por sí mismos tomados como sistemas — subsistemas—, entonces el sistema total en cuestión aparece como “más grande que” y “otro que” la suma de sus partes. En la medida que la complejidad organizada o sistema incorpora sus partes en un todo nuevo, diferente, emergente, se representa un nivel superordinado de integración.

Construcción por composición y descomposición

La *planeación* se construye desde una estructura metodológica. Es un proceso de cambio continuo enfocado a la solución de problemas. Su propósito no es producir planes, sino resultados (Morrisey y Morrisey, 1995). El enfoque de sistemas permite representar la realidad mediante objetos de estudio como un sistema y comprender su comportamiento.

Dicho lo anterior, para abordar la situación actual de la Educación Superior Tecnológica en México, y en específico del Tecnológico Nacional de México, campus Milpa Alta, se ha utilizado el enfoque de sistemas, y se plantea un proceso de cambio educativo mediante un espacio creativo o *Makerspace*.

Gelman y Negroe (1982) afirman que la construcción de un sistema puede desarrollarse por medio de dos procedimientos complementarios:

- 1) Por composición. El concepto de sistema comienza a construirse por composición mediante el estudio de sus componentes básicas, su comportamiento y las relaciones que la vinculan. Este sistema parte del elemento y busca llegar al sistema con el riesgo de no comprender la naturaleza integral del mismo ni del papel que juega en un sistema mayor denominado *suprasistema* (Gelman y Negroe, 1982).
- 2) Por descomposición. En este procedimiento, se parte del sistema hacia sus componentes, a través de un enfoque integral. Consiste en desmembrar un sistema en subsistemas, cuyas funciones y propiedades aseguren las del sistema en su conjunto, mediante una organización adecuada. Esta construcción se realiza tomando en cuenta tanto la estructura externa como la interna del sistema en consideración. La primera se establece por medio del papel que el sistema juega en su suprasistema, al definir los objetivos y funciones totales y determinar otros sistemas al mismo nivel. La estructura interna del sistema, por su parte, se obtiene al considerar un sistema como agregado hipotético de subsistemas interconectados, de tal forma, que asegure su funcionamiento (Gelman y Negroe, 1982).

La construcción lógica de un esquema que represente el proceso de planeación requiere herramientas metodológicas como la construcción por descomposición

funcional, en el cual, mediante el análisis, sus funciones básicas se organizan como subprocesos, que se descomponen sucesivamente en subprocesos de otro nivel (Gelman y Negroe, 1982).

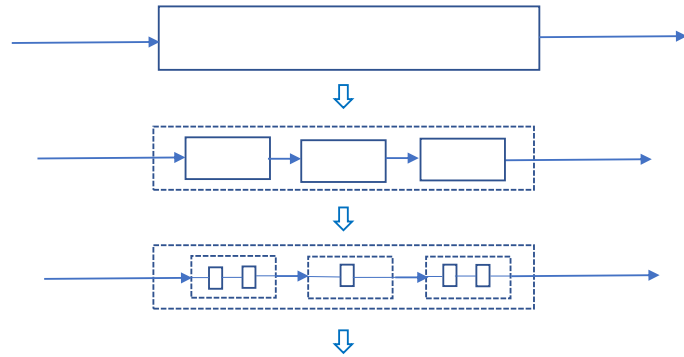


Figura 13. Procedimiento de construcción por descomposición.
Fuente: Gelman & Negroe, 1982.

La cantidad de subprocesos depende de la profundidad en el nivel de análisis para cada sistema; además, también puede considerarse la relación con el medio ambiente y con otros sistemas.

Modelo de caja negra

El esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja puede ser representado por un modelo de caja negra, la cual puede construirse con los procedimientos de composición y descomposición. Este modelo se enfoca en la actividad que realiza un sistema, sin profundizar en el detalle, pues sólo analiza el comportamiento de un sistema, define sus entradas y salidas, y la relación con el entorno que lo rodea.

La representación de la caja negra permite describir su contenido, explicar su funcionamiento y predecir su comportamiento (Raviolo *et al.*, 2010). Sus componentes principales son las entradas, el proceso de transformación, la salida y el medio ambiente.

Entradas: Son los elementos que ingresan al sistema: son externos, mínimos y fundamentales para el logro del objetivo. Pueden ser de diferente tipo: informáticos, recursos naturales, financieros, humanos, por ejemplo.

Proceso de transformación (caja negra): Es lo que ocurre dentro de la caja negra, y se basa en las interacciones entre los elementos internos que forman al sistema.

En este proceso, se toman las entradas para modificarlas según la configuración interna del sistema.

Salida: Es el producto final. Resulta del proceso de transformación, y a partir de él se determina la eficacia, eficiencia y efectividad del sistema.

Medio ambiente: Son los elementos externos al proceso de transformación que pueden influir en el comportamiento del sistema.

Figura 14. Representación del modelo de caja negra.
Fuente: Elaboración propia.



Aplicación de un modelo de caja negra a un sistema productivo

Un sistema productivo puede definirse como un conjunto de elementos humanos, físicos, mecánicos y tecnológicos estructurados para producir un bien o un servicio. Es un sistema teleológico diseñado por el hombre, es decir, su comportamiento obedece a un propósito. Así, con lo ya descrito, es posible presentar un esquema general del modelo de caja negra aplicado a un sistema productivo.



Figura 15. Representación de un sistema productivo en un modelo de caja negra.
Fuente: Elaboración propia.

Modelo de caja negra del TecNM campus Milpa Alta

El TecNM campus Milpa Alta es un sistema productivo cuya misión es ofrecer servicios de educación superior tecnológica de calidad. Con el modelo de caja negra y como un primer acercamiento, puede representarse de la siguiente manera:

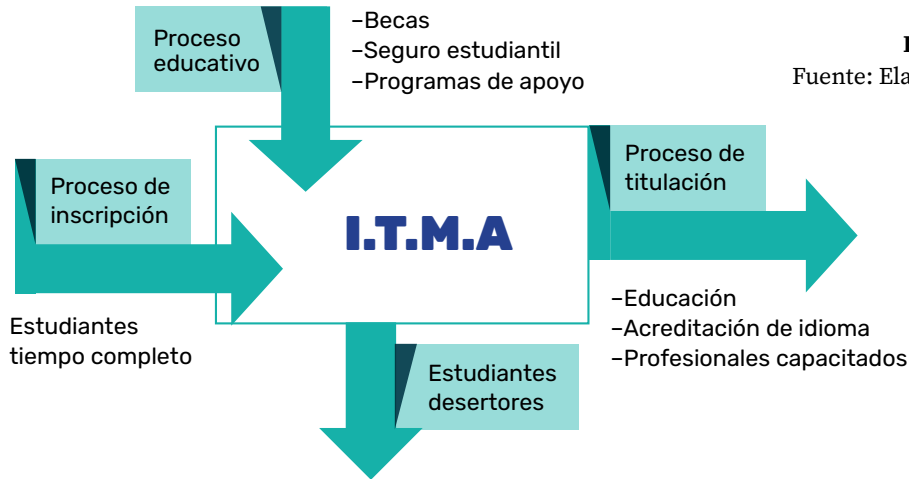


Figura 16. Caso I.
Fuente: Elaboración Propia.

El segundo acercamiento a la representación del sistema es el proceso educativo, fundamental para la transformación de los insumos de entrada, es decir, los estudiantes que egresan como profesionistas.

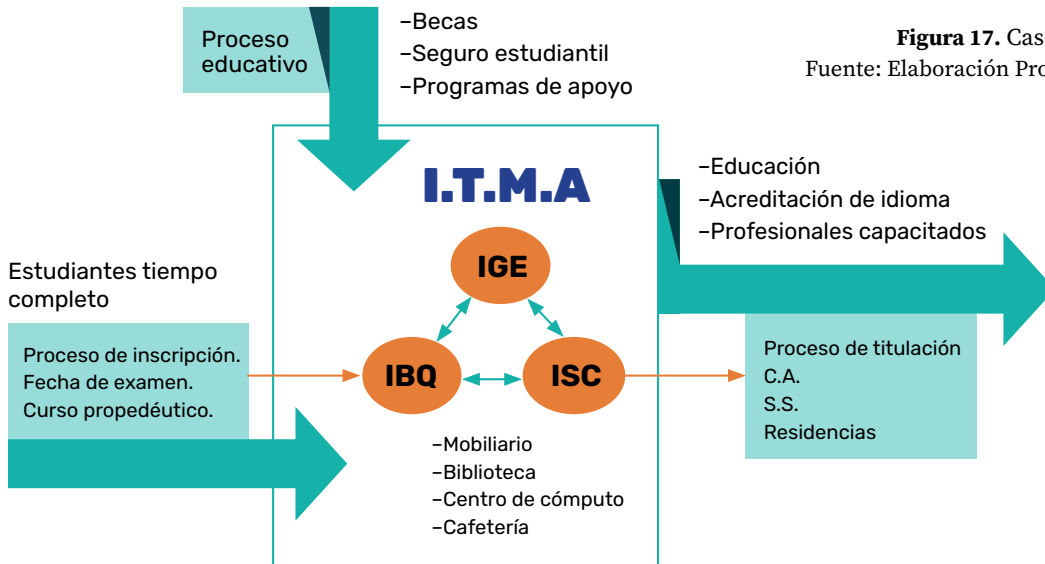


Figura 17. Caso II.
Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se considera un mayor detalle en la representación del proceso educativo, así como el entorno de primer orden, que interactúa directamente con el sistema, y el entorno de segundo orden. La figura siguiente representa nuestro estudio de caso, sus entradas, salidas y su proceso de transformación.

Zona sur de la CDMX

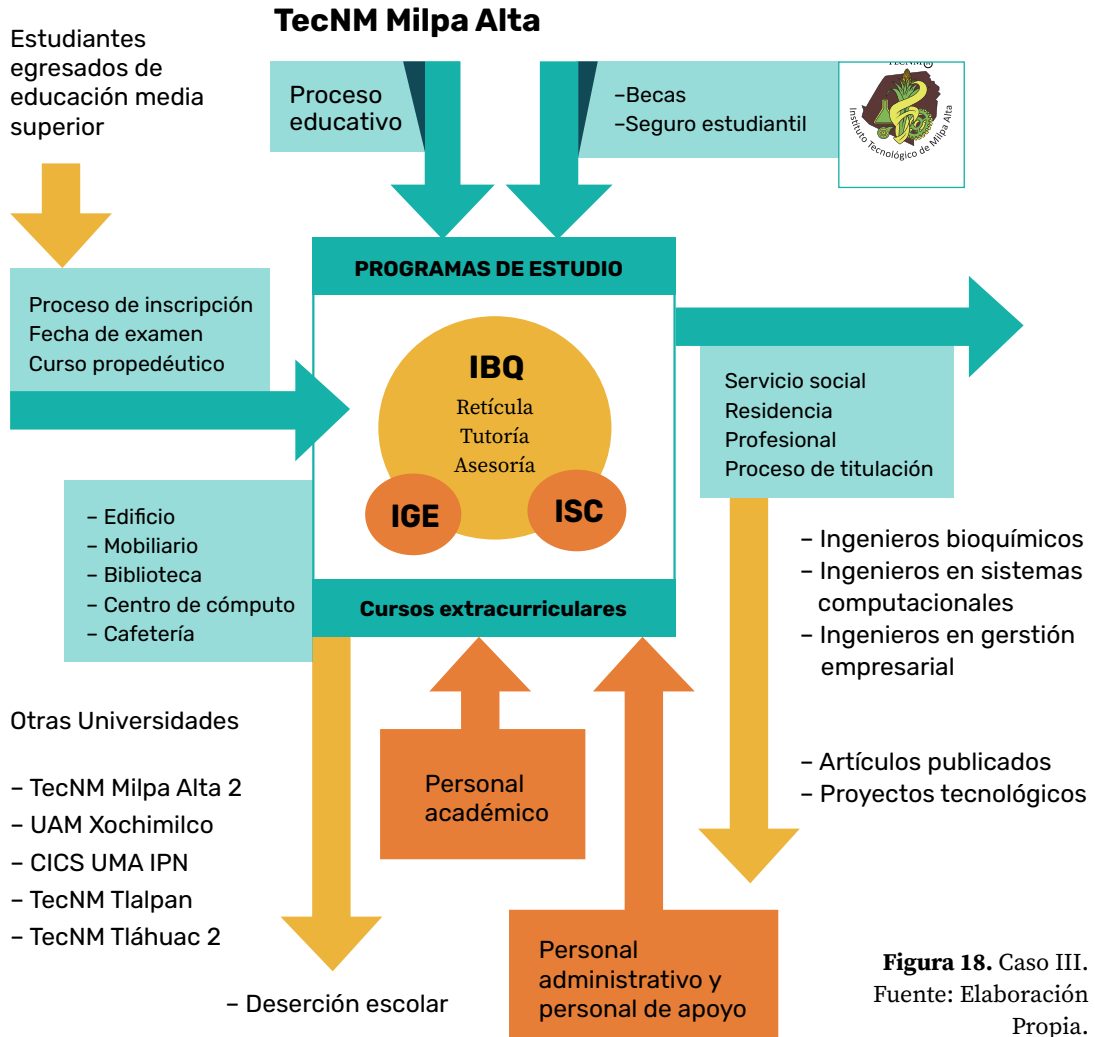


Figura 18. Caso III.
Fuente: Elaboración Propia.

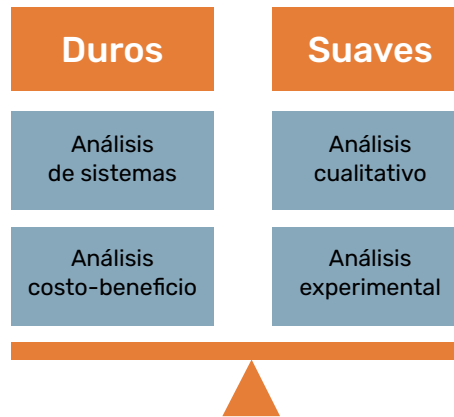
Mercado laboral

Metodología de evaluación de proyectos

La *metodología* es un conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica. Establece los procesos que se realizan de manera ordenada y cuyo resultado puede ser reproducible. La *evaluación*, en cambio, es un proceso mediante el cual se comparan los aspectos relevantes de un sistema contra los fines y un patrón establecido; este patrón se obtiene mediante una jerarquización preferencial que genera recomendaciones para que el sistema se acerque más a lo previsto (Sánchez-Guerrero, 2016).

En la siguiente figura, se muestran los principales enfoques —duros y suaves— para realizar diferentes análisis dentro de una evaluación.

Figura 19. Enfoques de evaluación.
Fuente: Sánchez-Guerrero, 2016.



El *proyecto*, en palabras de Morin (2018), es un conjunto de elementos relacionados lógicamente, tecnológicamente y cronológicamente, que se ejecutan en un periodo de tiempo determinado; el objetivo durante su operación resolver un problema, satisfacer una necesidad o aprovechar una oportunidad. Por consiguiente, la metodología de *evaluación de proyectos* es un proceso en el cual se comparan los aspectos más relevantes de un proyecto de tal manera que sus cualidades puedan medirse o estimarse.

El proyecto surge como respuesta a una idea que busca la solución de un problema, necesidad o deseo o la manera de aprovechar una oportunidad de negocio (Sapag Chain *et al.*, 2014). Morin (2018) afirma que, durante su ciclo de vida, los proyectos

generan un flujo constante de costos y beneficios que pueden ser identificados, cuantificados y valorados¹ y con los que se determinará su rentabilidad socioeconómica.

Cuando se desee evaluar un proyecto de un nuevo negocio, debe considerarse la conveniencia económica para asegurar que resuelva una necesidad humana de manera eficiente, segura y rentable (Sapag Chain *et al.*, 2014). De esto se ocupa la presupuestación de capital: determinar si una inversión o un proyecto propuesto valdrá más de lo que cuesta una vez que esté en el mercado (Ross Stephen *et al.*, 2010).

La evaluación forma parte del proceso de planificación, por lo cual genera una retroalimentación que permite elegir entre diversos proyectos, según su eficacia, eficiencia y efectividad (Cohen y Franco, 1992). La evaluación social de proyectos compara los beneficios y costos que una determinada inversión puede tener para la comunidad de un país en su conjunto (Sapag Chain *et al.*, 2014). Cuando un proyecto no resulta rentable desde el punto de vista privado, pero sí social, la evaluación social permitirá determinar si el monto del subsidio al inversor privado para que el proyecto le resulte rentable será compensado por los beneficios sociales (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Evaluación

Sapag Chain *et al.* (2014) refieren que, en términos generales, deben realizarse varios estudios particulares para evaluar un proyecto: de viabilidad comercial, técnica, legal, organizacional, de impacto ambiental y financiera. El estudio de una inversión se centra regularmente en la viabilidad económica o financiera, y toma al resto de las variables únicamente como referencia (Sapag Chain *et al.*, 2014).

-
1. En algunos casos, no es posible valorar los beneficios, por su complejidad o por el costo que implica. De esto dependerá que los proyectos se evalúen mediante Análisis Costo-Beneficio o Análisis Costo Eficiencia.

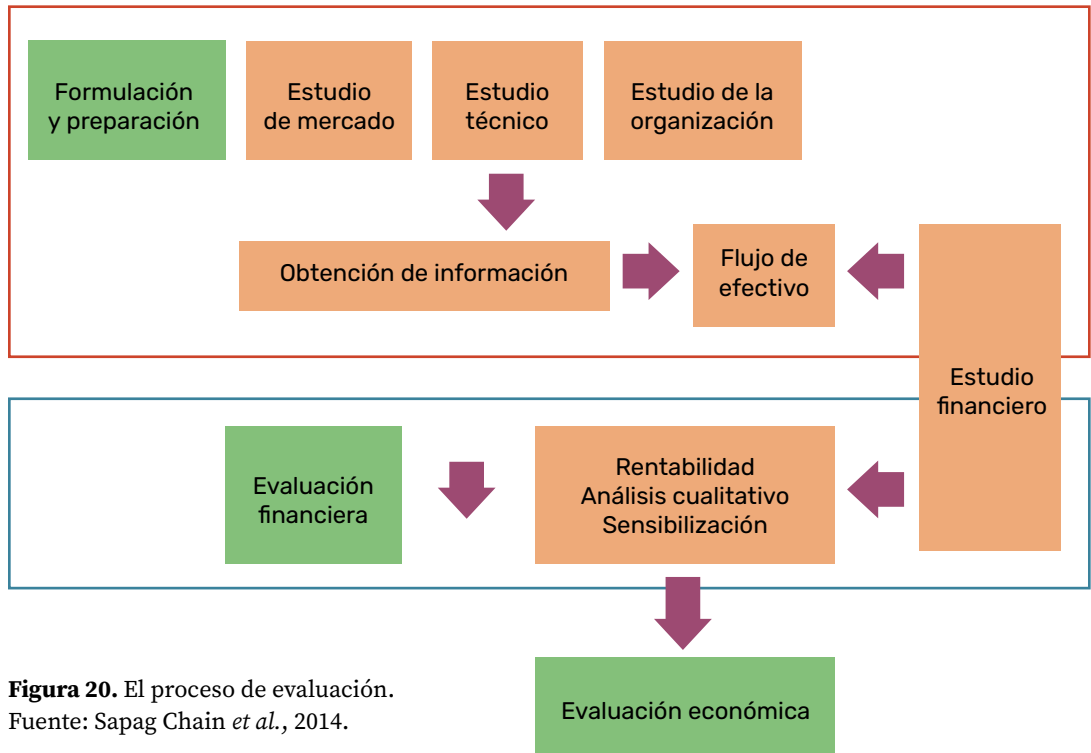


Figura 20. El proceso de evaluación.
Fuente: Sapag Chain *et al.*, 2014.

La primera etapa del proceso de evaluación de proyectos es la de formulación y preparación; luego, se realiza el estudio financiero y, finalmente, la evaluación económica.

Estudio de mercado

Posibilita determinar la oferta y la demanda, así como los ingresos de operación tanto por los costos como inversiones implícitas (Sapag Chain *et al.*, 2014). Su objetivo permite definir la cantidad de bienes y servicios provenientes de una nueva unidad productora que, en una cierta área geográfica y bajo determinadas condiciones, la comunidad estaría dispuesta a adquirir para satisfacer sus necesidades.

La noción de mercado, en un sentido amplio, debe incluir el ambiente en el que la empresa ha de vivir y al que debe adaptarse. También debe investigar el mercado para establecer la demanda, los costos asociados a la comercialización, la estrategia

de precios, los canales que se utilizarán para ésta y los costos asociados a la estrategia de promoción y publicidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Los objetivos específicos del estudio de mercado consisten en ratificar la posibilidad real de colocar en el mercado el producto o servicio que elaboraría el proyecto, conocer los canales de comercialización que usan o podrían usarse en la comercialización, determinar la magnitud de la demanda que podría esperarse y conocer la composición, características y ubicación de los potenciales consumidores (Sapag Chain *et al.*, 2014).



Figura 21. Estudio de mercado.
Fuente: Elaboración propia.

Estudio técnico

El estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes, como parte de la viabilidad financiera de un proyecto. De aquí podrá obtenerse la información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para la puesta en marcha como para la posterior operación del proyecto (Sapag Chain *et al.*, 2014).

La ubicación de una empresa empieza por la del producto y sigue con la del mercado

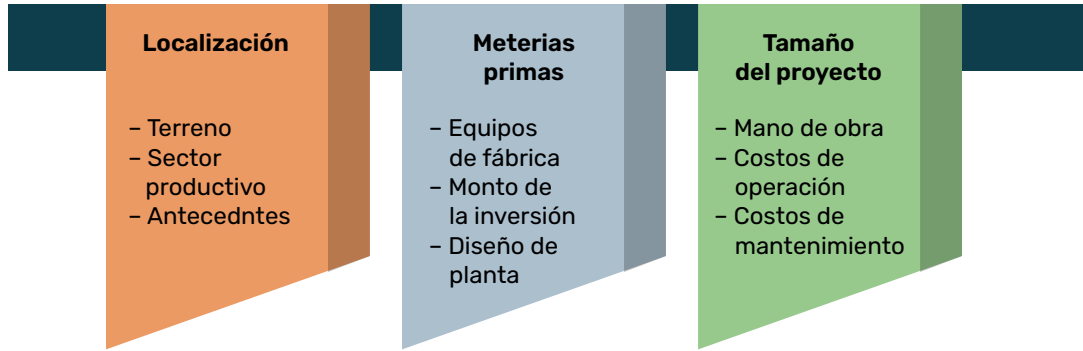


Figura 22. Estudio técnico. Fuente: Elaboración propia.

donde se colocará. Del mismo modo, el tipo de materias primas se determina a partir del producto que va a ser fabricado, del volumen demandado y del grado de utilización de la capacidad instalada. Factores como la cantidad, la disponibilidad, la localización y los factores de abastecimiento de las materias primas influyen en la determinación del tamaño del proyecto, su localización, la selección de tecnología y los equipos.

En general, el tamaño de un proyecto se define por su capacidad física o real de producción de bienes o servicios, durante un período de operación que se considera normal para las condiciones y tipo de proyecto de que se trata.

Las interrelaciones entre decisiones de carácter técnico se complican al tener que combinarse con decisiones derivadas de los restantes estudios particulares del proyecto (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Estudio organizacional

Se encarga de los factores propios de la actividad ejecutiva de la administración del proyecto: organización, procedimientos administrativos y normativas legales asociadas (Sapag Chain *et al.*, 2014). Podrá ser muy somero si se ubica a nivel de prefactibilidad, y requerirá manual de funciones si se lleva a nivel de detalle con formas de avance y control de producción, cédulas de control de calidad, flujo de información del proceso productivo al área administrativa, entre otros aspectos.

En el caso de nuevos proyectos, es indispensable simular la operación de la organización con el mayor detalle posible, considerando que cada decisión se asocia a un costo de inversión para su realización. Dejar de realizar una operación puede impactar en la subutilización de los recursos.

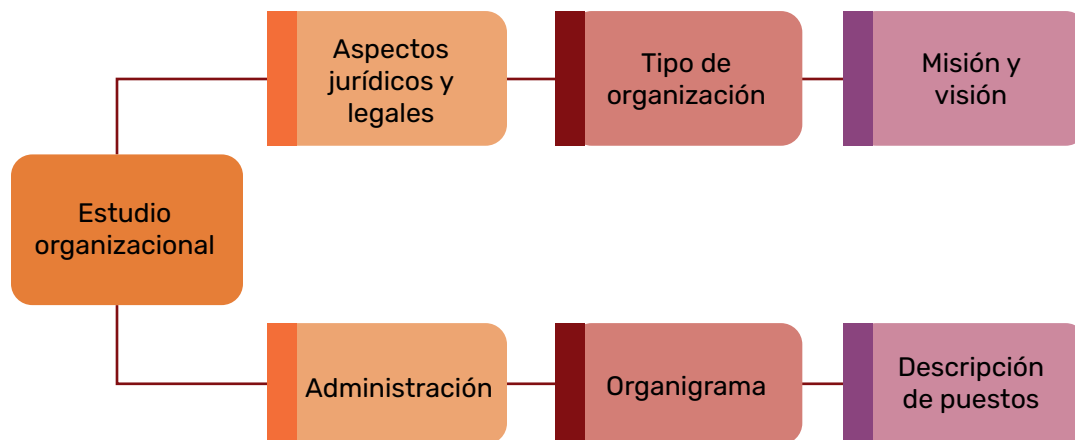


Figura 31. Estudio organizacional. Fuente: Elaboración propia.

En el aspecto legal, las relaciones internas con proveedores, arrendatarios y trabajadores, así como las relaciones externas con la institucionalidad y organismos fiscalizadores, entre otros, están administradas por un contrato, o bien, por un marco regulatorio que genera costos al proyecto, por lo que influye sobre la cuantificación de sus desembolsos (Sapag Chain *et al.*, 2014). Ya sea de manera directa o indirecta, en el estudio organizacional, se analizan las actividades de cada departamento que interviene en el proceso de transformación.

Estudio financiero

Ésta es la última etapa del análisis de viabilidad financiera de un proyecto. Los objetivos del estudio financiero son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y estudiar los antecedentes para determinar su rentabilidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

En la evaluación financiera, el análisis se realiza siempre tomando el dinero como punto de referencia, por lo cual debe considerar la magnitud de los ingresos y de los egresos, el momento en el que se producen en el horizonte de tiempo y la incertidumbre o riesgo asociados.

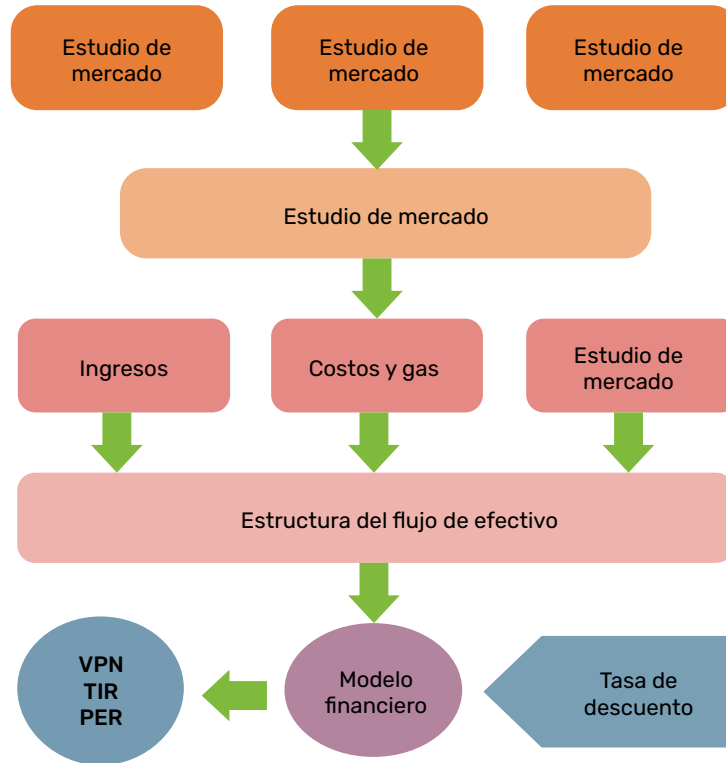


Figura 24. Modelo financiero.
Fuente: Sapag Chain *et al.*, 2014.

Para estudiar el riesgo de la ocurrencia de los beneficios esperados del proyecto, se realiza un análisis de sensibilidad. De acuerdo con este análisis, es posible postergar el inicio de un proyecto en espera de que se presente un mejor momento, ya sea porque disminuya el riesgo, o bien, aumente su rentabilidad (Sapag Chain *et al.*, 2014). Para que el análisis de sensibilidad sea efectivo, debe presentar los diferentes horizontes: el optimista, el constante y el pesimista. El propósito es establecer luego una comparación entre ellos.

Como parte del marco teórico, para la evaluación del proyecto *Makerspace*, se considera el modelo educativo del TecNM, como referencia principal para los criterios de selección respecto de otros proyectos.

El modelo educativo del TecNM

El “Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales” (DGEST, 2012) está constituido por tres grandes dimensiones: 1) la filosófica, que centra la atención del modelo en el ser humano; 2) la académica, que integra los parámetros de referencia de formación profesional, la concepción de aprendizajes y sus condiciones, así como los estándares de la práctica educativa en los institutos tecnológicos y 3) la organizacional, que coadyuva al cumplimiento de los fines del modelo y garantiza que los recursos sean dedicados sustancialmente a los fines educativos.

Formación por competencias del TecNM

Para el Tecnológico Nacional de México, una competencia es la integración y aplicación estratégica de conocimientos, procedimientos y actitudes necesarios para la solución de problemas de contexto, con una actuación profesional, ética, eficiente y pertinente en escenarios laborales heterogéneos y cambiantes (Tecnológico Nacional de México, 2014). Más allá de lo cognitivo y lo laboral, este concepto de competencia se centra en la definición y comprensión del ser competente, como una forma de vida; en consecuencia, se centra en formar competencias para la vida (Gamino-Carranza y Acosta-González, 2016).

Los programas de estudio que se desarrollan en el TecNM están soportados por los siguientes contenidos (DGEST, 2012):

- 1) Los contenidos conceptuales —el saber— son constructos teóricos que ayudan al estudiante a resolver un problema de carácter científico. Son de carácter disciplinario y fundamentan los contenidos procedimentales.
- 2) Los contenidos procedimentales —el saber hacer— son ejecuciones de procesos, métodos, técnicas y procedimientos relacionados con el tratamiento de problemas de producción. En el saber hacer, los contenidos conceptuales se expresan de manera operativa.
- 3) Los contenidos actitudinales —el saber ser— son pautas habituales de actuación que conforman el perfil ético de la persona como profesional.

Los contenidos del Modelo Educativo del TecNM se toman como base para el desarrollo del proyecto *Makerspace*, tomando en cuenta que las características de trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos, el uso de herramientas y las nuevas tecnologías pueden coadyuvar al logro de los objetivos en la adquisición de competencias y fomento a la creatividad e innovación.

La innovación en el TecNM

Con la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, se fortalece la labor académica y se contribuye a la generación del conocimiento, mediante el desarrollo de productos, diseños, procesos y servicios que mejoran la calidad de vida de la sociedad (TecNM, 2020).

La innovación tecnológica es el resultado de acciones que propicien el desarrollo, la producción y la comercialización de nuevos o mejorados productos y servicios. Además, incluye la reorganización de procesos productivos, la asimilación o mejora sustancial de un servicio o proceso productivo y que todas estas acciones hayan satisfecho una necesidad social o que estén avaladas por su éxito comercial (DGEST, 2012).

El fortalecimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico, la vinculación y el emprendimiento (TecNM, 2020) son ejes estratégicos que se plantean dentro del TecNM en su Programa de Desarrollo Institucional (PDI) 2019-2024. Los indicadores de este eje estratégico son la conformación de grupos de trabajo interdisciplinario para la innovación y emprendimiento, así como el desarrollo de prototipos e iniciativas de nuevos negocios en la comunidad TecNM.

Resumiendo, en este capítulo hemos señalado los elementos teóricos que fundamentan la elaboración de un plan para crear un *Makerspace*: el enfoque de sistemas, la técnica de caja negra, la metodología de evaluación de proyectos, las etapas de la evaluación de proyectos y el modelo educativo.

El *enfoque de sistemas* permite analizar la complejidad de la interacción dentro de las organizaciones con una visión holística. En virtud de la cantidad de factores que intervienen en el TecNM para el desempeño de sus actividades, el enfoque de

sistemas permite comprender la naturaleza compleja de los problemas cuando se ponen en marcha los planes estratégicos para el logro de los objetivos.

Mediante la *técnica de la caja negra*, se identifican los elementos que forman parte del objeto de investigación y se representa el proceso educativo del TecNM, campus Milpa Alta, así como las externalidades que influyen en el primer y segundo orden.

La *metodología de evaluación de proyectos* define los aspectos más importantes en el estudio de un proyecto productivo. Las etapas de la evaluación de proyectos son 1) el estudio de mercado, 2) el estudio organizacional, 3) el estudio técnico, 4) el estudio financiero y 5) el estudio económico del proyecto.

El *estudio de mercado* establece la cantidad de bienes y servicios provenientes de una nueva unidad productora que, en una cierta área geográfica y bajo determinadas condiciones, la comunidad estaría dispuesta a adquirir para satisfacer sus necesidades.

El *estudio organizacional* analiza las actividades de cada departamento que interviene directa o indirectamente en el proceso de transformación.

El *estudio técnico* provee información de la localización del proyecto, el proceso de producción, el tamaño y la ingeniería del proyecto, así como el monto de inversión.

El *estudio financiero* siempre toma como punto de referencia el dinero. Considera la magnitud de los ingresos y egresos, el momento en el que se producen en el horizonte de tiempo y la incertidumbre o riesgo asociados.

El *estudio económico* del proyecto considera a toda la comunidad contrastando la situación actual y la que se presentaría si el proyecto se lleva a cabo.

Finalmente, el *modelo educativo* orienta el proceso educativo por medio de líneas de trabajo y que representa lo deseable del sistema. Estos contenidos del Modelo Educativo del TecNM se toman como base para el desarrollo del proyecto *Makerspace*, considerando que las características de trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos y el uso de herramientas y nuevas tecnologías pueden coadyuvar al logro de los objetivos en la adquisición de competencias y fomento a la creatividad e innovación.

Definición y evaluación del proyecto

La planeación surge por efecto de una necesidad; es un esfuerzo asociado a necesidades existentes o anticipadas. Elaborar un plan es un paso en un continuo de medios y fines. En el contexto de la ingeniería, todo sistema que esté en consideración debe ser susceptible a transformarse por medio de la planeación (Sánchez Lara, 2021). Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tiende a resolver una necesidad o deseo humano (Sapag Chain *et al.*, 2014).

En el presente capítulo, se presentan los estudios que permiten evaluar el proyecto de *Makerspace*.

Estudio de mercado

En él, se busca caracterizar la oferta y la demanda que el proyecto educativo *Makerspace* tendrá; para ello, se estiman los ingresos para la posterior evaluación financiera. Su objetivo es elaborar un estudio de mercado cuantitativo para evaluar la viabilidad de un nuevo servicio educativo dentro del campus Milpa Alta del Tecnológico Nacional de México, en el cual se proyecta el uso de tecnologías innovadoras.

Para el logro de dicho objetivo, deben cubrirse las siguientes acciones:

- 1) Definir el servicio prestado dentro del *Makerspace*.
- 2) Establecer y clasificar la demanda y oferta actual.
- 3) Proyectar la oferta y demanda dentro de los próximos 10 años.
- 4) Identificar los aspectos de promoción y difusión del servicio.

El servicio que se ofrecerá busca generar un modelo innovador y creativo de enseñanza aprendizaje, tomando en cuenta las amplias posibilidades que implica la filosofía *maker*, el aprender haciendo, el hazlo tú mismo y el aprendizaje colaborativo.

El proyecto consiste en la apertura de un *Makerspace* en las instalaciones del campus Milpa Alta del TecNM, que permitirá el uso de nuevas tecnologías dentro del proceso educativo del plantel.

Con *Makerspace*, se busca educar a través del aprendizaje significativo por medio del desarrollo de prototipos, fomentando la creatividad y el trabajo en equipo y utilizando estrategias de aprendizaje basado en problemas. Este método se integra en el modelo educativo del TecNM y se ordena a su PDI 2019-2024. El aprendizaje basado en problemas utiliza los principios del constructivismo, en cuyo centro se encuentra el estudiante. El aprendizaje construye su propio conocimiento a partir de experiencias significativas. Por otra parte, el construccionismo sugiere que la construcción de prototipos o artefactos físicos puede generar experiencias significativas para el estudiante.

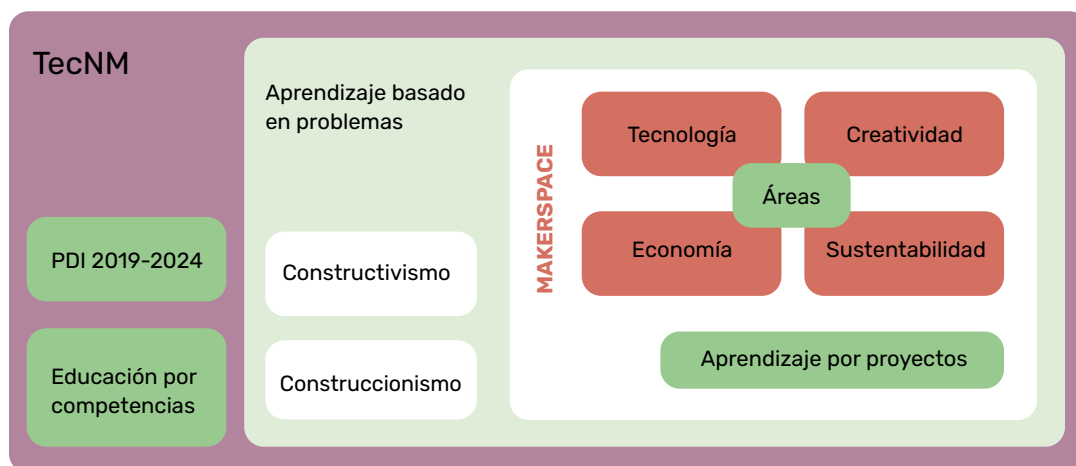


Figura 25. Alineación del *Makerspace* al PDI. Fuente: Elaboración propia.

En relación con su uso, el *Makerspace* es un servicio de consumo final. En relación con su efecto, es un servicio innovador, pues ofrece un nuevo modelo de enseñanza aprendizaje que atiende a los intereses de los estudiantes del TecNM, campus Milpa Alta, sobre el uso de nuevas tecnologías; además, fomenta la innovación al facilitar el desarrollo de prototipos que den solución a problemas locales y regionales. También desarrolla el autoaprendizaje y fortalece la confianza del estudiante al experimentar en un ambiente seguro, donde se permite fallar y aprende que los errores forman parte del proceso.

Análisis de la demanda y oferta actuales

La educación superior está creciendo y, si se mantienen los patrones actuales, 26% de los jóvenes obtendrá algún título de educación superior a lo largo de su vida. Medio millón de egresados ingresa cada año en el mercado laboral y México confía en ellos para progresar en las cadenas de valor mundiales (OCDE, 2019a).

En el ciclo escolar 2020-2021, la matrícula total de educación superior en la Ciudad de México fue de 849 320 estudiantes, de los cuales 527 621 estudian en instituciones públicas (ANUIES, 2021).

Ciclo escolar	Matrícula total	Nuevo Ingreso Total
2020-2021	527 621	130 521
2019-2020	490 615	123 056

Tabla 5. Matrícula de educación superior en la Ciudad de México. Fuente: ANUIES, 2021.

La mayoría de estos jóvenes utilizará las TIC durante su vida universitaria, y constantemente tendrá acceso a información sobre nuevas tecnologías; en el caso del *hardware*, la impresión 3D, Arduino, Raspberry Pi, entre otros; en el caso del *software*, *Stop motion*, *Story telling*, *Coding*, *Gaming*, *Green screen* y demás.

El *Makerspace* se propone satisfacer la demanda de servicios complementarios a la educación superior tecnológica en el TecNM, campus Milpa Alta. Será una demanda continua, ya que estará ordenada conforme el calendario de la Secretaría de Educación Pública, de manera que brindará servicio durante el periodo de clases; en los periodos vacacionales de verano e invierno, se ofrecerán cursos intersemestrales.

El principal público objetivo son los jóvenes de 18 a 29 años, inscritos en el TecNM, campus Milpa Alta. Para el ciclo 2020-2021, formarán una matrícula de 1200 estudiantes con interés por el uso de nuevas tecnologías, la construcción de maquetas o prototipos que puedan ayudarles para la comprensión de un tema específico. El público objetivo secundario son los docentes de alguna de las Instituciones de Educación Media Superior que estén desarrollando un proyecto escolar, así como los

estudiantes que participan en él y están interesados en utilizar nuevas tecnologías para la construcción de un prototipo.

Elaboración de la encuesta

Con el objetivo de conocer la demanda real o efectiva del *Makerspace*, se aplicó una encuesta por medio de *Microsoft forms*, cuyo enlace se envió a las cuentas de correo institucional de los estudiantes del campus. La encuesta tiene la finalidad de averiguar qué opinan los estudiantes acerca del uso de nuevas tecnologías; cuáles conocen y si les gustaría aprender y utilizar nuevas herramientas para la presentación de sus proyectos escolares. Las preguntas fueron las siguientes.

- 1) ¿Qué importancia tiene el uso de recursos tecnológicos como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza?
 - Necesario
 - Opcional
 - No aplica en el área de la educación

- 2) ¿Cree que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizajes?
 - Sí
 - No

- 3) ¿Qué tipo de entorno es más conveniente para el aprendizaje?
 - Entorno virtual
 - Entorno presencial

- 4) ¿El uso de entornos virtuales de aprendizaje nos hace dependientes de la tecnología?
 - Sí
 - No

5) Especifique cuáles de las siguientes nuevas tecnologías le gustaría conocer y aprender.

	Me gustaría	Suena interesante	Más o menos	No me gustaría	No la había escuchado
Sitios web educativos					
Plataformas educativas					
Uso de simuladores					
Coding					
Gaming					
Story telling					
Stop motion					
Robótica educativa					
Arduino					
Raspberry Pi					
Cortadora Láser					
Router CNC					
Impresora 3D					

Figura 26. Opinión sobre nuevas tecnologías. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de resultados

La encuesta se aplicó en el TecNM, campus Milpa Alta, que ofrece tres carreras de nivel licenciatura, y cuenta con una matrícula de 1 200 estudiantes inscritos en el semestre agosto-diciembre de 2021.

Cálculo de la muestra para la población del TecNM campus Milpa Alta

Octubre 2021

N	Tamaño de la población	$D = \frac{B^2}{4}$
n	Tamaño de la muestra	
$p = q$	0.5	
B	Error máximo	$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}$
D	Total de unidades	

N 1200	D 0.0006250000	Conclusión Con un error máximo de 9% y $p=q=0.5$ el tamaño de la muestra deberá ser de 112 estudiantes.
B 0.09	n 112.0249442	
$p = q$ 0.5		

Tabla 6. Cálculo de la muestra para la encuesta. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta contestada por 120 estudiantes (10% de la población) del TecNM, campus Milpa Alta.

1. ¿Qué importancia tiene el uso de recursos tecnológicos como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza?

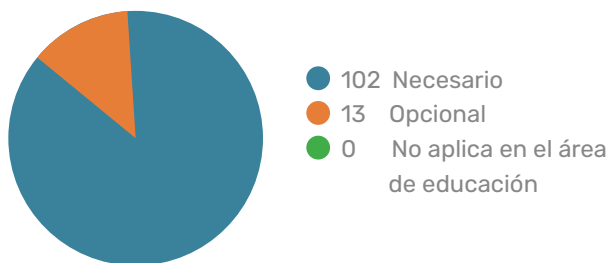
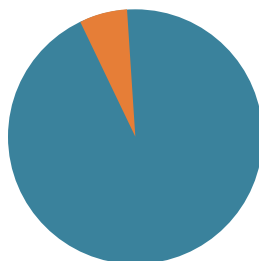


Figura 27. Importancia del uso de recursos tecnológicos.
Fuente: Elaboración propia.

De los encuestados, 90% respondió que es necesario el uso de recursos tecnológicos como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza; la mayoría respondió que sí favorecen la adquisición de aprendizajes.

2. ¿Cree que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizaje?

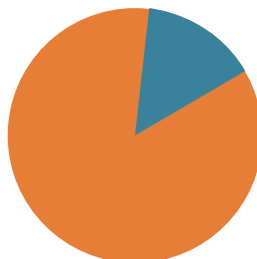


● 110 Sí
● 5 No

Figura 28. Opinión sobre los recursos tecnológicos.
Fuente: Elaboración propia.

Del total, 81% respondió que el entorno presencial es más conveniente para el aprendizaje y 95% que los recursos tecnológicos favorecen a la adquisición de aprendizajes.

3. ¿Qué tipo de entorno es más conveniente para el aprendizaje?

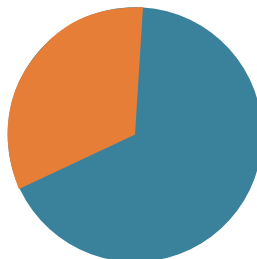


● 22 Entorno virtual
● 93 Entorno presencial

Figura 29. Opinión sobre entornos de aprendizaje.
Fuente: Elaboración propia.

Del universo de estudiantes, 81% considera más conveniente el entorno presencial; 95% cree que los recursos tecnológicos favorecen el aprendizaje; 90% cree necesario el uso de recursos tecnológicos. De lo anterior, puede concluirse que al menos 80% de los estudiantes prefiere el entorno presencial, utilizando además recursos tecnológicos para el aprendizaje.

4. ¿El uso de entornos virtuales de aprendizaje nos hace dependientes de la tecnología?



● 79 Sí
● 36 No

Figura 30. Opinión sobre el uso de entornos virtuales.
Fuente: Elaboración propia.

De los estudiantes, 69% considera que el uso de entornos virtuales de aprendizaje nos hace dependientes de la tecnología; 92% cree que es necesario el uso de estos recursos tecnológicos.

Se concluye que cerca de 70% de los estudiantes está consciente de la importancia de la tecnología en los procesos de aprendizaje, y de la dependencia de ésta para el acceso a la información.

A 69.6% de los estudiantes le gustaría aprender impresión 3D; a 65.2%, el uso de simuladores y a 59.1%, robótica educativa.

24.3% de los estudiantes no había escuchado sobre *Story Telling*; 18.3% no conoce *Raspberry Pi* y 17.4% no sabían la existencia de *Stop motion*.

5. Especifique cuáles de las siguientes nuevas tecnologías le gustaría conocer y aprender.

● Me gustaría ● Suena interesante ● Más o menos ● No me gustaría ● No la había escuchado

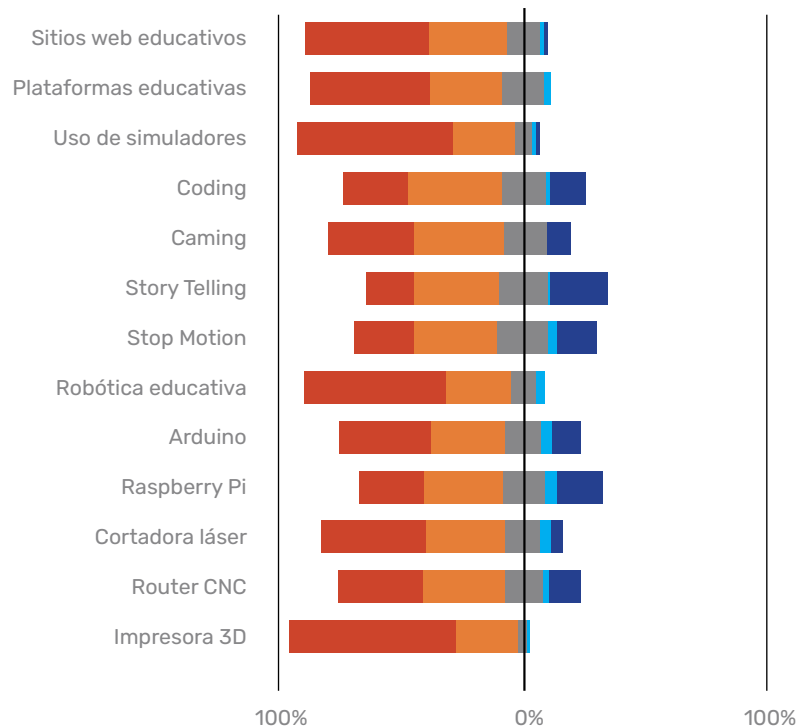


Figura 31. Interés en nuevas tecnologías.
Fuente: Elaboración propia.

En estos resultados, podemos observar un interés por el uso de nuevas tecnologías para el aprendizaje en 55% de los estudiantes. Un hallazgo es que el entorno presencial utilizando nuevas tecnologías como impresión 3D, simuladores y robótica educativa despierta gran interés para 50% de los estudiantes.

Es posible concluir que la apertura de un *Makerspace* captaría la atención de la población estudiantil y, de ella, 50% de los estudiantes tendría interés por aprender a utilizar sus recursos.

Oferta actual

Actualmente no se ofrece un servicio educativo que incluya un *Makerspace*, por lo que su aceptación dependerá del interés de la comunidad sobre el uso de las herramientas tecnológicas, su esquema de préstamo, la capacitación para el uso de la impresora 3D y la respuesta de la comunidad para el trabajo colaborativo.

Este proyecto está dirigido al consumidor institucional, el cual toma en cuenta las ventajas que ofrece *Makerspace* sobre otras opciones. La segmentación de mercado está en función del interés por el uso de herramientas tecnológicas en forma presencial.

Respecto a la competencia, los *Makerspace* más cercanos se encuentran en Coyacán (*330 Ohms*) y en el centro histórico (*Hacedores*) que, si bien son ampliamente conocidos dentro de la comunidad *Maker*, se encuentran al menos a una hora y media de traslado del TecNM, campus Milpa Alta.

Considerando lo anterior, un *Makerspace* en las instalaciones del TecNM, campus Milpa Alta, tendría un número potenciales de 600 estudiantes usuarios; de ellos, a 300 les gustaría conocer y aprender alguna de las nuevas tecnologías. Lo anterior sugiere que, después de las aulas, un *Makerspace* se convertiría en el espacio físico más utilizado por los estudiantes.

Precio

Todos los servicios ofrecidos por el *Makerspace* serían gratuitos: uso del espacio, préstamo de herramientas, asesoría técnica, impresión 3D, entre otros. A continuación, se menciona el costo de los servicios de otros espacios *Maker* en la Ciudad de México durante 2021.




Servicio			
Membresía	Por cotización	\$100 mxn por día	\$500 mxn/mensual/ básica
Corte láser	Por cotización	\$7.00 mxn por minuto	Por cotización
Router CNC	No aplica	\$8.00 mxn por minuto	Por cotización
Impresión 3D	Por cotización	No aplica	Por cotización

Tabla 7. Costo de servicios. Fuente: Elaboración propia.

Al ofrecer servicios gratuitos, este espacio tendrá un alto impacto social y se fortalecerá el sentido de pertenencia a la institución.

Proyección de la oferta y la demanda

Los *makerspace* están creciendo, principalmente en colegios particulares, por lo que la oferta estaría limitada al acceso de estos espacios y, en caso de abrir uno propio en el TecNM, campus Milpa Alta, se podría considerar como alternativa única para el acceso a nuevas tecnologías dentro del instituto.

La demanda estaría en función del número de estudiantes inscritos en el plantel — en específico, los interesados en conocer y aprender alguna de las nuevas tecnologías—, por lo que se puede hacer la siguiente proyección de acuerdo con la encuesta realizada.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Número de alumnos inscritos	1207	1206	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Usuarios potenciales del <i>Makerspace</i>	0	300	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Tabla 8. Proyección de la demanda. Fuente: Elaboración propia.

Difusión del *Makerspace*

Para difundir los servicios del espacio creativo *Makerspace* y beneficiar al mayor número de estudiantes posible, se definen las siguientes acciones:

Estrategia de servicio. Proporcionar información clara sobre las condiciones del servicio ofrecido y los protocolos de seguridad e higiene necesarios para hacer uso de él. Promover los valores de trabajo colaborativo interdisciplinario y democratizar el conocimiento en el uso de nuevas tecnologías. Ofrecer talleres y pláticas introductorias sobre impresión 3D. Complementar el aprendizaje formal que se imparte en las carreras ofrecidas por el TecNM, campus Milpa Alta, mediante el enfoque constructivista y constructorista.

Estrategia de difusión. Crear una sección en la página web del TecNM, campus Milpa Alta, sobre los servicios que ofrece el espacio *Makerspace*. Creación de infografías sobre los talleres y pláticas sobre impresión 3D.

Estrategia de promoción. Al ser un servicio novedoso y que no tiene competencia en las comunidades cercanas, se puede contactar a medios informativos locales que tengan interés en publicar información sobre el *Makerspace*.

Estrategia de redes sociales. Proporcionar información sobre las actividades realizadas en el *Makerspace* para su publicación en las redes sociales del TecNM, campus Milpa Alta.

Proyección de ingresos

Debido a que los servicios ofrecidos serán gratuitos para toda la comunidad, no se contempla recibir ingresos por el uso de este espacio.

Estudio organizacional

En este estudio se identifican los requerimientos legales y ambientales, las necesidades y las características del personal, gastos de administración, mobiliario de inicio y estructura organizacional para el funcionamiento del proyecto *Makerspace* en el TecNM, campus Milpa Alta.

Aspectos ambientales

El impacto de un *Makerspace* se centra en los residuos generados por el uso de las nuevas tecnologías, como impresión 3D, corte láser, desbaste con CNC, así como los residuos por diseño de prototipos, como corte de cable conductor, soldadura, pegamento, cartón, papel, plástico y demás. El medio ambiente es de vital importancia, por lo cual deberá promoverse la concientización sobre el uso y aprovechamiento de los recursos, sobre el ahorro de energía y la relevancia del desarrollo de productos amigables, lo cual es fundamental si consideramos que se trata de un proyecto que complementa la formación de estudiantes universitarios.

En congruencia con su política ambiental, el Tecnológico Nacional de México establece el compromiso de implementar y orientar todos sus procesos estratégicos y actividades del proceso educativo hacia la Calidad del Servicio Educativo y respeto del medio ambiente. Por ello, da cumplimiento a los requisitos del estudiante y partes interesadas, la legislación ambiental aplicable y otros requisitos ambientales que se suscriban, así como promover en su personal, estudiantes y partes interesadas la prevención de la contaminación y el uso racional de los recursos, mediante la implementación, operación y mejora continua de un Sistema de Gestión de Calidad conforme a la Norma ISO 9001:2015/NMX-CC-9001-IMNC-2015 y un Sistema de Gestión Ambiental conforme a la Norma ISO 14001:2015/NMX-SAA-14001-IMNC-2015. De esta manera, coadyuva a la conformación de una sociedad justa y humana con una perspectiva

de sustentabilidad y de ser uno de los pilares fundamentales del desarrollo sostenido y sustentable.

La identificación de los aspectos ambientales y su grado de significancia se lleva a cabo mediante una matriz de doble entrada. Las columnas enlistan la serie de aspectos ambientales de acuerdo con el factor ambiental afectado, es decir: demanda de recursos naturales, agua, suelo, aire, flora, fauna y personas. Frente a cada actividad, se encuentra la primera columna en la que se enlistan los criterios de valoración que serán utilizados en cada interacción actividad-aspecto ambiental. Los criterios por utilizar son Magnitud (Mg), Duración (Dn) y Frecuencia (Fr).

Los criterios Mg, Dn y Fr serán evaluados con las opciones “baja”, “media” o “alta” (valores de 1, 2, o 3, respectivamente). Previo a la asignación del valor, se recomienda diferenciar las actividades con valor “baja” de las de valor “alta” para, en función de ello, asignar valores también de manera diferenciada. Por ejemplo, para el aspecto ambiental “Energía eléctrica”, tenemos varias actividades que la consumen; de todas ellas, seleccionaríamos la que consideremos que consume menos —tal es el caso del trabajo docente en cubículos, las aulas, el almacén de reactivos químicos, entre otros—, a los cuales calificaríamos con “1”. Por el otro extremo, encontraremos las actividades de mayor consumo, como uso de aire acondicionado, iluminación de áreas abiertas, iluminación de áreas cerradas, etcétera, a las que se asignaría el valor de “3”. Se recomienda hacer lo mismo para los criterios de Dn y Fr.

El uso de equipos de cómputo es constante, pues se requiere para diseño, programación, simulación y búsqueda de información; sin embargo, el consumo de energía es bajo para estos equipos. La impresión de información es mínima, pues todos los archivos se pueden almacenar de forma electrónica, de manera que puedan consultarse más tarde.

El consumo de materiales y equipos eléctricos será continuo para el caso de soldadura con cautín, conexión de equipos con fuente o eliminador de baterías, consumo de materiales como resistencias, leds, diodos, transistores, capacitores, circuitos lógicos, etcétera. La generación de residuos eléctricos y electrónicos es directamente proporcional al uso del espacio, el cual se espera que incremente de manera gradual, por lo que se destinará un área específica para el almacenamiento de estos residuos.

Respecto a la iluminación, mantenimiento y limpieza de instalaciones, así como el control de fauna indeseable, se considera la misma necesidad que cualquier otra área académica como las aulas o biblioteca.

En cuanto a nuevos productos y servicios, se considera la cortadora láser, el router CNC, así como la impresión 3D, donde se incluye los filamentos APS y PLA, acrílico y madera MDF. En condiciones normales de operación, la significancia será baja en cuanto al consumo de recursos, ya que todos los proyectos se realizarán como prototipos y se promoverá el desarrollo sustentable como premisa para cada uno de ellos.

ACTIVIDAD		Agua	Energía eléctrica	Gas	Combustible	Materiales y equipos eléctricos	Solventes y pinturas	Material de limpieza	Sustancias químicas y materiales en laboratorios y talleres escolares	Papel	
¿Aplica normatividad?	sí										
	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	
CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN (PARO Y ARRANQUE)	Uso de equipo de cómputo e impresión	Mg	0	1	0	0	0	0	0	0	
		Dn	0	1	0	0	0	0	0	0	
		Fr	0	1	0	0	0	0	0	0	
		Sig	0	2	0	0	0	0	0	0	
	Significancia		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Desarrollo de prácticas e investigación en laboratorios y talleres escolares	Mg	0	1	0	0	1	0	0	1	0
		Dn	0	1	0	0	1	0	0	1	0
		Fr	0	1	0	0	2	0	0	2	0
		Sig	0	2	0	0	4	0	0	4	0
	Significancia		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Iluminación	Mg	0	2	0	0	1	0	0	0	0
		Dn	0	1	0	0	1	0	0	0	0
		Fr	0	2	0	0	1	0	0	0	0
		Sig	0	6	0	0	2	0	0	0	0
	Significancia		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Mantenimiento de instalaciones	Mg	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Dn		0	1	0	0	1	0	0	1	0	
Fr		0	1	0	0	1	0	0	1	0	
Sig		0	2	0	0	2	0	0	2	0	
Significancia		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Limpieza de instalaciones	Mg	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Dn	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Fr	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Sig	2	0	0	0	0	0	2	0	0	

ACTIVIDAD	Agua	Energía eléctrica	Gas	Combustible	Materiales y equipos eléctricos	Solventes y pinturas	Material de limpieza	Sustancias químicas y materiales en laboratorios y talleres escolares	Papel
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Control de fauna indeseable	Mg	0	0	0	0	0	0	1	0
	Dn	0	0	0	0	0	0	1	0
	Fr	0	0	0	0	0	0	1	0
	Sig	0	0	0	0	0	0	2	0
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Nuevos productos y/o servicios (cuando aplique)	Mg	0	1	0	0	1	0	1	0
	Dn	0	1	0	0	1	0	1	0
	Fr	0	1	0	0	1	0	1	0
	Sig	0	2	0	0	2	0	2	0
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tabla 9. Consumo de recursos. Fuente: Tecnológico Nacional de México, 2016.

En la tabla anterior, se muestra la matriz para identificar los aspectos ambientales significativos con referencia a la Norma ISO 14001:2015 6.1.2, basada en el documento TecNM-GA-PR-01-01. Como se puede observar, no hay ningún aspecto significativo, por lo que el impacto ambiental en el uso de recursos puede ser solventado con la promoción del desarrollo sustentable en los proyectos que se realizarán.

Aspectos jurídicos

El espacio se denominará *Makerspace del TecNM campus Milpa Alta* y su objeto social será la prestación de servicios educativos enfocados al desarrollo tecnológico y promoción de la innovación a nivel superior.

Naturaleza jurídica

El 23 de julio de 2014, en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF), fue publicado el Decreto Presidencial por el que se crea la institución de educación superior tecnológica más grande de nuestro país, el Tecnológico Nacional de México (TecNM). De acuerdo con el decreto citado, el TecNM se funda como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública, que sustituye a la unidad administrativa que se encargaba de coordinar este importante subsistema de educación superior.

Marco normativo

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, última reforma publicada en el DOF el 20 de diciembre de 2019.
- Ley General de Educación, publicada en el DOF el 30 de septiembre de 2019. § Ley General de Educación Superior (en proceso de emisión). § Ley General de Ciencia, Tecnología e Innovación (en proceso de emisión). § Ley de Planeación, última reforma publicada en el DOF el 16 de febrero de 2018.
- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, publicado en el DOF el 12 de julio de 2019.
- Programa Sectorial de Educación 2019-2024, publicado en el DOF el 6 de julio de 2020.
- Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2024.
- Programa Institucional 2020-2024 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, publicado en el DOF el 23 de junio de 2020.
- Decreto que crea el Tecnológico Nacional de México, publicado en el DOF el 23 de julio de 2014.
- Manual de Organización General del TecNM, publicado en el DOF el 20 de diciembre de 2018.
- Reglamento Interior del Trabajo del Personal Docente de los Institutos Tecnológicos, emitido en noviembre de 1982.
- Reglamento Interno de Trabajo del Personal No Docente de los Institutos Tecnológicos, emitido en noviembre de 1982.
- Estrategias de austeridad, transparencia y rendición de cuentas del Tecnológico Nacional de México, emitidas en marzo de 2019.
- Transformar Nuestro Mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (Estrategia Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 en México).

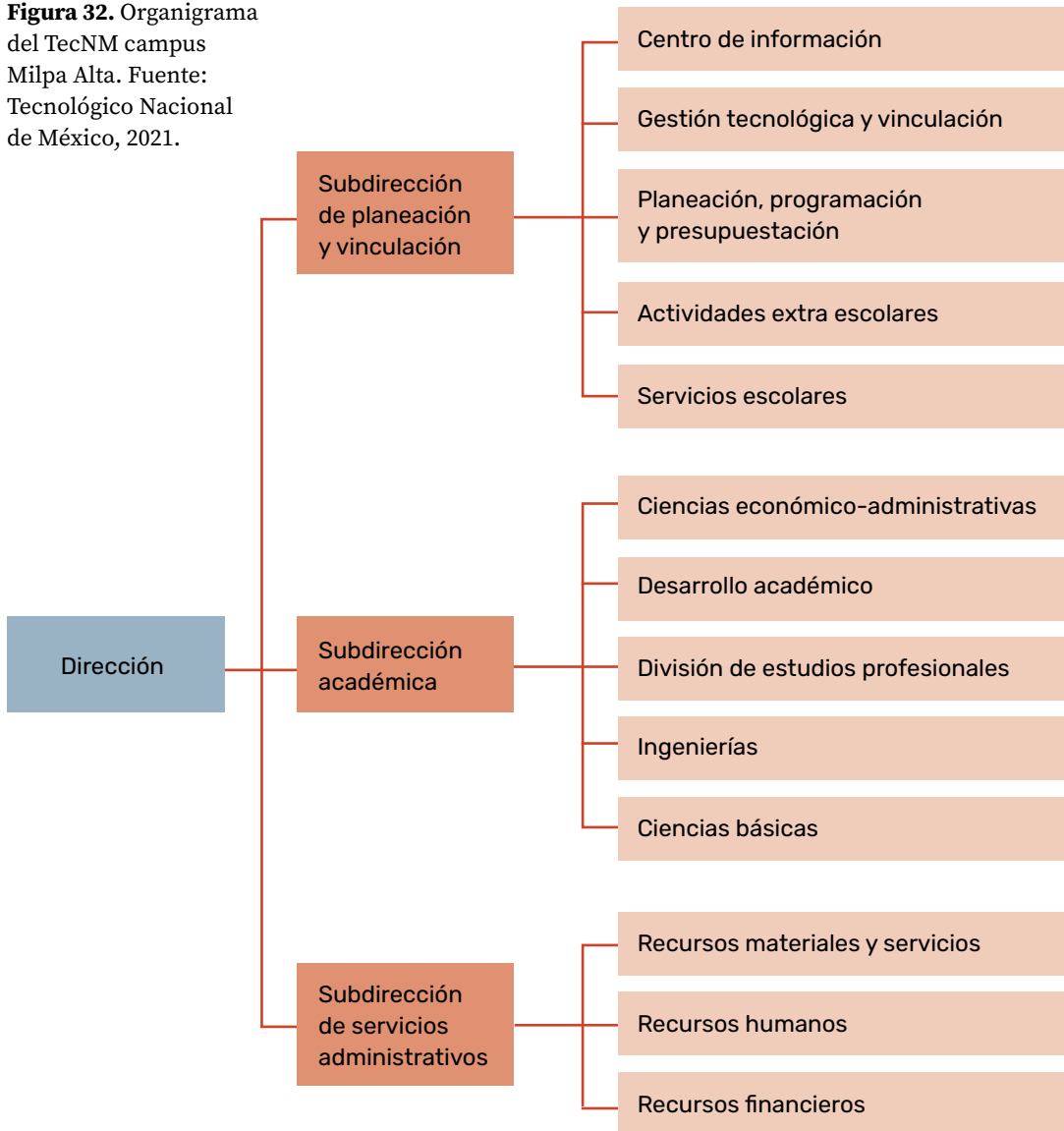
Organización operativa

El Tecnológico Nacional de México está constituido por 254 instituciones, de las cuales 126 son institutos tecnológicos federales, 122 institutos tecnológicos descentralizados, los cuatro Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), el Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIIDET).

En estas instituciones, el TecNM atiende a una población escolar de más de 600 mil estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, incluida la Ciudad de México.

El TecNM, campus Milpa Alta, cuenta con una organización interna representada en la siguiente figura.

Figura 32. Organigrama del TecNM campus Milpa Alta. Fuente: Tecnológico Nacional de México, 2021.



En este organigrama, es necesario agregar a un operador de *Makerspace* para realizar las actividades relacionadas con el espacio creativo.

El Operador de *Makerspace* será la persona responsable de las actividades que se realizarán dentro del espacio; dependerá directamente de la subdirección académica, ya que las actividades se centran en el aprendizaje y trabajo colaborativo. A continuación, se realiza la descripción detallada de sus funciones.

Puesto	Operador de <i>Makerspace</i>
Reporta a	Subdirección Académica
Objetivo	Realizar de manera oportuna, un diagnóstico eficaz y certero todas aquellas acciones preventivas y correctivas que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos y servicios asignados de acuerdo con su especialidad.
Funciones	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar con el área de recursos materiales las autorizaciones de recursos y materiales requeridos para el servicio ofrecido. • Mantener la herramienta de trabajo en buena presentación y condiciones, para dar un buen servicio al usuario. • Atender al usuario de manera amable. • Mediante su experiencia y profesionalismo, realizar el diagnóstico certero y el soporte preventivo o correctivo de manera precisa, que permita el correcto funcionamiento de los equipos. • Ejecutar los trabajos durante el soporte a los equipos de manera limpia y ordenada. • Reportar los trabajos realizados mediante la elaboración del reporte técnico. • Portar adecuadamente el equipo de seguridad durante la realización de los trabajos. • Cumplir las disposiciones reglamentarias aplicables en materia de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo. • Impartir talleres sobre el uso de las tecnologías de impresión 3D, corte láser, CNC, etcétera. • Brindar asesoría técnica a los usuarios sobre el uso de los equipos y medidas de seguridad necesarias.

Puesto	Operador de <i>Makerspace</i>
Perfil del puesto	<p>Edad: 18 años en adelante Estado civil: indistinto Sexo: indistinto Escolaridad mínima: especialidad técnica, carrera trunca o afín. Experiencia previa: deseable en corte láser, impresión 3D, CNC, corte de vinil.</p>
Conocimientos generales	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento técnico y de mantenimiento • Capacidad de diagnóstico y aplicación de medidas correctivas y preventivas • Lectura y escritura • Seguridad en el trabajo • Habilidades técnicas • Análisis de problemas • Actitud de servicio • Habilidad de comunicación • Trabajo en equipo

Tabla 10. Descripción de puesto Operador de *Makerspace*. Fuente: Elaboración propia.

Como empleado, las prestaciones de ley son las siguientes:

- 1) Aguinaldo: mínimo 15 días, pagaderos en diciembre.
- 2) Vacaciones: 6 días al año y 25% de sobresueldo como prima vacacional. Cada año de servicio cumplido, se agregan 2 días adicionales, hasta llegar a 12.
- 3) Alta en el IMSS; la cuota patronal depende del sueldo.
- 4) Descanso dominical.
- 5) Si trabaja el domingo, deberá recibir 25% más del salario base.
- 6) Licencia por maternidad (12 semanas) o por adopción (6 semanas).
- 7) Licencia de paternidad (5 días laborales).
- 8) Periodo de lactancia, dos descansos extraordinarios por día de media hora, cada uno para alimentar a sus hijos.
- 9) Prima de antigüedad, al separarse de la empresa, siempre que haya trabajado más de 15 años; pago adicional de 12 días de salario por cada año de servicio, o la parte proporcional del último año.

- 10) Utilidades —parte de las ganancias de la empresa—, pagaderas del 1 de abril al 30 de mayo.
- 11) Al renunciar, salario del periodo que corre, aguinaldo, vacaciones, prima vacacional, utilidades, prima de antigüedad por 15 años o más se otorgarán al trabajador que da voluntariamente terminada su relación de trabajo.
- 12) En el despido, recibir indemnización constitucional (pago de tres meses de salario, aguinaldo, vacaciones, prima vacacional, utilidades, prima de antigüedad) y, en caso de que demande, reinstalación a su puesto de trabajo; si el empleador niega la reinstalación, además de los conceptos aludidos, percibirá 20 días de salario por año de servicios prestados, más salarios vencidos.

Para el cálculo de esta sección, sólo se toman los tres primeros incisos, que son los determinantes para el análisis del sueldo promedio anual de los empleados.

Sueldo	Núm. de empleados	Sueldo mensual	Cuota patronal mensual	Prestaciones anual	Sueldo anual
Operador de <i>Makerspace</i>	1	\$10 000.00	\$1 645	\$5 500	\$145 238.00
IVA					\$23 238.00
TOTAL					\$168 476.00

Tabla 11. Sueldo del personal requerido. Fuente: Elaboración propia.

Las actividades de apoyo dentro del *Makerspace* pueden ser realizadas por prestadores de servicio social o residencia profesional, estudiantes de cualquier semestre entusiastas del movimiento hacedor que pueden impartir talleres sobre impresión 3D, corte láser, router CNC, entre otros contenidos.

Organización durante la gestión

En el estudio financiero, se calcula la inversión necesaria para cubrir el primer ciclo de operación. La siguiente tabla presenta cifras anuales para este primer ciclo.

Tabla 12. Inversión inicial.
Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Monto
Mobiliario y equipo	\$177 480.00
Sueldos	\$168 476.00
Total	\$345 956.00

En cuanto a las fuentes de financiamiento, en un principio correrá a cargo del TecNM, campus Milpa Alta, con la posibilidad de recibir donaciones y apoyo del gobierno local, así como de la participación en proyectos para bajar recursos públicos de nivel federal o de empresas privadas.

Organización para la ejecución

Al inicio, no se requiere ningún tipo de construcción. La adecuación necesaria a la infraestructura física del plantel es mínima, por lo que la ejecución puede ser supervisada por el mismo operador del *Makerspace* u otro miembro de la organización asignado para tal actividad.

Estudio técnico

El objetivo de este estudio es proveer la información necesaria para cuantificar el monto de las inversiones y los costos de operación de un *Makerspace* en el TecNM, campus Milpa Alta, partiendo de información proveniente del estudio de mercado presentado anteriormente.

Marco de referencia

Con el objetivo de cuantificar las inversiones y los costos de operación del proyecto, se parte del proceso de elaboración y el balanceo de los equipos que conforman el proceso productivo. Uno de los resultados de este estudio será determinar la función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles para la producción del servicio educativo *Makerspace*. De aquí se obtendrá lo siguiente:

- 1) Información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para el periodo de puesta en marcha como de explotación del proyecto.
- 2) Necesidades de equipo y maquinaria.
- 3) Requerimientos de personal y su movilidad.
- 4) Necesidades de adecuación a la infraestructura.
- 5) Descripción del proceso productivo.
- 6) Materias primas y demás insumos que demandará el proceso.

El tamaño del proyecto es un aspecto fundamental en la evaluación de este estudio. Como en el análisis de la demanda, no hay restricciones en este aspecto, pues el servicio está dirigido a un consumidor institucional. No obstante, las restricciones más importantes del proyecto estarán condicionadas por su tamaño y el espacio disponible. Por lo tanto, en el presente estudio, se considera el espacio disponible y la infraestructura necesaria para abrir un espacio *Makerspace* en las instalaciones ya existentes del plantel.

Localización macro

El TecNM, campus Milpa Alta, se ubica en Independencia Sur núm. 36, Colonia San Salvador Cuauhtenco, Alcaldía Milpa Alta, C.P. 12300, Ciudad de México.

La Alcaldía Milpa Alta se localiza en la zona sur de la Ciudad de México. Es la segunda demarcación más grande de la Ciudad de México, pues cuenta con una extensión territorial de 288.13 km². En cuanto a los límites territoriales: al poniente, colinda con Tlalpan; al sur, con el Estado de Morelos y al oriente, con el Estado de México. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, tiene una población de 137927 habitantes. De ellos, 67151 (48.7%) son hombres y 70776 (51.3%) son mujeres; ocupa 1.5% de la población total de la Ciudad de México.

Actualmente, la población juvenil y adulta (15 a 64 años) ocupa el primer lugar de la demarcación con 93 020 habitantes, Además, es orgullosamente indígena, pues 4.1% de la población habla alguna lengua indígena, rubro en el que ocupa el primer lugar en la ciudad de México.

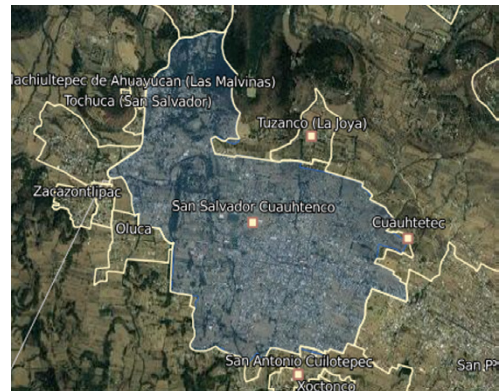
Milpa Alta se especializa en el cultivo y transformación del nopal, uno de los principales productos que los habitantes de este territorio comercializan con el resto de los capitalinos; más de 80% de este tradicional alimento procede de esta demarcación y es consumido por la capital del país, junto con 90% de mole, que también proviene de esta alcaldía.

Localización micro

San Salvador Cuauhtenco está situado en la Alcaldía de Milpa Alta, en la Ciudad de México, a 2 748 metros de altitud. Cuenta con 13 856 habitantes, de los cuales 6 857 son hombres y 6 999 mujeres. 6.28% de la población es indígena, y 2.14% de los habitantes habla una lengua diferente del español.

Se cree que fue fundado en el primer tercio del siglo XVI en la parte baja del Chichinautzin. A finales del mismo siglo, recibe el nombre de San Salvador y terminó de construirse a finales de 1700. San Salvador Cuauhtenco no aparece en el mapa de 1870 como parte de la demarcación de Milpa Alta.

Figura 33: Vista satelital del pueblo de San Salvador Cuauhtenco, Milpa Alta.
Fuente: INEGI.



La zona geográfica cuenta con servicios públicos de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica y dispone de la infraestructura básica para el funcionamiento de la Institución de Educación Superior (IES). La IES está ubicada cerca de áreas culturales, deportivas y recreativas, y lejos de zonas de contaminación ambiental, física y moral. El acceso principal a esta zona rural son calles de poco tránsito y baja velocidad. Su ubicación la preserva de riesgos de inundación y deslaves. Su suelo presenta una buena calidad de cimentación.

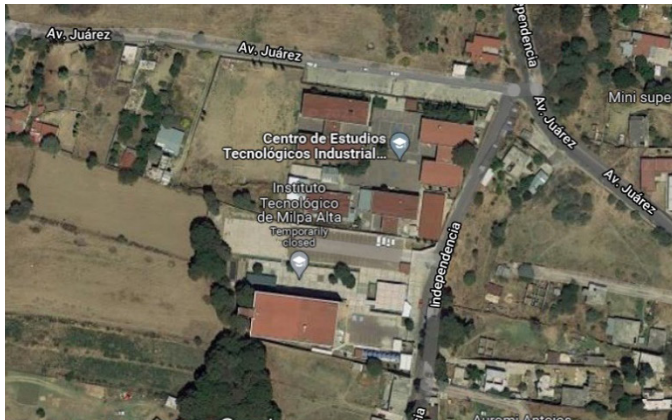


Figura 34. TecNM campus Milpa Alta.
Fuente: Google Maps.

Normatividad vigente

Como parte de sus atribuciones, el TecNM establece las estrategias necesarias para robustecer su infraestructura educativa, fortalecer a su personal académico y a su equipamiento científico, así como para modernizar sus instalaciones.

Con fundamento en el artículo 3º del decreto del TecNM, publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, el 23 de julio de 2014, el Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México formula y establece las disposiciones técnicas y administrativas para la organización, operación, desarrollo, supervisión y evaluación de la educación superior tecnológica que se realice en los institutos, unidades y centros adscritos.

El Artículo 2º, fracciones V y VIII, señala que el TecNM tiene por objeto ofrecer la más amplia cobertura educativa, que asegure la igualdad de oportunidades para estudiantes en localidades aisladas y zonas urbanas marginadas. Lo anterior busca impulsar la equidad, la perspectiva de género, la inclusión, la diversidad, así como propiciar el desarrollo y la utilización de Tecnologías de Información y Comunicación en los institutos en el sistema educativo nacional, para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, ampliar sus competencias para la vida y favorecer su inserción en la sociedad del conocimiento.

En función de lo anterior, no es necesario ningún permiso para la adecuación de los espacios físicos dentro de las instalaciones.

Proceso de producción

El diseño e implementación de un espacio *Makerspace* en el TecNM, campus Milpa Alta, tiene como objetivo crear un ambiente de enseñanza-aprendizaje basado en metodologías DIY. La razón es que éstas promueven la creatividad y la motivación por aprender e incorporar las tecnologías ligadas a la programación, la impresión 3D, pantalla verde, codificación, *stop motion*, *story telling*, página *web* y gamificación; también favorecen el manejo de máquinas y herramientas que representan soluciones de bajo costo para materializar resultados de investigación, crear productos necesarios para elaborar programas sencillos de proyectos de robótica y para promover las transferencias académicas de otras instituciones públicas o privadas, además de fomentar el trabajo colaborativo para desarrollar una cultura de innovación y desarrollo tecnológico.

En el siguiente cuadro, se presenta el proyecto *Makerspace* como un sistema con caja negra, donde se realizan los procesos de producción y transformación:

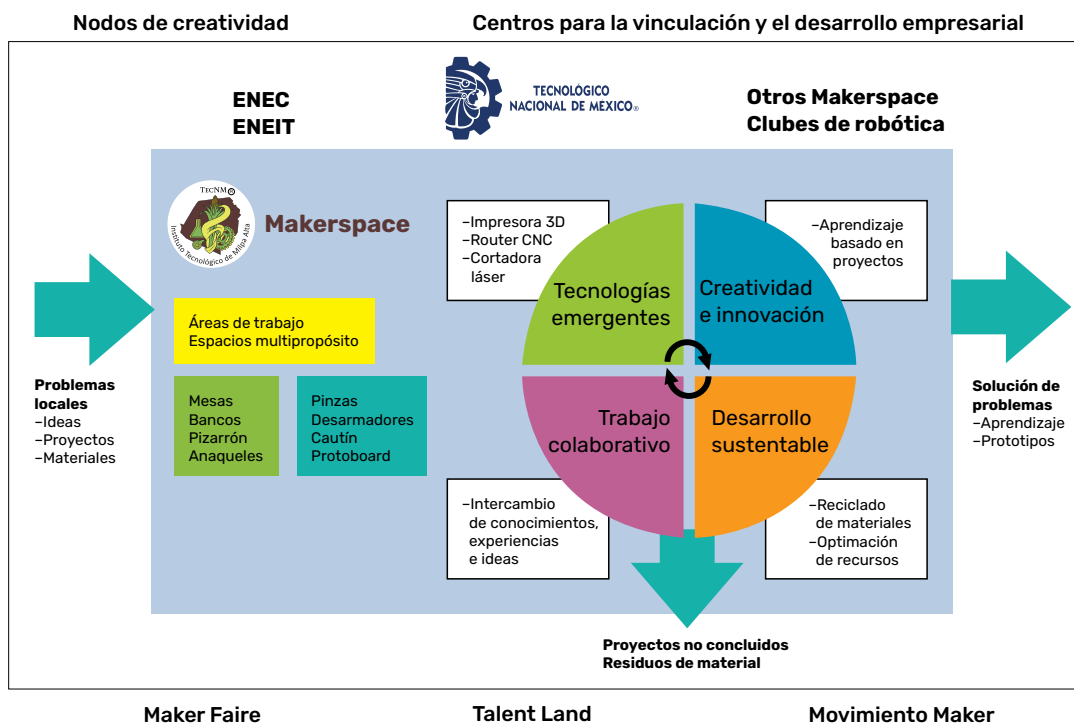


Figura 42. Modelo de caja negra de un *Makerspace*. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de producción gira en torno al trabajo colaborativo, donde se utilizan nuevas tecnologías para promover la creatividad e innovación con un enfoque sustentable.

Tamaño del proyecto

Se plantea crear un espacio *Makerspace* en el TecNM, campus Milpa Alta, de San Salvador Cuauhtenco, en un aula ubicada en la planta baja de la institución. Además de estar disponible, reúne todas las características necesarias de las normas 4.2 no curriculares y 5.2 zonas (normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones) del Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (Inifed).

El aula cuenta con las siguientes medidas: 6.05 m de ancho, 7.24 m de largo y 2.75 m de altura; cuenta con una puerta de 0.90 m ancho x 2.10 m de altura, y 2 ventanas, de las cuales la primera mide 7.24 m de ancho x 1.20 m de altura y la segunda, 4.82 m de ancho x 1.20 m de altura; además, un pizarrón de 5 m de ancho x 1.5 m de altura. El espacio tiene la capacidad de albergar hasta 40 estudiantes, pues el índice de área seleccionada es de 1.25 m²/alumno.



VOLUMEN 2
TOMO I

ESTUDIOS PRELIMINARES
PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN

REVISIÓN: 2014

Tabla No. 4.4 Requisitos dimensionales mínimos

EDUCACIÓN SUPERIOR						TERRENO		
MODALIDAD	NÚMERO DE ALUMNOS	NÚMERO DE PISOS	SUPERFICIE (M ² /ALUMNO)			DIMENSIONES (M)		SUPERFICIE TOTAL (M ²)
			CONSTRUIDA	LIBRE	TOTAL	FRENTE	FONDO	
Normal	400	1	6.40	13.10	19.50	68.00	114.00	7,800.00
Universidad Pedagógica Nacional	400	1 y 2	4.30	9.70	14.00	80.00	71.00	5,600.00
Universidades Tecnológicas	2,000	1 y 2	9.00	68.25	75.00	250.00	600.00	15.00 Ha
Institutos Tecnológicos y Universidades Politécnicas	3,000	1 y 2	5.50	64.25	66.66	300.00	650.00	20.00 Ha

Figura 36. Requisitos dimensionales mínimos. Fuente: Inifed.

Atendiendo a las especificaciones requeridas para cumplir los lineamientos mencionados por el Inifed, los resultados obtenidos para la distribución de cada una de las áreas ocupadas muestran lo siguiente.

Tipo de espacio	#Espacios	Área total
Pantalla verde	1	0.2 m ²
Codificación y gamificación	1	4 m ²
Stop motion	1	4 m ²
Story telling	1	4 m ²
Página Web	1	0
Impresión 3D	1	4 m ²
CNC router	1	4 m ²
Raspberry Pi	1	4 m ²
Arduino	1	4 m ²
Aula <i>Maker</i>	1	15.6 m ²
Total de espacios	1	43.80 m ²
Área cubierta		43.80 m ²

Tabla 13. Tipo de espacios.
Fuente:
Elaboración propia.

Ingeniería del proyecto

Se considerará un aula *Makerspace*, donde se impartirán talleres de aprendizaje y elaboración de proyecto que conduzcan a la innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos disciplinarios: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El aula *Makerspace* estará distribuida de la siguiente manera:

- 1) *Área de cómputo e impresión de 3D*: Podrán albergar hasta cuatro personas, pues tendrá dos equipos de cómputo y dos impresoras 3D.
- 2) *Área de aprendizaje*: Será un espacio de reunión para los alumnos; habrá dos mesas de 6 sillas y servirá para que tanto alumnos como profesores compartan sus ideas y aprendan a utilizar las herramientas que habrá en el *Makerspace*.
- 3) *Área de trabajo*: Aquí, las ideas que se pensaron y desarrollaron en el área anterior se harán realidad; en esta área, los alumnos podrán llevar a cabo proyectos como robótica, electricidad y carpintería, con las diferentes herramientas que contendrá el aula.
- 4) *Herramientas*: Aquí se ubicarán todas las herramientas que tanto estudiantes como profesores podrán utilizar; habrá kits para robots, desarmadores, pinzas, llaves, entre otras.

- 5) *Almacenamiento y lavado*: En esta parte, podrán guardar los proyectos que se realizaron; se guardarán las mochilas.
- 6) *Área de cortado*: Será un espacio especial para que los alumnos puedan cortar materiales como madera para realizar sus proyectos.

Para obtener la vista del espacio del *Makerspace* en dos dimensiones, se utilizó *AutoCAD*. Fue realizada por el egresado Óscar Eduardo Solano Acevedo, como parte de su Proyecto de Residencia Profesional; también elaboró el diseño tridimensional, utilizando *SketchUp*, lo que permitió obtener una vista más clara y precisa de lo que se pretende alcanzar en el proyecto del *Makerspace*.

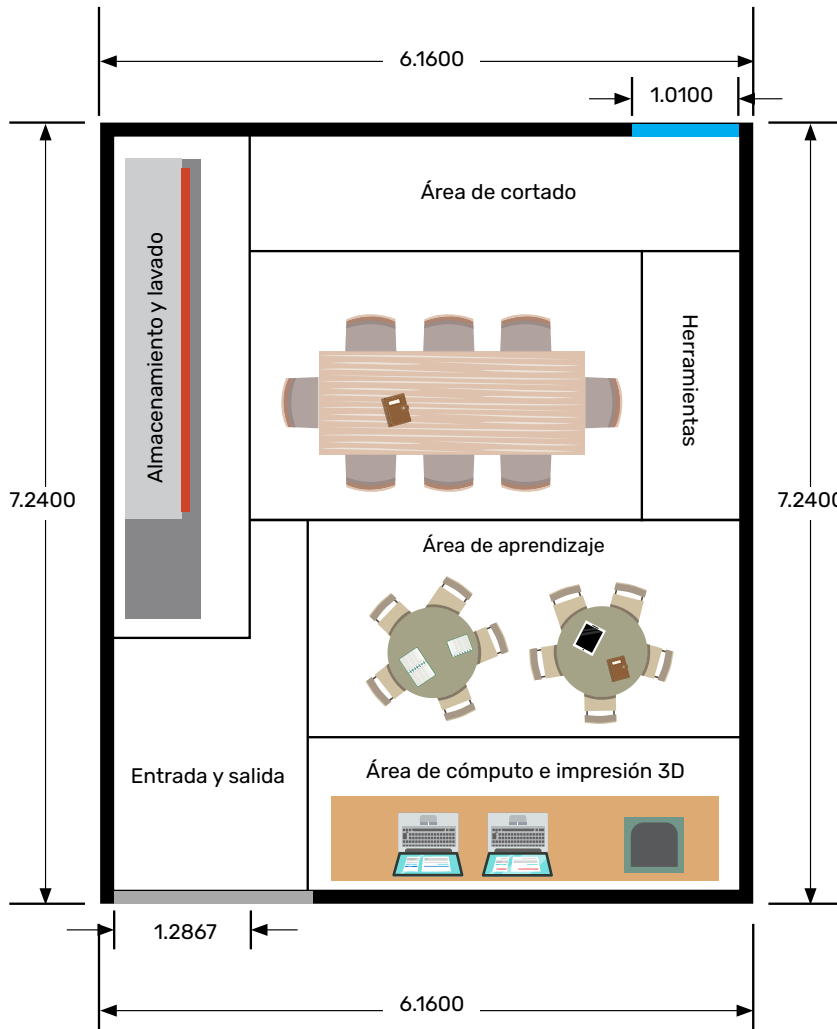


Figura 37. Distribución de planta del *Makerspace*.
Fuente: Elaborado por Oscar Eduardo Solano Acevedo.

De manera previa, se buscaron y evaluaron los diferentes programas que podrían ocuparse para la creación del modelo que se muestra en este proyecto; al final, se concluyó que *AutoCAD* y *SketchUp* eran los idóneos, pues con las habilidades obtenidas por el egresado, podría aprender a utilizarlos de forma autodidacta.

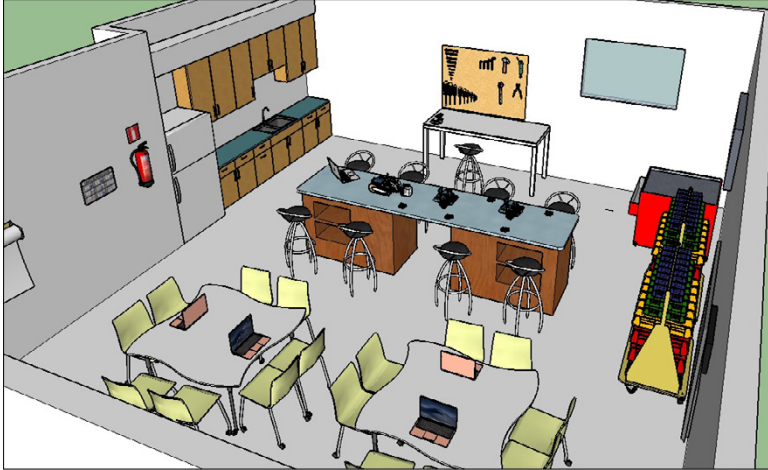


Figura 38. Vista del *Makerspace*.

Fuente: Elaborado por Oscar Eduardo Solano Acevedo.

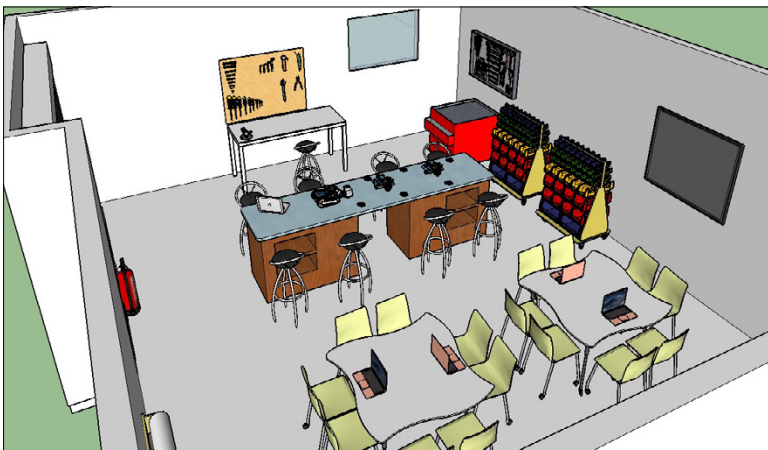


Figura 39. Vista del *Makerspace*.

Fuente: Elaborado por Oscar Eduardo Solano Acevedo.

Monto de inversión

Los gastos de puesta en marcha forman parte del conjunto de gastos que deberán realizarse en la etapa de inversión, es decir, del conjunto de desembolsos necesarios para transformar la idea de proyecto en un proyecto real, por sobre las inversiones en activos tangibles (Sapag Chain *et al.*, 2014).

En la elaboración de la tabla 12, se consideró el monto de inversión inicial de \$345 956.00. En el estudio financiero se desglosa el programa de inversión para la puesta en marcha y operación del *Makerspace*.

Estudio financiero

En esta etapa se ordena y sistematiza la información de carácter monetario que obtuvo en las etapas anteriores; con ella, se elaboran cuadros analíticos y datos adicionales para evaluar el proyecto y estudiar los antecedentes que permiten determinar su rentabilidad (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Consideraciones y supuestos

Los elementos que se consideraron para el análisis fueron los siguientes:

- Precios nominales
- Evaluación sin IVA
- Inflación proyectada anual: 3.5%
- Incremento salarial anual: 3.5%
- Tasa de descuento real: 12.46%

Ingresos y egresos

Los ingresos proyectados se obtuvieron a partir del estudio de mercado, donde se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) El proyecto consiste en la apertura de un *Makerspace* dentro de las instalaciones del campus Milpa Alta del TecNM; dicho espacio permitirá el uso de nuevas tecnologías dentro del proceso educativo del plantel.
- 2) En relación con su uso, el *Makerspace* es un servicio de consumo final.
- 3) La apertura de un *Makerspace* captará la atención de la población estudiantil, de la cual, según los resultados de la encuesta realizada, 50% de los estudiantes se interesa por aprender a utilizar sus recursos.

- 4) Este proyecto está dirigido al consumidor institucional, quien toma en cuenta las ventajas que ofrece este servicio frente a otras opciones. La segmentación de mercado está en función del interés por el uso de herramientas tecnológicas en forma presencial.
- 5) Todos los servicios ofrecidos por el *Makerspace* serán gratuitos: el uso del espacio, el préstamo de herramientas, la asesoría técnica, la impresión 3D, entre otros.

Los egresos se dividen en dos grandes grupos: Costos de Operación y Mantenimiento (O&M) y Gastos Generales de Administración y Ventas.

Costos de operación y mantenimiento (O&M)

Incluyen los sueldos del personal, los costos de los servicios públicos y los de mantenimiento. Se contempló 1% anual sobre el costo de inversión, que incluye la adecuación del espacio y el mobiliario, por lo cual el costo de O&M incluye no sólo el mantenimiento mayor del activo fijo, sino también el del mobiliario.

Costos fijos

Los costos fijos corresponden a los sueldos del personal; en el caso de esta propuesta, sería el de una sola persona, quien fungirá como Operador de *Makerspace*; también fue calculado en la tabla 12 de este documento.

Costos variables

Dependen del número de estudiantes que utilicen los servicios de impresión 3D, corte láser y CNC, por lo que este rubro contempla los gastos de los consumibles requeridos por las tecnologías a utilizar.

Servicios	Cant.	Precio unit.	Subtotal	IVA	Total
Filamento pla	4	\$500	\$2 000	\$320	\$2 320
Brocas de desgaste	4	\$500	\$2 000	\$320	\$2 320
Tubo láser	1	\$5 000	\$5 000	\$800	\$5 800
SUBTOTAL	25	\$6 000	\$17 000	\$2 720	\$10 440

Tabla 14. Costo anual de los servicios. Fuente: Elaboración propia.

La proyección de los costos de operación dividido en costos fijos y variables a precios reales de noviembre de 2021 queda de la siguiente manera:

Años	Número de usuarios	Número de servicios	Costos Fijos	Costos variables
1	200	80	\$127 144.81	\$10 440.00
2	200	100	\$131 594.88	\$10 805.40
3	200	100	\$136 200.70	\$11 183.59
4	200	100	\$140 967.72	\$11 575.01
5	200	100	\$145 901.59	\$11 980.14
6	200	100	\$151 008.15	\$12 399.45
7	200	100	\$156 293.43	\$12 833.43
8	200	100	\$161 763.71	\$13 282.60
9	200	100	\$167 425.43	\$13 747.49
10	200	100	\$173 285.33	\$14 228.65

Tabla 15. Costos fijos y variables. Fuente: Elaboración propia.

Los gastos generales de administración y ventas (GGAV) contemplan los siguientes rubros:

Márketing y ventas	Cantidad	Costo unitario	IVA	Total
Papelería	1	\$2 017	\$322	\$2 340
Limpieza	1	\$1 303	\$208	\$1 510
SUBTOTAL	1	\$3 320	\$530	\$3 850

Tabla 16. Marketing y ventas. Fuente: Elaboración propia.

Años	Total O&M	Total GGAV
0	\$0	\$0
1	\$137 584.81	\$3 850.00
2	\$143 078.88	\$3 984.75
3	\$148 833.10	\$4 124.22
4	\$154 863.36	\$4 268.56
5	\$161 186.80	\$4 417.96
6	\$167 821.87	\$4 572.59
7	\$174 788.53	\$4 732.63
8	\$182 108.31	\$4 898.28
9	\$189 804.50	\$5 069.70
10	\$197 902.30	\$5 247.15

Tabla 17. Egresos anuales. Fuente: Elaboración propia.

Capital de trabajo

El capital de trabajo está sujeto al número de estudiantes que utilicen los servicios. La difusión de las actividades y promoción del *Makerspace* se considera parte de las funciones que ya realiza el TecNM, campus Milpa Alta; no generan un gasto adicional.

Papelería inicio	Cant.	Precio unit.	Precio	IVA	Total
Hojas blancas paquete c/100 hojas	1	\$80	\$80	\$13	\$93
Clip Acco estándar núm. 1 paquetes con 100 piezas	2	\$30	\$60	\$10	\$70
Engrapadora Bostitch metálica tira completa	1	\$95	\$95	\$15	\$110
1 caja de grapas	1	\$30	\$30	\$5	\$35
Post-it minicubo 2 x 2 neon 400 hojas	3	\$40	\$120	\$19	\$139
Plumones	1	\$179	\$179	\$29	\$208
Blizter 4 plumones para pintarrones	1	\$100	\$100	\$16	\$116
Borrador para pizarrón Alfra económico (amarillo)	2	\$15	\$30	\$5	\$35
Pluma bic punto fino negro caja/12	1	\$45	\$45	\$7	\$52
Lápiz de grafito 3 Mirado paquete de 12 piezas	1	\$55	\$55	\$9	\$64
Bolsa de gomas m8	1	\$13	\$13	\$2	\$15
Marcatextos mini punta cincel con 6 piezas	1	\$39	\$39	\$6	\$45
Regla de aluminio Office Depot 30 cm	1	\$20	\$20	\$3	\$23
Tijera escolar Barrilito	2	\$20	\$40	\$6	\$46
Corrector líquido Bic, base agua, pieza	1	\$13	\$13	\$2	\$15
Quitagrapas Office Depot	1	\$15	\$15	\$2	\$17
Cinta adhesiva Scotch 810 mágica 18mm x 33m	1	\$30	\$30	\$5	\$35
Sacapuntas de plástico Vivo Maped paq/3	2	\$19	\$38	\$6	\$44
Lápiz adhesivo Pritt 40g + lápiz adhesivo 20 g	2	\$62	\$124	\$20	\$144

Papelería inicio	Cant.	Precio unit.	Precio	IVA	Total
Protectores de hojas Office Depot (carta, 200 piezas)	2	\$143	\$286	\$46	\$332
Perforadora Maped hasta 35 hojas	1	\$155	\$155	\$25	\$180
Carpeta amarillo redondo Office Depot (blanco, carta, 2 piezas)	3	\$150	\$450	\$72	\$522
Subtotal	32	\$1 348	\$2 017	\$323	\$2 340

Tabla 18. Papelería. Fuente: Elaboración propia.

Papelería inicio	Cant.	Precio unit.	Precio	IVA	Total
Limpiador aromatizante Poet multifragancias 9 piezas de 900 ml	1	\$90	\$90	\$14	\$104
Aromatizante en aerosol Glade 5 en 1, 3 piezas de 400 ml	1	\$105	\$105	\$17	\$122
Trapeador Liber Magitel industrial	1	\$50	\$50	\$8	\$58
Escoba angular 4 en PVC, entrada roscada de $\frac{3}{4}$	1	\$55	\$55	\$9	\$64
3m Scotch Brite recogedor con mango blanco	1	\$40	\$40	\$6	\$46
Gel antibacterial, galón Blumen	1	\$230	\$230	\$37	\$267
Paño secatodo, one pack	1	\$15	\$15	\$2	\$17
Bote de basura Sablon chico negro	1	\$59	\$59	\$9	\$68
Despachador de toalla interdoblada (Sanitas) marca Tork	1	\$399	\$399	\$64	\$463
Señal para piso letrero Mojado, Rubbermaid	1	\$259	\$259	\$41	\$300
SUBTOTAL	10	\$1 302	\$1 302	\$208	\$1 510

Tabla 19. Material de limpieza. Fuente: Elaboración propia.

Inversiones

El programa de inversión incluye los conceptos de material y costo de fabricación de las mesas de trabajo necesarias para la adecuación del espacio *Makerspace*. Esta inversión se realizará durante el primer ciclo de trabajo.

	Cant.	Precio unit.	Precio	IVA	Total
Hoja Mdf	3	\$ 700.00	\$ 2 100.00	\$ 336.00	\$ 2 436.00
Herrería	3	\$ 500.00	\$ 1 500.00	\$ 240.00	\$ 1 740.00
Panel Perfocel	3	\$ 600.00	\$ 1 800.00	\$ 288.00	\$ 2 088.00
Ganchos P/Mdf	1	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00	\$ 160.00	\$ 1 160.00
Herramientas Trupper	1	\$ 30 000.00	\$ 30 000.00	\$ 4 800.00	\$ 34 800.00
Estación para soldar	2	\$ 1 000.00	\$ 2 000.00	\$ 320.00	\$ 2 320.00
Gabinete para componentes	3	\$ 1 200.00	\$ 3 600.00	\$ 576.00	\$ 4 176.00
Cortadora láser	1	\$ 60 000.00	\$ 60 000.00	\$ 9 600.00	\$ 69 600.00
Retrograbado para cilindro	1	\$ 16 000.00	\$ 16 000.00	\$ 2 560.00	\$ 18 560.00
Cortadora de vinil	1	\$ 25 000.00	\$ 25 000.00	\$ 4 000.00	\$ 29 000.00
Impresora 3D	1	\$ 10 000.00	\$ 10 000.00	\$ 1 600.00	\$ 11 600.00
SUBTOTAL	20	\$146 000.00	\$153 000.00	\$24 480.00	\$ 177 480.00

Tabla 20. Inversión para el primer ciclo de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Depreciación

La Ley del Impuesto Sobre la Renta publicada en el DOF el 11 de diciembre de 2013 que tuvo como última reforma la publicación DOF 30-11-2016 y específicamente el artículo 34, establece los porcentajes anuales a depreciar de acuerdo con la naturaleza de los activos fijos. De ahí se tomaron los valores por depreciar anualmente.

Ley ISR	Montos por depreciar	
30% anual	Cómputo	\$48 720.00
10% anual	Mobiliario	\$306 240.00

Tabla 21.

Depreciación.

Fuente: Elaboración propia.

Tasa de descuento

Para su cálculo, se utilizó el modelo de fijación de precios activo de capital (CAPM), que toma en cuenta la sensibilidad del activo al riesgo no-diversificable —también conocido como *riesgo del mercado* o *riesgo sistémico*—, representado por la letra beta (β), así como también el retorno esperado del mercado y el esperado de un activo libre de riesgo, está representado por:

$$CAPM = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

Donde:

R_f = Retorno esperado del activo libre de riesgo

R_m = Retorno esperado del mercado

β = Riesgo del mercado o riesgo sistémico

De acuerdo con A. Damodar,² la β para el sector educación es de 1.15, por lo que la tasa de descuento es de:

$$CAPM_{REAL} = 1.37\% + 1.15 * 9.64\% = \mathbf{12.46\%}$$

2. http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Flujos

Los estudios de mercado, técnico, organizacional y financiero proporcionan la información básica para realizar la proyección del flujo de caja (Sapag Chain *et al.*, 2014). Debido a la naturaleza del proyecto, no existe flujo de caja para la operación del *Makerspace*.

Indicadores

La normativa mexicana considera dos tipos de evaluación socioeconómica de proyectos:

- 1) Análisis Costo-Beneficio (ACB)
- 2) Análisis Costo-Eficiencia (ACE)

En el ACB, se determina la rentabilidad del proyecto con base en sus propios atributos, es decir, el proyecto por sí mismo es o no conveniente. El ACE se realiza para proyectos donde es posible identificar, cuantificar y valorar los costos y sólo identificar y cuantificar los beneficios del proyecto; esto significa que es imposible, complejo o muy costoso valorar los beneficios (Morin, 2018).

Para este caso, se utiliza un ACE, debido a que es muy complejo valorar los beneficios de un *Makerspace*.

Valor Actual de los Costos (VAC)

Este indicador se utiliza en proyectos evaluados bajo el esquema de ACE, es decir, en evaluaciones donde no es posible valorar los beneficios del proyecto. Será relevante sólo para la comparación entre proyectos que representan alternativas de solución a una problemática específica, que generan los mismos beneficios y que tienen vidas útiles similares (Morin, 2018).

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t + CI_t + e^-}{(1 + d^*)^t}$$

Donde:

I = Inversión

C_t = Costos directos

CI_t = Costos indirectos

e^- = Externalidades negativas

d^* = Tasa Social de Descuento

t = Unidad de tiempo

$$VAC = \$ 1 , 454 , 697.49$$

Durante 2021, el monto de egresos del TecNM campus Milpa Alta fue de \$ 5 595 242.72, por lo que el VAC del *Makerspace* equivale a 26% del egreso anual.

Estudio económico

Para que un estudio económico sea completo, debe realizarse tomando en consideración a toda la colectividad. Un proyecto debe evaluarse en términos de conveniencia de tal manera que ofrezca la mejor solución para la asignación de recursos escasos a la alternativa de solución más eficiente y viable (Sapag Chain *et al.*, 2014). A continuación, se toma el análisis realizado en los estudios de mercado, organizacional, técnico y financiero, sumado al análisis de los aspectos sociales que implican la realización o no del proyecto *Makerspace*.

Evaluación social

La evaluación social pretende determinar los costos y beneficios pertinentes del proyecto para la comunidad. Compara la situación actual con la situación con proyecto; para ello, se cuantifican y comparan las externalidades positivas con las externalidades negativas, además de otros factores que podrían influir en la toma de decisión (Sapag Chain *et al.*, 2014).

Las externalidades positivas son beneficios que se generan en mercados diferentes del directamente relacionado con el proyecto y que no se reflejan en una

transacción económica; estos beneficios también podrían cuantificarse y valorarse (Morin, 2018).

En la siguiente tabla, se establece una comparación con y sin el proyecto, considerando las externalidades positivas y negativas. Esta comparativa permite contrastar la situación actual con la que se presentaría si el proyecto se llevara a cabo.

Externalidades positivas	Sin <i>Makerspace</i>		Con <i>Makerspace</i>	
	Docentes	Estudiantes	Docentes	Estudiantes
Desarrollo de proyectos e investigación	Se diseñan sobre todo para proyectos de residencias profesionales.	Participan en los eventos institucionales como Innovatec	Pueden realizar prototipos, modelos o simulaciones de los proyectos.	Pueden realizar prototipos, modelos o simulaciones de los proyectos. Tienen acceso libre a la fabricación de artefactos, prototipos para sus proyectos escolares o lúdicos.
Uso de nuevas tecnologías	No tienen acceso a nuevas tecnologías.	No tienen acceso a nuevas tecnologías.	Tienen acceso a las nuevas tecnologías como impresión 3D, corte láser, CNC, entre otras, para desarrollar prototipos.	Tienen acceso a las nuevas tecnologías como impresión 3D, corte láser, CNC, entre otras, para desarrollar prototipos.
Trabajo colaborativo	Se desarrolla, sobre todo, en periodos intersemestrales.	Se realiza en espacios comunes como biblioteca y salones de clase.	Se promueve, pues las herramientas son de libre acceso y el conocimiento sobre su uso surge de la experiencia.	El acceso al conocimiento es de forma colaborativa y abierta.

Tabla 22. Externalidades positivas. Fuente: Elaboración propia.

El impacto en la apertura de un *Makerspace* es significativo para la comunidad tecnológica del TecNM, campus Milpa Alta. El aspecto social del proyecto *Makerspace* se centra en el fortalecimiento de la comunidad para identificarse con el uso de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevos proyectos. El espacio físico abierto promueve la curiosidad, pues la disponibilidad de herramientas para el diseño y construcción de prototipos es un aspecto novedoso.

En suma, los estudios realizados en este capítulo permiten definir el proyecto de una manera integral, considerando los aspectos más relevantes para su evaluación. El *estudio de mercado* muestra que el proyecto *Makerspace* contaría con un consumidor institucional. La encuesta indica que al menos 50% de la población estudiantil está interesada en conocer nuevas tecnologías y que 25% haría uso del espacio al menos una vez durante el primer año. En el *estudio organizacional* se muestra la viabilidad del proyecto, ya que no representa ningún cambio significativo en la estructura actual. El costo del personal requerido puede ser pagado por medio de los ingresos propios.

Tomando en cuenta que el proyecto propuesto complementa la formación de estudiantes universitarios, el aspecto ambiental será importante al concientizar sobre el uso y aprovechamiento de los recursos, el ahorro de energía y la relevancia del desarrollo de productos amigables con el medio ambiente.

Por otro lado, en el organigrama institucional es necesario agregar a un operador de *Makerspace* como responsable de las actividades que se realizarán dentro del espacio. Tampoco se requiere ningún tipo de construcción. Además, puesto que la adecuación necesaria a la infraestructura física del plantel es mínima, el mismo operador del *Makerspace* podría supervisar la ejecución.

El proceso de producción gira en torno al trabajo colaborativo utilizando nuevas tecnologías para promover la creatividad e innovación con un enfoque sustentable. En el *Makerspace*, se impartirán talleres de aprendizaje y elaboración de proyecto que conduzcan a la innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos disciplinarios: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

En el *estudio financiero*, se desglosa el programa de inversión para la puesta en marcha y operación del *Makerspace* y, por otro lado, el ACE se realiza para identificar y cuantificar los beneficios del proyecto *Makerspace*.

El impacto en la apertura de un *Makerspace* sería significativo para la comunidad tecnológica del TecNM, campus Milpa Alta. El aspecto social del proyecto *Makerspace* se centra en el fortalecimiento de la comunidad para identificarse con el uso de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevos proyectos.

En este libro, hemos presentado una investigación sobre un tema novedoso para el sector educativo: la creación de un *Makerspace* en una Institución de Educación Superior. La apertura de estos espacios ha crecido en más organizaciones educativas, lo cual confirma el interés sobre la forma de compartir el conocimiento de manera informal, que al mismo tiempo coadyuva al logro de los objetivos institucionales.

El caso expuesto es el campus Milpa Alta del Tecnológico Nacional de México, y nuestra propuesta de solución es un plan para crear un *makerspace*. Con el enfoque de sistemas, se analizó de manera holística la complejidad de la interacción dentro de la organización y la problemática cuando se ponen en marcha los planes estratégicos para el logro de los objetivos.

En el diseño para el funcionamiento de este espacio, la metodología de la evaluación de proyectos trabaja en el contexto del Paradigma del Enfoque de Sistemas: toma el reto de abordar el tema del aprendizaje colaborativo entre pares y la democratización del conocimiento, utilizando nuevas tecnologías con un estricto rigor académico desde la ingeniería con un enfoque sistémico y con aportaciones del método de la evaluación de proyectos.

El movimiento *Maker* es una respuesta a la necesidad de socialización del aprendizaje. Se retoma la base de *aprender haciendo*, inherente al ser humano, y se aplica con el uso de nuevas tecnologías. Esta tendencia llama la atención de la educación formal debido a que se identifican los componentes constructivista y constructivista del movimiento *Maker*.

La aportación de este libro es la construcción por composición y descomposición sobre el proceso de producción de un *makerspace*, la ubicación temporal, sectorial y espacial del proyecto, así como la construcción con el método de la caja negra para su análisis.

Dentro del *makerspace* se impartirán talleres de aprendizaje y elaboración de proyecto que conduzcan a la innovación y desarrollo tecnológico de los siguientes campos disciplinarios: Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales.

El proceso de producción gira en torno al trabajo colaborativo, utilizando nuevas tecnologías para promover la creatividad e innovación con un enfoque sustentable.

El estudio de mercado muestra que el proyecto *Makerspace* contaría con un consumidor institucional. Los resultados de la encuesta que se aplicó indican que, de la población estudiantil, al menos 50% está interesada en conocer nuevas tecnologías, mientras que 25% haría uso del espacio al menos una vez durante el primer año.

Nuestra investigación permitió elaborar un plan para crear un *makerspace* que utilice un modelo de enseñanza basado en aprendizaje colaborativo para resolver la problemática de insuficiente desarrollo de proyectos de investigación, propiedad intelectual o modelo de negocio para el caso del TecNM, campus Milpa Alta.

En la actualidad, el campus del TecNM Iztapalapa, III, ubicado en San Miguel Teotongo, Alcaldía Iztapalapa, ya cuenta con un *makerspace* en funcionamiento. En el TecNM, campus Tláhuac II, existe un proyecto de *Aula Maker* y hay otro en Tlalpan. Asimismo, en el Laboratorio Creativo, U. H. Santa Cruz Meyehualco, Alcaldía Iztapalapa, también se encuentra un *makerspace*. Esto es una muestra clara de que el tema sigue en desarrollo y que no hay un método o plan único para la creación de un espacio creativo *Makerspace*, sino que puede ser abordado desde diferentes enfoques. En el caso que presentamos, tenemos la convicción de que el aprendizaje práctico, la transmisión de conocimiento empírico y el trabajo colaborativo abierto pueden ser aprovechados para coadyuvar al logro de las metas y objetivos de una institución educativa como el TecNM.

- AcceleratingBiz. (2017). *Number of Makerspaces in the U.S. by State*. <https://acceleratingbiz.com/proof-point/number-of-Makerspaces-in-the-us-by-state/>
- Ackoff, R. L. (1971). Towards a System of Systems Concepts. *Management Science*, 17(11), 661-671.
- Ackoff, R. L. (1973). Science in the systems age: Beyond IE, OR, and MS*. *Operations Research*, 661-671.
- Ackoff, R. L. (1981). *Rediseñando el futuro*. Limusa. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=catt02025a&AN=lib.MX001000308345&lang=es&site=eds-live>
- Ackoff, R. L. (1994). Systems thinking and thinking systems. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 175-188. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100206>
- Agudelo, M. E., & Estrada, P. (2013). Constructivismo y construccionismo social: Algunos puntos comunes y algunas divergencias de estas corrientes teóricas. *Prospectiva*, 17, 353. <https://doi.org/10.25100/prts.v0i17.1156>
- ANUIES. (2021). *Anuarios Estadísticos de Educación Superior*. <http://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Axup, J., Thomas, A. M., Waldman, A., Faulkner, S., Ödman-Govender, C., St Leger, J., Polka, J., Gregg, M., & Johnson, B. D. (2014). The world of making. *Computer*, 47(12), 24-40. <https://doi.org/10.1109/MC.2014.373>
- Bertalanffy, L. von. (1969). *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de Cultura Económica.
- Bonet, A., Meier, C., Saorín, J. L., De La Torre, J., & Carbonell, C. (2017). Tecnologías de diseño y fabricación digital de bajo coste para el fomento de la competencia creativa. *Arte, Individuo y Sociedad*, 29(1), 85-100. <https://doi.org/10.5209/ARIS.51886>
- Chan, M. M., & Blikstein, P. (2018). Exploring problem-based learning for middle school design and engineering education in digital fabrication laboratories. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(2), 9-10. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1746>
- Cohen, E., & Franco, R. (1992). Evaluación de proyectos sociales. *En Siglo XXI*. https://books.google.com.co/books?id=Uz7IeGnN1mkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false%0Ahttps://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E_es.pdf

- Colindres, C. R. (2015). *Makerspace: un novedoso servicio a ser considerado por bibliotecas públicas y académicas*. *Infoboletín ABES*, 1(1), Unpaginated. <https://www.yumpu.com/es/document/read/55743579/infoboletín-abes-no-1>
- Colligan, P., & Raspberri Pi. (2018). *A World-Class Computing Education*. <https://www.raspberrypi.org/blog/world-class-computing-education/>
- Department for Digital Culture Media & Sport. (2019). *Libraries and Makerspaces*. Libraries and Makerspaces. <https://www.gov.uk/government/publications/libraries-and-Makerspaces/libraries-and-Makerspaces>
- DGEST. (2012). *Modelo educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales*. <http://www.dgest.gob.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf>
- Dougherty, D. (2008). The joy of making. *Proceedings-2nd IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning, DIGITEL 2008*, 8-12. <https://doi.org/10.1109/DIGITEL.2008.51>
- Dougherty, D. (2012). The Maker Movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11-14. https://doi.org/10.1162/inov_a_00135
- Ede, S. (2014). *The New Industrial Economy. Redefining 'Industry' in the Era of the Collaborative Economy*. Medium. <https://medium.com/@sharonede/the-new-economy-bad2a4c07825>
- Fernández, J. (2014). *MSM - Manual de Supervivencia Maker. Introducción: Historia y antecedentes maker*. https://manualsupervivenciamaker.com/manual/introduccion_historia_y_antecedentes_maker.html
- Fitzpatrick, M., Toledo, D., Golden, G., & Crosby, S. (2018). *Education Policy Outlook* (Issue March).
- Fleming, L. (2014). Literacy in the Making: Showing how the “maker movement” has a place in all disciplines. *Reading Today*, September/October, 28-30.
- Foro Económico Mundial. (2020). *Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution*. <https://es.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution>
- Galaleldin, M., Bouchard, F., & Anis, H. (2017). The impact of *Makerspaces* on Engineering Education. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.6481>
- Gamino-Carranza, A., & Acosta-González, M. G. (2016). Modelo curricular del Tecnológico Nacional de México. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1-25. <https://doi.org/10.15359/ree.20-1.10>
- Gelman, O., & Negroe, G. (1982). La planeación como un proceso básico de conducción. *Revista de la Academia Nacional de Ingeniería*, 1(4), 253-270. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02032a&AN=per.PER01000035004&lang=es&site=eds-live>
- Germana, J. (2000). The whole and main ideas of systems science. *Systems Research and Behavioral Science*, 17(3), 311-313. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1743\(200005/06\)17:3<311::AID-SRES319>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1743(200005/06)17:3<311::AID-SRES319>3.0.CO;2-A)

- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth Generation Evaluation*. Sage. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001000612100&lang=es&site=eds-live>
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. M. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-504. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34jlg68140382063>
- Harnett, C. K., Tretter, T. R., & Philipp, S. B. (2015). Hackerspaces and engineering education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-February*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044395>
- Hernández, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 5(2), 26-35. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v5i2.335>
- Hoban, G., Nielsen, W., & Carceller, C. (2010). Articulating constructionism: Learning science through designing and making “slowmations” (student-generated animations). *ASCILITE 2010 - The Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, 433-443.
- Inicio | *Real Academia Española*. (n.d.). Fecha de consulta: febrero 23, 2021. <https://www.rae.es/>
- Irie, N. R., Hsu, Y. C., & Ching, Y. H. (2019). *Makerspaces* in diverse places: A comparative analysis of distinctive national discourses surrounding the Maker Movement and education in four countries. *TechTrends*, 63(4), 397-407. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0355-9>
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *New Media Consortium Horizon Report >2015 K-12 Edition*.
- Kuhn, T. S. (1966). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001000065294&lang=es&site=eds-live>
- Lou, N., & Peek, K. (2016). *By The Numbers: The Rise Of The Makerspace*. Popular Science. <https://www.popsoci.com/rise-Makerspace-by-numbers/>
- ManpowerGroup. (2021). *Encuesta de Expectativas de Empleo ManpowerGroup Q3 2021 Resultados México*. https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/83e4ef3a-8aae-4be8-89f8-358886d45be2/EX_InfografiaTalentShortage_MX_20210608.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-83e4ef3a-8aae-4be8-89f8-358886d
- Morales, Y. M., & Dutrénit, G. (2017). El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 5(15), 33-51. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62588>
- Morin, E. (2018). Guía general para la presentación de evaluaciones costo y beneficio de programas y proyectos de inversión, 2018. En *Cepep*.

- Morrisey, G. L., & Morrisey, G. L. (1995). *Planeación táctica: produciendo resultados en corto plazo*. Jossey-Bass. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001000723649&lang=es&site=eds-live>
- Mosquera, I. (2018). *¿Qué es un Makerspace educativo? Construye un espacio para la creatividad de tus alumnos*. <https://www.unir.net/educacion/revista/noticias/que-es-un-Makerspace-educativo-construye-un-espacio-para-la-creatividad-de-tus-alumnos/549203658312/>
- nesta. (2015). *UK Makerspaces: the data*. <https://www.nesta.org.uk/archive-pages/uk-Makerspaces-the-data/>
- OCDE (2019a). Higher education in Mexico : labour market relevance and outcomes. En *Higher Education*. https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/educacion_superior_en_mexico.pdf
- OCDE (2019b). *Educación superior en México*. OECD. <https://doi.org/10.1787/a93ed2b7-es>
- OECD (2019). *Transformative Competencies for 2030 Conceptual learning framework*. 12. www.oecd.org/education/2030-project
- Oliver-Espinoza, R. (2021). *Makerspaces: indicadores cuantitativos e implicaciones para la innovación, la educación y el emprendimiento*. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 9(23), 1-17. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2021.23.77774>
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 1-12.
- Raviolo, A., Ramírez, P., & López, E. A. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Eureka*, 7(3), 581-612.
- Roffey, T., Sverko, C., & Therien, J. (2016). *The Making of a Makerspace: Pedagogical and Physical Transformations of Teaching and Learning*. 47. http://www.Makerspaceforeducation.com/uploads/4/1/6/4/41640463/Makerspace_for_education_curriculum_guide.pdf
- Ross, S., Westerfield, R., & Jordan, B. (2010). *Fundamentos de Finanzas corporativas*. Novena edición. McGraw-Hill Educación.
- Sánchez-Guerrero, G. de las N. (2016). *Técnicas heurísticas participativas para la planeación*. Plaza y Valdés Editores (Ed.).
- Sánchez Lara, B. (2021). Los fundamentales de la planeación. En *Sistemas y Planeación*.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag Puelma, J. M. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. McGraw-Hill. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002091618&lang=es&site=eds-live>
- Sedema. (2012). *Reporte de biodiversidad de la Ciudad de México*.
- SEP. (2017). *Nuevo Modelo Educativo Resumen Ejecutivo*. <https://www.gob.mx/sep/documentos/nuevo-modelo-educativo-99339>
- Serrano, A. (2018). REM. <http://www.educacionmaker.org/primer-encuentro-rem/>
- Taheri, P., Robbins, P., & Maalej, S. (2020). Makerspaces in first-year engineering education. *Education Sciences*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.3390/educsci10010008>

- TecNM. (2016). Desarrollo sustentable. https://www.tecnm.mx/?vista=TecNM_Virtual&tecnm_virtual=Seccion2
- TecNM. (2020). *PDI 2019-2024*.
- TecNM. (2021). *Informe de Rendición de Cuentas 2020 del Instituto Tecnológico de Milpa Alta*. http://itmilpaalta.edu.mx/docs/2021/IRC20-ITMA_FINAL28FEB21.pdf
- Tecnológico Nacional de México. (2014). *Proyectos integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México*.
- Unterfrauner, E., Shao, J., Hofer, M., & Fabian, C. M. (2019). The environmental value and impact of the Maker movement-Insights from a cross-case analysis of European maker initiatives. *Business Strategy and the Environment*, 28(8), 1518-1533. <https://doi.org/10.1002/bse.2328>
- Urdaneta, G., & Guanipa, M. (2015). 4. Estructuras e interacciones en la construcción del conocimiento. Una propuesta a partir del planteamiento teórico de Piaget y Vigotski. *Revista EDUCARE-UPEL-IPB. Segunda Nueva Etapa 2.0*, 13(3) SE-Informes de Investigación Cuantitativa o Cualitativa), 77-99. <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/254>
- Wiki.hackerspaces.org/. (n.d.). *HackerspaceWiki*. <https://wiki.hackerspaces.org/>
- Wilczynski, V., Zinter, J., & Wilen, L. (2016). Teaching engineering design in an academic *Makerspace*: Blending theory and practice to solve client-based problems. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2016-June*. <https://doi.org/10.18260/p.27351>
- Xue, Y. (2018). *Made in China: The Boom and Bust of Makerspaces*. Sixth Tone. <http://www.sixthtone.com/news/1003171/made-in-china-the-boom-and-bust-of-Makerspaces>