

RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO DE TITULO No. 04-2018-070614032000-203

VIGENCIA 06/07/2019 A 06/07/2020

ACTUALIZACIÓN 20/06/2020

ISSN 2594-1925

a cargo de la FCITEC



# RECIT

## REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS

VOLUMEN 2 CAPÍTULO 4

ISSN: 2594-1925



**FCITEC**  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología  
Unidad Valle de las Palmas

# 2019

Octubre-Diciembre



## Vol. 2, Núm. 4 (2019)

### Tabla de contenidos

#### Artículos de Revisión



#### El futuro de la fabricación aditiva, a través del análisis de patentes

Manuel Javier Rosel Solís, Javier Molina Salazar, Alex Bernardo Pimentel Mendoza, Vladimir Becerril Mendoza, Juan Antonio Paz González, Yuridia Vega

[PDF](#)  
144-152



#### Estrategias de diagnóstico de usabilidad para espacios interactivos en ambientes socio-técnicos: una revisión comparativa

Alejandro Daniel Murga González, Elvia Guadalupe Ayala Macías, Vladimir Becerril Mendoza, Karina Rosas Burgos, Alberto Almejo Ornelas

[PDF](#)  
153-158



#### Condiciones para el desarrollo de la industria 4.0 desde la perspectiva de competencias tecnológicas del capital humano

Patricia Avitia-Carlos, Carlos Gerardo Morales-García, José Luis Rodríguez-Verduzco, Bernabe Rodríguez Tapia, Norma Candolfi Arballo

[PDF](#)  
159-165

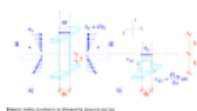


#### Análisis de la Web y Medios Sociales para la Evaluación de Marketing Digital en PyMEs

Karla Michell Gutiérrez Chávez, Norma Candolfi Arballo

[PDF](#)  
181-184

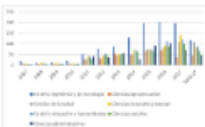
#### Estudio de Casos



#### Análisis metodológico del esfuerzo normal y basado en deflexión elástica

Alejandro Molina, Manuel Román Piña-Monarez, Servio Tulio de la Cruz-Cháidez

[PDF](#)  
166-180



#### Análisis de capacidad de una institución de educación superior de Baja California

Guillermo Amaya Parra, Julieta Flores Amador

[PDF](#)  
185-192



# El futuro de la fabricación aditiva, a través del análisis de patentes

## *The future of additive manufacturing, through patent analysis*

Manuel Javier Rosel Solís<sup>1,2</sup> , Javier Molina Salazar<sup>2</sup> , Alex Bernardo Pimentel Mendoza<sup>1</sup> , Vladimir Becerril Mendoza<sup>1</sup> , Juan Antonio Paz González<sup>1</sup> , Yuridia Vega<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

**Autor de correspondencia:** Manuel Javier Rosel Solís, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California, México. Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. E-mail: [mrosel@uabc.edu.mx](mailto:mrosel@uabc.edu.mx), ORCID: 0000-0002-3800-7094.

**Recibido:** 20 de Mayo del 2019

**Aceptado:** 13 de Octubre del 2019

**Publicado:** 30 de Octubre del 2019

**Resumen.** - *En el presente trabajo se realiza un análisis utilizando la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos, considerada la más extensa e importante a nivel mundial, revisando las patentes registradas por los principales fabricantes y desarrolladores de tecnología de fabricación aditiva a nivel industrial y doméstico, para realizar un pronóstico tecnológico que ayude a identificar la tendencia que tendrá el desarrollo de la fabricación aditiva, visualizando cual será el principio de fabricación por esta herramienta tecnológica, que se convertirá en el estándar de la industria y que predomine en el mercado. En los resultados obtenidos en este análisis, todo parece indicar que la fabricación por deposición de plástico fundido, se convertirá en la tecnología dominante en este segmento de la industria.*

**Palabras clave:** Fabricación aditiva; Patentes; Pronóstico tecnológico; Manufactura.

**Abstract.** - *In the present work an analysis is carried out using the database of the United States Patent and Trademark Office, considered the most extensive and important worldwide, reviewing the patents registered by the main manufacturers and developers of additive manufacturing technology to industrial and domestic level, to make a technological forecast that helps identify the trend that the development of additive manufacturing will have, visualizing what the manufacturing principle will be by this technological tool, which will become the industry standard and that predominates in the market. In the results obtained in this analysis, everything seems to indicate that the manufacturing by deposition of molten plastic will become the dominant technology in this segment of the industry.*

**Keywords:** Additive manufacturing; Patents; Technological forecasting; Manufacturing.



## 1. Introducción

En el año de 1979, la compañía Hewlett Packard, mejor conocida comercialmente por sus siglas HP, desarrolla la tecnología de impresión en papel por inyección de tinta, la cual consiste en inyectar pequeñas gotas de tinta hacia el papel, a través de un proceso térmico. HP en 1984 lanza al mercado su primera impresora de inyección de tinta la cual vino a sustituir al sistema de impresión por matriz de puntos; una tecnología que para muchos era eficiente, pero algo molesta por lo ruidosos que eran esos sistemas [1].

Pero ¿por qué mencionar un sistema de impresión en papel en el tema de manufactura aditiva? Esto es porque la impresión tridimensional, tuvo su origen precisamente en la inyección de tinta. En 1983, Charles Hull crea un proceso digital que consiste en “rebanar” un sólido en capas obteniendo trayectorias y contornos que pueden ser interpretados en forma de movimientos por una máquina. A este formato digital se le conoce con el nombre de estereolitografía. Tomando como base el funcionamiento de la impresora de inyección de tinta, obtiene la primera pieza de impresión tridimensional inyectando materiales aglutinantes para solidificar estratos de polvo polimérico. De ahí, otras empresas e instituciones desarrollaron otros métodos para imprimir piezas de manera tridimensional, sin embargo, el formato digital que se utiliza actualmente para convertir un modelo tridimensional realizado en un programa de diseño como Solidworks, Catia o PTC Creo, entre otros,

es el mismo y se ha convertido en el estándar utilizado en la industria de la manufactura aditiva. Pero, en lo que se refiere a los métodos de fabricación de modelos tridimensional, es necesario hacer un análisis para determinar cuál es la tendencia y determinar cuál es estos procesos desarrollados se convertirá, al igual que el formato digital, en el estándar del mercado [2]. Por esta razón, en este trabajo se realiza una búsqueda en la base de datos de patentes sobre manufactura aditiva para identificar hacia dónde se están orientando los esfuerzos de investigación y desarrollo de alguna de estas tecnologías que pudiera ser dominante en los mercados [3].

## 2. Antecedentes

Después de ser creada en 1983 por Charles Hull, 3D Systems, gana ventaja al proteger su creación a través del registro de la patente de su invención. Ya entre los años de 1988 y 1989, otras compañías como Stratasys, comienzan a desarrollar otros métodos de fabricación de modelos tridimensionales, tratando de imitar la tecnología de impresión por compactación de polvos (SLA), creado por 3D Systems. El nuevo sistema creado fue el modelado por deposición fundida que consiste en la extrusión de plástico depositado capa por capa sobre una base de soporte.

Las instituciones académicas de inmediato se interesaron en investigar y desarrollar nuevos sistemas de impresión



tridimensional. Tal es el caso del Instituto Tecnológico de Massachussets, que desarrolla en 1993 el sistema de impresión por inyección de plástico (3dp) que es comprado por la empresa Z Corporation, perteneciente a 3D Systems, la cual buscó con esta adquisición conservar su ventaja competitiva en el segmento de la impresión tridimensional. Posteriormente la Universidad de Texas crea el sistema de sinterización selectiva por láser (SLS) que usa en su proceso de fabricación resinas fotosensibles a la luz del láser. El láser realiza, sobre la superficie de resina líquida, un barrido, solidificando el material, construyendo una capa del modelo [4].

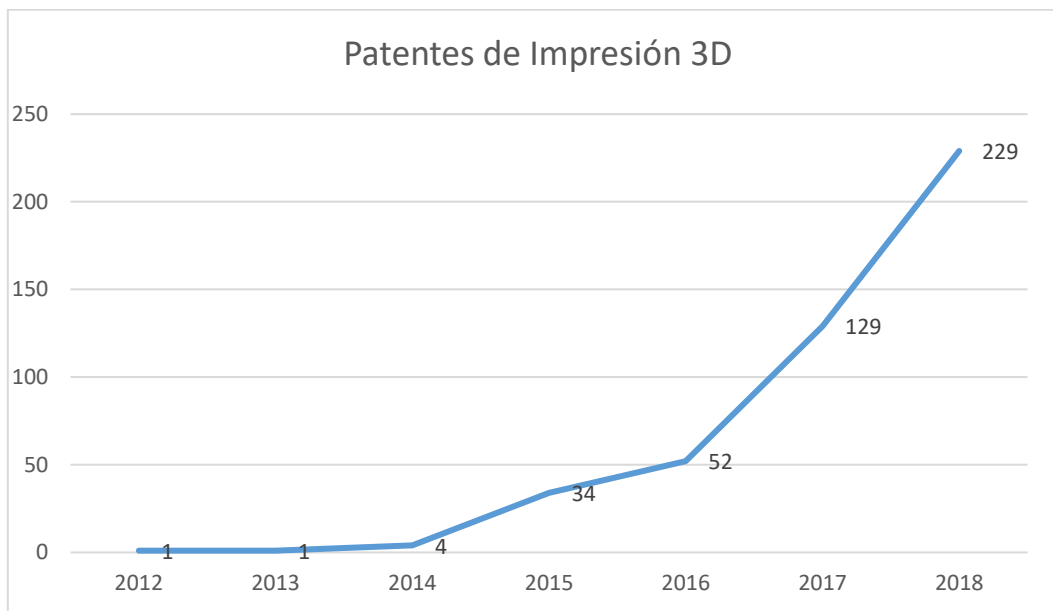
Poco a poco se van desarrollando nuevos procesos como el laminado de capas (LOM), sinterizado de metal por láser (DMLS), fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC) y sinterizado selectivo por calor (SHS). Estas tecnologías se distinguen entre sí por los materiales utilizados y el grado de definición con el que pueden construirse modelos tridimensionales, además de su complejidad de operación y el costo de sus insumos [5].

La patente del sistema de compactación de polvos (SLA) de Charles Hull y la de sinterizado selectivo por láser (SLS) caducaron en el 2006, lo cual propició que inmediatamente, otras empresas iniciaran sus propios desarrollos. Sin embargo, la complejidad en el funcionamiento de estas tecnologías y el manejo de sus materiales las han llevado hacia aplicaciones de uso

profesional e industrial por su alto grado de precisión. No así el modelado por deposición fundida (FDM) que es un proceso mucho más sencillo de operar y mantener, a tal grado que en la actualidad el mercado ya está inundándose de proveedores de equipos de impresión de menor tamaño, que ofrecen equipos de escritorio a bajo costo y que utilizan materiales genéricos, más económicos [6].

### 3. Desarrollo

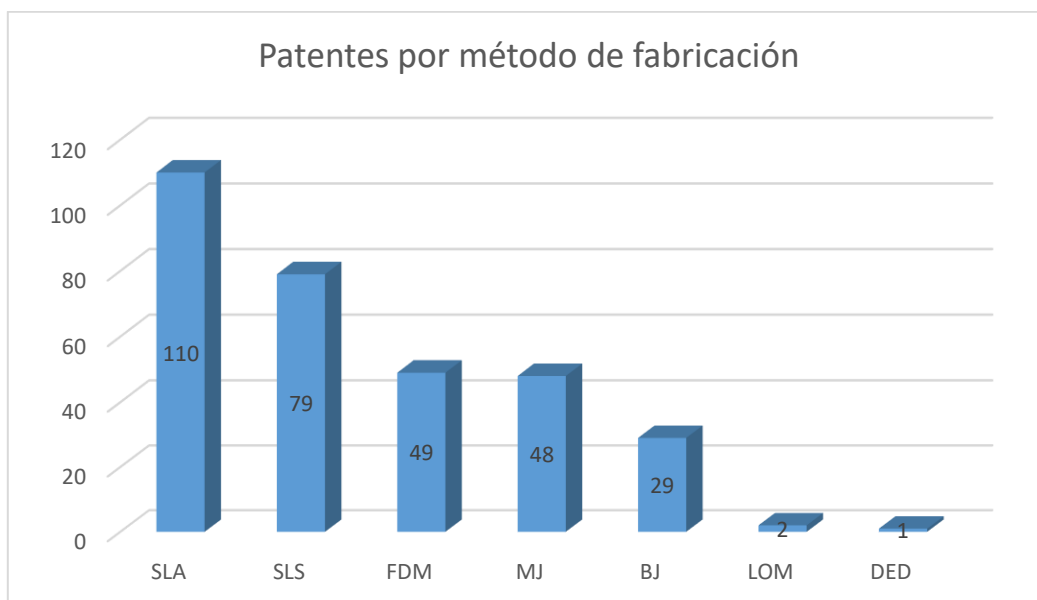
La industria de la manufactura aditiva ha mantenido un desarrollo constante en los últimos años. Para determinar una tendencia en el crecimiento de esta industria, se realizó un análisis de patentes, tomando como referencia la base de datos de la United States Patent and Trademark Office (USPTO), considerada una de las bases de datos más importantes a nivel mundial. Aunque no debe considerarse como único indicador, el incremento del número de patentes puede indicar la tendencia de crecimiento de un desarrollo tecnológico, es decir, hacia dónde se están dirigiendo los esfuerzos de investigación y desarrollo, de manera que se pueda predecir en un futuro, la tecnología que será dominante. En este trabajo se buscó el número de patentes relacionadas a la manufactura aditiva, en los últimos 7 años pudiendo observar en la Figura 1 que sigue una tendencia al aumento [7].



**Figura 1:** Patentes de impresión 3D en los últimos 7 años.

Por otro lado, si se analizan las patentes tomando en cuenta el método de fabricación, se puede observar que la investigación se ha concentrado en solo 3 tipos de fabricación: el modelado por

deposición fundida (FDM), la fotopolimerización (SLS) y la sinterización selectiva por láser (SLA), siendo estos tres métodos los de mayor difusión en la industria (Figura 2).



**Figura 2.** Patentes por método de fabricación.



Realizando una búsqueda tomando como base el nombre de los principales fabricantes de equipos, y que fueron los pioneros en el desarrollo de los métodos actuales de fabricación se encontró que dos empresas son las que encabezan la lista de fabricantes de equipos de impresión

tridimensional; 3D Systems con 50 y que es la que domina el mercado de impresoras tridimensionales por SLA; aparece en cuarto lugar Stratasys, empresa perteneciente a 3D Systems que es líder en la fabricación de equipos de FDM (Figura 3).

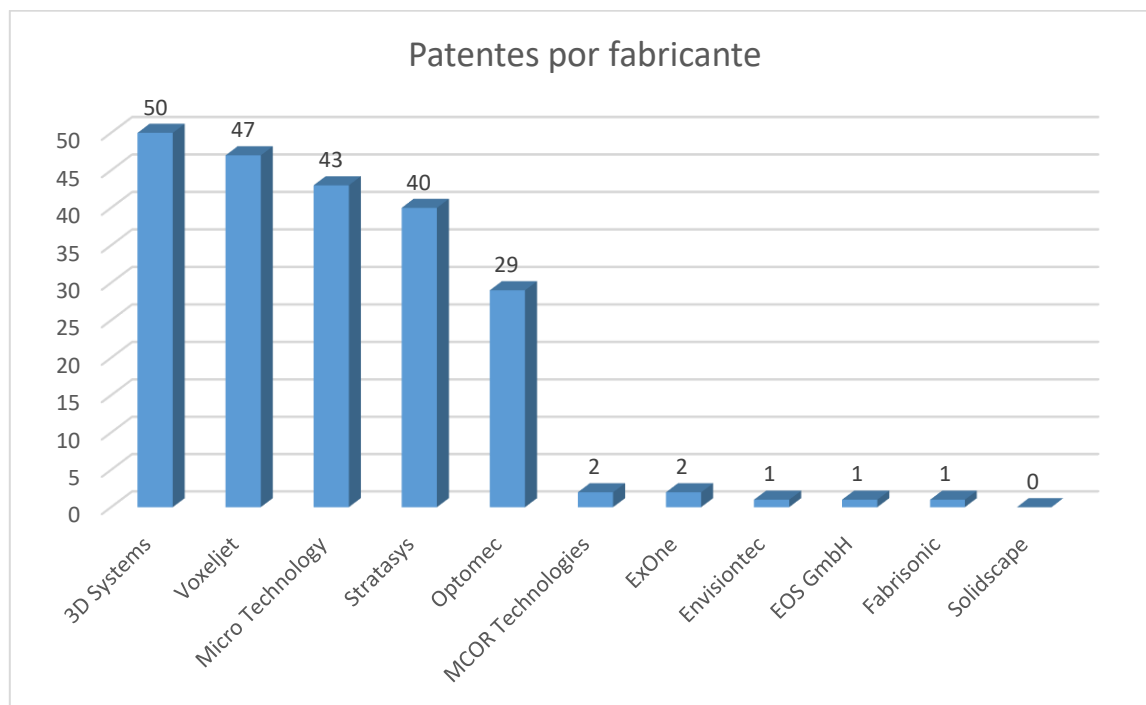


Figura 3. Patentes por fabricantes de equipos de uso industrial.

El análisis realizado a la base de datos de patentes también comprendió la búsqueda de patentes registradas por fabricantes de equipos de impresión tridimensional de uso doméstico. El objetivo de esta búsqueda fue la de conocer si estos fabricantes se estaban dedicando al aprovechamiento de las patentes vencidas de las empresas fabricantes líderes o si también invertían esfuerzos en realizar sus propias patentes.

Se incluyeron fabricantes de diferentes países entre ellos: China, Estados Unidos, Holanda y España. La información presentada en la Figura 4 nos muestra que existen siete empresas que tienen patentes relacionadas con impresión 3D, cinco de ellas son de Estados Unidos y una de Holanda. La empresa que encabeza la lista es XYZ Printing, de China seguida de



Makerbot que pertenece al grupo de empresas formadas por Stratasy

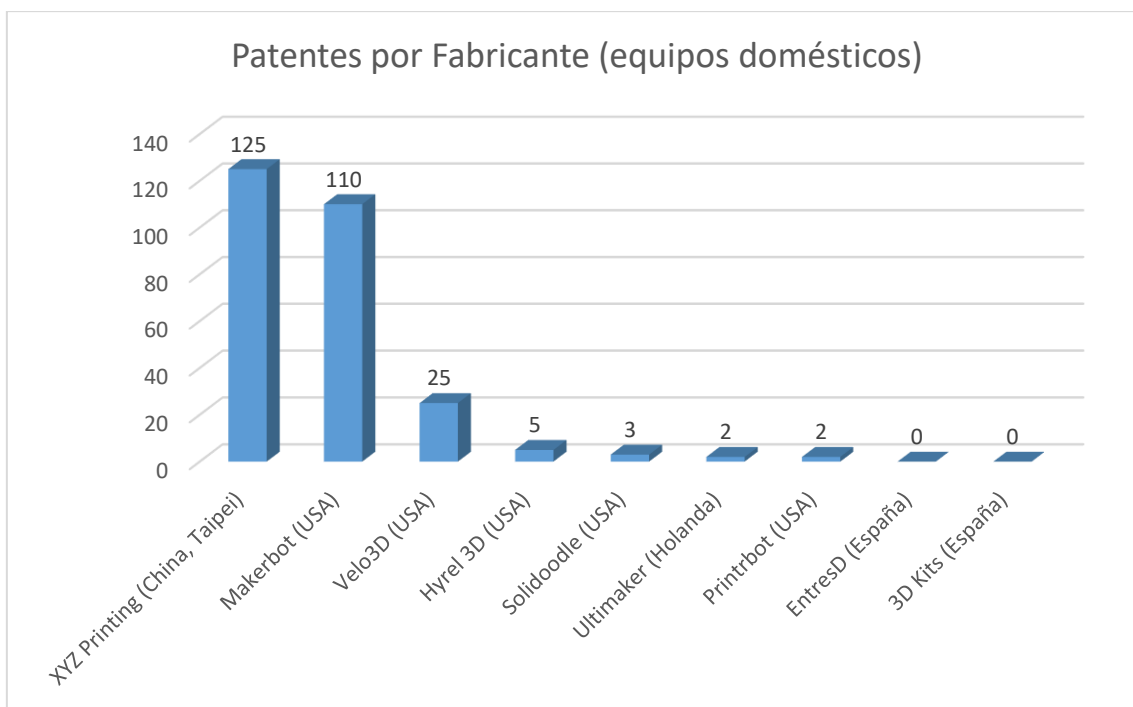


Figura 4. Patentes por fabricantes de equipos de uso doméstico.

Con base en los datos anteriores, podemos observar que Stratasy como tal, sigue desarrollando tecnología para la mejora de sus impresoras de FDM, realizando investigaciones encaminadas a obtener materiales que tengan mejores características físicas para que se pueda expandir su utilización en nuevos campos del conocimiento.

Todo esto en el ámbito industrial y desarrollo científico, sin embargo, compañías creadas recientemente están realizando un gran esfuerzo en investigación, viéndose esto reflejado en el número de patentes obtenidas, tal es el caso de XYZ Printing, se ha enfocado hacia el desarrollo de aplicaciones domésticas para

la fabricación de impresoras menos costosas y eficientes, dominando así este segmento.

Esto puede comprobar que el conocimiento explícito, en este caso sobre impresión 3D, ha significado una gran ventaja competitiva que ha traído a 3D Systems grandes beneficios, dirigiendo sus esfuerzos por seguir innovando, pero ahora en el desarrollo de equipos más comerciales y de fácil mantenimiento, en el segmento de equipos de uso industrial.

Otro gran hallazgo observado es el hecho de que todos los fabricantes de equipos de fabricación tridimensional de tipo doméstico, encontrados e incluidos en el análisis, utilizan el método FDM, por ser





uno de los más simples, económicos y fáciles de operar [6]. Esta es una razón por la cual se puede decir que el proceso de FDM, dentro de los métodos de impresión tridimensional de uso doméstico, se está convirtiendo en el estándar en el segmento de equipos domésticos y pudiera convertirse también en el estándar de equipos de uso industrial si se logra mejorar su resolución de impresión y utilizar una variedad más amplia de materiales, ya que, en la actualidad los materiales utilizados se limitan a ciertos tipos de plásticos. Esta es una importante área de investigación para el desarrollo de nuevos y mejores materiales y equipos de impresión tridimensional utilizando el principio de FDM [8].

#### 4. Conclusiones

Vemos entonces que la impresión tridimensional ha tomado dos caminos, el primero hacia el mercado de uso doméstico, pues hoy en día se puede adquirir un equipo de impresión tridimensional de escritorio por menos de 100 dólares. Hace 10 años era impensable tener al alcance una impresora de este tipo. Pero hoy, un proyecto escolar de arquitectura como una maqueta, o un prototipo para la clase de diseño industrial, se pueden construir en poco tiempo, sin las limitaciones que caracterizan a los procesos convencionales de fabricación. El modelado por deposición fundida (FDM) se está convirtiendo en el diseño dominante en este segmento.

El segundo camino va orientado hacia el desarrollo de equipos para uso profesional e industrial, que requiere del cumplimiento de tolerancias más cerradas y uno de los retos a los que se enfrenta, es el desarrollo de materiales que sean más resistentes a

esfuerzos, temperaturas y acabados superficiales para ampliar su uso en aplicaciones de alto impacto.

En sus inicios, la impresión tridimensional en la industria se utilizaba con fines de prototipado rápido y para producciones a baja escala. Ahora su uso se ha extendido a la industria automotriz, para la fabricación de partes de carrocería y tuberías [9]; en la industria aeroespacial para partes de fuselajes de aeronaves; en la industria de consumo para la fabricación de juguetes y otros artículos, incluso hay impresoras que construyen modelos con materiales comestibles, también se han reportado casos en los que se ha utilizado la impresión tridimensional para la fabricación de armas [10].

En la industria médica su uso va en aumento en el desarrollo de implantes dentales, reemplazos de huesos y algunos órganos del cuerpo, piel, en la fabricación de dispositivos de audición, prótesis y órtesis de manos y pies [11].

Se vislumbra un gran futuro de la impresión tridimensional en esta industria dado que el grado de personalización de los productos que se fabrican es muy alto, pues prácticamente, cada producto se realiza para adaptarse a una persona en específico. Por ejemplo: en la fabricación de los dispositivos auditivos, se toma el molde de la cavidad auditiva del paciente para escanearla y digitalizarla, posteriormente el dispositivo se imprime teniendo como resultado un producto único, que sólo se adapta al paciente en turno.

Aunque con la información obtenida de la base de datos de patentes de Estados



Unidos, se puede observar una tendencia muy clara del crecimiento de la industria de la impresión tridimensional, se considera que hace falta un estudio más amplio que comprenda bases de datos de patentes de otros países. Así como también, determinar cuáles patentes y en qué proporción, están siendo comercialmente explotadas. Además, se debe complementar la información con una revisión bibliográfica en la base de datos de publicaciones científicas, para determinar hacia donde se están dirigiendo los esfuerzos de investigación o cuales con las áreas de oportunidad.

La impresión tridimensional poco a poco está cambiando nuestra manera de ver las cosas, pues está cambiando la forma de realizar proyectos ya sean para fines domésticos o industriales, al permitir realizar diseños más complejos que, por otros sistemas convencionales, no se podrían lograr.

Además de que en muchos de los casos se puede pasar directamente del diseño a la manufactura sin la necesidad de construir moldes u otros elementos necesarios para la fabricación, acortando considerablemente el ciclo de desarrollo de nuevos productos, lo cual se traduce en mayores ganancias y competitividad para las organizaciones. Estamos tal vez ante uno de los más recientes desarrollos tecnológicos y que también marca el inicio de una nueva revolución industrial y tecnológica.



## Referencias

- [1] A. Carrión, "Technology forecast on ink-jet head technology applications in rapid prototyping," *Rapid Prototyp. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 99-115, 1997. <https://doi.org/10.1108/13552549710185680>.
- [2] W. Gao et al., "The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering," *Comput. Des.*, vol. 69, pp. 65-89, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.001>.
- [3] MPR, "3D printing to swallow 40% market share," *Met. Powder Rep.*, vol. 70, no. 3, p. 153, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.mprp.2015.02.016>.
- [4] 3D Systems, "Our History," Our history, 2017. [Online]. Available: <https://es.3dsystems.com/our-story>. [Accessed: 22-May-2017].
- [5] J. W. Stansbury and M. J. Idacavage, "3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities," *Dent. Mater.*, vol. 32, no. 1, pp. 54-64, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.09.018>.
- [6] R. Singh and H. K. Garg, "Fused Deposition Modeling - A State of Art Review and Future Applications BT - Reference Module in Materials Science and Materials Engineering," Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.04037-6>.
- [7] Department. of Commerce, "United States Patent and Trademark Office," 2015. [Online]. Available: <http://patft.uspto.gov>.
- [8] M. Annoni, H. Giberti, and M. Strano, "Feasibility Study of an Extrusion-based Direct Metal Additive Manufacturing Technique," *Procedia Manuf.*, vol. 5, pp. 916-927, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2016.08.079>.
- [9] Stratasys, "Champion Motorsport: FDM Empowers Champion Motorsport to Create Strong, Beautiful Parts for Porsche," 2014. [Online]. <https://energygroup.it/getattachment/a46abf08-c84f-46a4-9ccf-314f7eec5974/Champion-Motorsport-FDM-Soluble-cores-for-compos.aspx>. [Accessed: 01-Jan-2017].
- [10] X. Wang, M. Jiang, Z. Zhou, J. Gou, and D. Hui, "3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective," *Compos. Part B Eng.*, vol. 110, pp. 442-458, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>.
- [11] R. K. Chen, Y. Jin, J. Wensman, and A. Shih, "Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses-A review," *Addit. Manuf.*, vol. 12, Part A, pp. 77-89, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.04.002>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:*

*Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.*

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)



# Estrategias de diagnóstico de usabilidad para espacios interactivos en ambientes socio-técnicos: una revisión comparativa

## *Diagnostic usability strategies for interactive spaces in socio-technical environments: a comparative review*

Murga González Alejandro Daniel , Ayala Macías Elvia Guadalupe , Becerril Mendoza Vladimir , Rosas Burgos Karina , Almejo Ornelas Alberto 

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Blvd. Universitario 1000, Unidad Valle de las Palmas, 22260 Tijuana, Baja California, México

**Autor de correspondencia:** Alejandro Daniel Murga González, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Blvd. Universitario 1000, Unidad Valle de Las Palmas, 22260, Tijuana, B.C., [alejandro.murga@uabc.edu.mx](mailto:alejandro.murga@uabc.edu.mx). ORCID: 0000-0002-5840-1822.

**Recibido:** 20 de Mayo del 2019

**Aceptado:** 13 Octubre del 2019

**Publicado:** 30 de Octubre del 2019

**Resumen.** - *Este trabajo tiene como intención realizar una revisión comparativa de tres experiencias de diagnóstico de usabilidad para espacios interactivos en ambientes socio-técnicos. La primera, generada para la torre de control de tráfico aéreo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM); la segunda, para los talleres de metalmecánica de una empresa particular; y la tercera, para el fraccionamiento de Valle de San Pedro, Tijuana. Dicha comparación pretende determinar qué es un espacio interactivo, cuáles son las cualidades que lo definen, y cómo pueden ser medidas. Para ello se presentarán los tres casos, se contrastarán sus funciones, y se determinarán sus similitudes para detectar las cualidades genéricas de interacción. Con esto se pretende llegar a un entendimiento transdisciplinar para la optimización de los ambientes socio-técnicos, los cuales hasta ahora se han abordado desde la perspectiva de riesgos -ergonómicos, psicosociales y organizacionales-, pero no desde la facilidad de uso, cualidad que abarca más apropiadamente el fenómeno de la interacción y el entendimiento de los requerimientos de usuario. Se espera que el impacto de este trabajo dé mejores pautas para el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) en campos de la ingeniería, el diseño de producto, y diseño urbano.*

**Palabras clave:** Espacio interactivo; Diseño Centrado en el Usuario; Usabilidad; Diagnóstico; Sistemas socio-técnicos.

**Abstract.** - *This work intends to carry out a comparative review of three usability diagnostic experiences for interactive spaces in socio-technical environments. The first, was produced for the air traffic control tower of the International Airport of Mexico City (AICM); the second, for the metalworking workshops of a particular enterprise; and the third, for the neighborhood of Valle de San Pedro, Tijuana. This comparison aims to determine what an interactive space is, what the qualities that define it are, and how they can be measured. For this, the three cases will be presented, their functions will be contrasted, and their similarities will be determined to detect the generic interaction qualities. This is intended to achieve a transdisciplinary understanding for the optimization of socio-technical environments, which until now have been addressed from the perspective of risk -ergonomic, psychosocial and organizational- but not from the ease of use, a quality that covers more properly the*



*phenomenon of interaction and understanding of user requirements. The impact of this work is expected to provide better guidelines for User Centered Design (UCD) in the fields of engineering, product design, and urban design.*

**Keywords:** Interactive space; User centred design; Usability; Diagnosis; Socio-technical systems.

## 1. Introducción

El concepto *interacción* no es nuevo en el ámbito de la ingeniería. Con el desarrollo tecnológico y de la ergonomía se han logrado consolidar nuevas categorías de estudios como los de Interacción Humano-Máquina –HMI- o Interacción Humano-Computadora –HCI- [1-5], lo cual ha implicado el análisis de las relaciones entre conceptos como interfaz, naturalidad, comunicación, etc. entre seres humanos y la tecnología objetualizada. Sin embargo, por un lado, dichas categorías de estudio visualizan esta relación obviando su espacialidad. Flores [6], por otro lado, aterriza un sistema de interacciones para el Diseño de producto: Entorno, Objeto, Usuario –EOU-, que, si bien representa una valiosa aportación al incorporar el espacio, da por hecho que las actividades o tareas son resultado de la interacción de los tres elementos; mientras que en HCI ya se tomaban en cuenta como elementos *diseñables* [7].

Esto habla de cómo desde las disciplinas se ha buscado entender los fenómenos de acuerdo a conceptos de interés del campo de conocimiento: la ingeniería de sistemas se ocupa de lo digital; el diseño de producto, de la aprehensión física objetual; y la arquitectura y urbanismo, de la espacialidad concreta. Dichos conceptos interactúan con el ser humano no de forma aislada, sino en varias ocasiones de manera combinada, como lo que sucede en una torre de control de tráfico aéreo, donde interfaces digitales, objetos tecnológicos y estaciones de trabajo se integran en un solo espacio al servicio de sus usuarios. Ante esta combinación de elementos -cada vez más frecuente con el cambio tecnológico- es necesario dar una aproximación para la ingeniería y el diseño, del espacio interactivo como un mismo objeto de estudio puesto que hasta ahora, los conceptos de interacción provenientes de diferentes campos de estudio no proveen una visión holística.

Es así que las intenciones que motivaron este trabajo son responder a las interrogantes *qué es un espacio interactivo, cuáles son sus cualidades y cómo se miden*. Su enfoque es incidir en las disciplinas que se ven involucradas en la creación de los espacios interactivos

para dar una plataforma de entendimiento que permita una aproximación transdisciplinaria y de esta manera se optimicen los esfuerzos provenientes de cada una. Para ello, se hizo una revisión de la teoría de la comunicación, la usabilidad y el concepto de *interfaz espacial comunicativa* [8, 9], con el fin de generar un marco de entendimiento sobre el espacio interactivo como fenómeno. Posteriormente, se compararon tres casos diferentes con relación a dicho fenómeno: una torre de control del tráfico aéreo, talleres de metalmecánica y un espacio *rururbano* –proceso de ubicación de usos tradicionalmente urbanos en el entorno rural-. Con dicha revisión se detectaron patrones que describen la esencia de un espacio interactivo, sus cualidades y posibilidades para su medición.

## 2. Antecedentes

En este apartado se presentan los tres casos de espacios interactivos [10-12] que, por sus diferencias notorias, conviene describir en virtud de encontrar patrones que ilustren la interactividad como concepto y que sirva como indicador en el diseño y calidad de los espacios que cumplan con esta categoría.

### 2.1 Primer caso: Torre de Control del Tráfico Aéreo

Las torres de control (TC) garantizan la seguridad de operaciones aeronáuticas al permitir la comunicación de los controladores con los capitanes de las aeronaves, así como con otras instancias como el personal en terminal, centro de control, etc. En este sentido, se puede decir que la TC es un *sistema espacial y comunicacional* que se relaciona con otros más grandes: el aeropuerto en sí, las aerovías y otros aeropuertos. Ello permite considerar al espacio como una *interfaz* que relaciona a sus usuarios, de manera *real* o *virtual*, y para su entendimiento, es necesario segmentarla en partes examinar el alcance de una meta sistémica, que en este caso se definió como la comunicación de instrucciones para operaciones aeronáuticas.



Se detectó como elementos dicha interfaz de trabajo comunicativo –o estación de trabajo- a la cabina, ventanas, iluminación, y consolas –mobiliario que integra la tecnología con la que trabaja mayormente el controlador-. Sus funciones se delinearón como la facilitación y optimización de las capacidades comunicativas de los controladores para analizar la información pertinente, con accesibilidad, claridad, nitidez, legibilidad, comodidad e interoperatividad. Posterior a este análisis, se elaboró un instrumento de diagnóstico, en el cual se cotejan cualidades de la ventana, consola, iluminación y cabina bajo la percepción de usuario; y se califica con un semáforo de acciones dependiendo del porcentaje resultante.

## 2.2 Segundo Caso: Maquiladora metalmecánica

En este caso se consideró al espacio de la maquila metalmecánica como un sistema ergonómico compuesto por cinco elementos: 1. *Ambiente*, talleres y normas; 2. *Usuarios*, operadores; 3. *Objetos*, máquina y herramientas; 4. *Actividad*, capacitación y producción; y 5. *Producto*, consecuencia de la interacción de los cuatro anteriores. Dichos elementos deben garantizar la óptima productividad y calidad de vida –o uso ISO 9241-11, ISO/IEC9126- de los operadores [13]-.

Como resultados, por un lado, se recomendó la existencia de *ayudas mecánicas y visuales* para promover el óptimo desempeño e integridad del trabajador; así como para la calidad de la producción. Por otro lado, se señaló la importancia de la *adaptabilidad* del espacio, dado que en el contexto de la maquila continuamente se requieren cambios en los procesos y líneas de producción por la diversidad de productos que se demandan.

## 2.3 Tercer Caso: Fraccionamiento habitacional

Este tercer caso se consideró a un fraccionamiento habitacional aislado de servicios y equipamiento, como un espacio de interacción física y virtual, donde la tecnología juega un papel esencial para el logro de metas por parte de sus usuarios (habitantes, visitantes, etc.), pues la comunicación en espacios virtuales, como las redes sociales, permite en este caso y en cierta medida la satisfacción de necesidades de vida.

De esta manera surge la propuesta del concepto *habitante/usuario*, que expande el análisis de condiciones de uso en distintos ejes y dimensiones:

- Eje efectivo: Un propósito de uso. No sólo es existir en el espacio, sino satisfacer necesidades concretas.
- Eje afectivo: existen cambios en actitudes y dinámicas generados por las interacciones del habitante/usuario, los cuales pueden ser categorizables para el entendimiento del diseño espacial y el nivel de calidad en el uso.
- Dimensión espacial concreta/virtual: el espacio habitable deja de ser sólo físico y se vierte, junto con sus habitantes, en la virtualidad. La relación cognitiva con el espacio es tan fuerte y relevante como la física. En este sentido, existe la búsqueda de información e intercambio de ideas para objetivos concretos y diferenciados.

## 3. Apartado conceptual

Después de la revisión de los tres casos, conviene analizar las conceptualizaciones teóricas en relación al fenómeno interacción: 1. la teoría de la comunicación, 2. usabilidad e 3. interfaces espaciales comunicativas (IEC). En primer lugar, se consideraron tres aspectos de la teoría de la comunicación: el flujo de información, control en sistemas y comportamiento social [14]. En segundo lugar, se definió la usabilidad como la facilidad de uso del espacio, bajo metas sistémicas [15] y, en tercer lugar, se adoptó el concepto IEC, como sistemas interactivos que consisten de elementos tecnológicos dispersos en el espacio concreto y/o embebidos en objetos físicos [8]; concepto que engloba los tres casos discutidos hasta ahora.

Asimismo, se considera el término ofrecimiento percibido –o *perceived affordances*- [15] como las acciones que el usuario percibe como posibles en un objeto o espacio diseñado. Norman menciona que inicialmente, estos ofrecimientos son convencionalismos sociales que después sugiere, deben ser pensados y por tanto son *diseñables*. Sus características esenciales son que deben ser descubribles y deben dar una retroalimentación sobre la efectividad y eficiencia de la tarea; así como la satisfacción del usuario.



#### 4. Justificación metodológica

La selección de los casos tuvo que ver principalmente con el estudio de interacciones mediadas por la tecnología, objeto y espacio diseñados. En este sentido y en primera instancia, se consideró la integración teórica relacionada con la Ergonomía, “*disciplina científica que enfocada en el entendimiento de interacciones entre humanos, y otros elementos de un sistema (...) para optimizar el bienestar humano y el desempeño sistémico*” [16], que corresponde a la apertura de nuevos campos de conocimiento entre las disciplinas de ingeniería y diseño que deja incógnitas sobre los límites dentro de éstas, por lo cual su entendimiento sólo es posible desde equipos multidisciplinares.

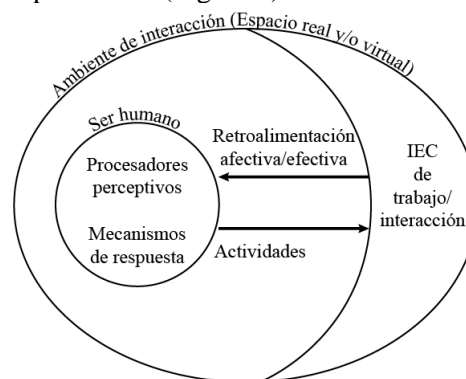
En segunda instancia cabe destacar que, aunque existe la producción centrada en el entendimiento de interacciones, ésta radica en disciplinas tecnológicas en las que los objetos de estudio son la relación del software y hardware con el ser humano, sin tomar en cuenta el espacio, o inclusive las interfaces análogas/sin pantallas.

El estudio de interacciones entre espacio, objeto tecnología y seres humanos todavía es muy reciente como para categorizarlo dentro de una disciplina como ingeniería de sistemas, diseño industrial/de producto, arquitectura, urbanismo, etc. Campos de conocimiento recientes como el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) [17], Pensamiento de Diseño –*Design Thinking*– o Experiencia de Usuario –*User Experience, UX*– desdibujan más estas fronteras.

Por ello, se seleccionaron tres casos que parten desde puntos o disciplinas distintas y que, sin embargo, abordan temáticas que coinciden la interacción en espacios interactivos y ambientes socio-técnicos, aunque fueran diferentes tipos: una torre de control, una maquiladora, y un espacio urbano de tal manera que se pudieran cotejar las interacciones manifestándose en diversas escalas y naturaleza disciplinar. En dichos casos se reconoce la existencia de interfaces –*medios donde se hacen posible las interacciones naturales entre humanos y otros elementos*– [13], digitales o análogas, distribuidas o embebidas en el espacio concreto; lo cual hace a los tres consistentes con el concepto IEC.

#### 5. Resultados

A partir de la revisión de los tres casos se puede tipificar características de interactividad en el espacio: 1. *actividades* como comunicación, producción, habitación y uso; 2. existencia de IECs análogas y/o digitales 3. *dimensiones espaciales* real y/o virtual; 4. *retroalimentación* efectiva y afectiva que informan sobre el cumplimiento de propósitos y generación de actitudes o dinámicas, respectivamente; 5. y el *ser humano*, que percibe el espacio y da una respuesta mediada por la IEC (Figura 1).



**Figura 1.** Representación de una interfaz espacial comunicativa.

De acuerdo a lo expuesto hasta ahora, las disciplinas desde las que tradicionalmente se abordan los fenómenos de estudio presentados parten con objetos de estudios aislados, a diferencia de la Ergonomía que amalgama *elementos sistémicos*: el entorno, el objeto, la actividad y el ser humano. La visión holística de dichos elementos permite de igual manera definir *distintas formas de interacción* en el espacio, que surgen de acciones básicas como el usar, habitar, actuar y ser (Figura 2). Partiendo de la tipificación de elementos e interacciones se pueden comprender conceptos complejos como la experiencia, establecer formas de medición y generar estrategias de diseño, lo cual conlleva dinámicas de colaboración entre las disciplinas para abordar de manera conjunta dichos fenómenos.

Por ello, este estudio contempla que el espacio se puede usar como una interfaz de trabajo o de interacción social, cuyas actividades se pueden diseñar, tal y como se sucede con la línea de producción en una maquila; el arreglo interoperativo de una cabina de torre de control; o la participación en plataformas tecnológicas.



**Figura 2.** Elementos sistémicos y formas de interacción.

Con esto, se puede decir que los espacios interactivos son espacios diseñados en los cuales el ser humano incide, de manera individual o conjunta, virtual o real, para ser, actuar, habitar o usar distintos elementos embebidos en interfaces que vuelven natural la interacción. La teoría revisada señala que la manera más adecuada de medir el desempeño de este tipo de espacios a partir de lo establecido en el DCU y la usabilidad, con los indicadores efectividad, eficiencia y satisfacción; los cuales refieren al porcentaje de tarea realizada, cantidad de recursos invertidos y actitudes generadas, respectivamente. Sin embargo, para espacios interactivos, dicha medición se debe adecuar a la definición de *interfaces espaciales comunicativas* con las cuales se interactúa; por tanto, se debe prestar particular atención en la percepción del usuario, la retroalimentación de las interfaces, y el cumplimiento de metas sistémicas (Figura 3).



**Figura 3.** Propuesta de indicadores de los espacios interactivos.

En los tres casos se observan los indicadores de interactividad: tanto la TC, la maquila de metalmecánica y el fraccionamiento de Valle de San Pedro son sistemas socio-técnicos que cuentan con

espacios interactivos, en los cuales existen interfaces espaciales comunicativas percibidas y usadas por sus usuarios/habitantes para realizar actividades concretas que están en relación con la naturaleza del espacio y sus metas sistémicas. En la TC, la IEC es la estación de trabajo compuesta por interfaces digitales y análogas como la consola, ventana, cabina e iluminación; en la maquila, por la estación de trabajo compuesta por interfaces análogas (maquinaria, herramientas, y espacio de trabajo); y en el fraccionamiento, por las redes sociales y la espacialidad concreta donde se encuentran sus habitantes. Es así, que la calidad de la IEC es crucial en la satisfacción del ser humano y el alcance de metas sistémicas con eficiencia y efectividad.

## 6. Conclusiones

Como resultado de este análisis, se proponen indicadores de interactividad de un espacios interactivos basados en los tres que surgen en la usabilidad: la efectividad, que se puede medir cotejando la consistencia entre el producto/actividad generados y la retroalimentación de las interfaces; eficiencia, como la consistencia entre la percepción del usuario y el producto/actividad generados; y la satisfacción como la consistencia entre la percepción del usuario y el *affordance* de la interfaz es decir, las capacidades de retroalimentación afectiva y efectiva. Cabe destacar que, tomando en cuenta que esta propuesta surge desde el DCU, se debe considerar que para el análisis de la experiencia y la interactividad es necesaria la existencia de la relación humano-IEC bajo un contexto de uso. En este sentido, la propuesta de espacios interactivos está enfocada en medir la interactividad o la naturalidad en el uso, principios tendencialmente más alineados hacia la ergonomía cognitiva que hacia la ergonomía física. Es importante seguir explorando el concepto de interactividad en el espacio, ya que es consecuente con la tendencia de desmaterialización de la computadora y su distribución en el espacio. Dicha exploración permitirá generar pautas que impacten espacios tan diversos como los anteriormente analizados, de tal forma que se puedan generar sistemas, espacios, servicios y objetos de manera holística, integrada y multidisciplinar. Se pretende que esta investigación pueda seguir para la profundizar en la tipificación de espacios interactivos, así como la generación de metodologías de diseño y diagnóstico de su interactividad.





## Referencias

- [1] D. R. Cheriton, "Man-machine interface design for timesharing systems", Proceedings of the 1976 annual conference. ACM, pp. 362-366, October 1976. <https://doi.org/10.1145/800191.805617>.
- [2] D. A. Norman, "Design rules based on analyses of human error", Communications of the ACM, vol.4, no. 26, pp. 254-258, 1983. <https://doi.org/10.1145/2163.358092>.
- [3] S. L. Smith, and J. N. Mosier, "Guidelines for designing user interface software" (No. MTR-10090). Bedford, MA: Mitre Corporation, 1986. <https://doi.org/10.21236/ADA177198>.
- [4] B. Shneiderman, "Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction". Pearson Education India, 2010. <http://www.cs.umd.edu/hcil/DTUI6/>.
- [5] C. Marlin and L. Brown, "Human-computer interface design guidelines". Ablex Pub.: Norwood, NJ, 1988. <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/38160>.
- [6] C. Flores, "Ergonomía para el diseño". Teoría y práctica Designio. México, 2001. [http://upload.no.com.gt/Ergonomia\\_para\\_el\\_dise%C3%B1o.pdf](http://upload.no.com.gt/Ergonomia_para_el_dise%C3%B1o.pdf).
- [7] J. Johnson, "Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design guidelines". Elsevier, 2013. <https://www.sciencedirect.com/book/9780124079144/designing-with-the-mind-in-mind#book-info>.
- [8] C. Rizopoulos, "Implications of Theories of Communication and Spatial Behavior for the Design of Interactive Environments". Intelligent Environments (IE), in7th International Conference. IEEE, pp. 92-99, 2011. <https://doi.org/10.1109/IE.2011.57>.
- [9] C.E. Shannon, "A mathematical theory of communication". Bell system technical journal, pp. 379-423, 1948. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.
- [10] A. Murga, "Diagnóstico ergonómico para de estaciones de trabajo industriales: una perspectiva desde el diseño en el noroeste de México". Memorias del 4° Congreso DI-Integra Territorios del Diseño, San Luis Potosí, México, 2019. <http://congresos.uaslp.mx/Territorios/Paginas/default.aspx>.
- [11] A. Murga, "Diagnóstico del Diseño Comunicativo en Estaciones de Trabajo: Caso Torre de Control del Aeropuerto de la Ciudad de México". Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2016. <http://www.remeri.org.mx/portal/REMERI.jsp?id=oai:tesis.dgbib.lio.unam.mx:000744431>.
- [12] E. Ayala, "Proceso de resiliencia en el espacio rururbano a través de redes sociales: el caso de Valle de San Pedro". Ciudad y sustentabilidad: riesgos urbanos. Editorial UABC, 2019. [https://www.researchgate.net/publication/338593546\\_Procesos\\_de\\_resiliencia\\_en\\_el\\_espacio\\_rururbano\\_a\\_traves\\_de\\_redes\\_sociales\\_El\\_caso\\_de\\_Valle\\_de\\_San\\_Pedro](https://www.researchgate.net/publication/338593546_Procesos_de_resiliencia_en_el_espacio_rururbano_a_traves_de_redes_sociales_El_caso_de_Valle_de_San_Pedro).
- [13] N. Bevan, "International standards for HCI and usability". International journal of human-computer studies, vol 4, no. 55, pp. 533-552, 2001. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>.
- [14] O. Hargie, "Skill in theory: Communication as skilled performance". In The handbook of communication skills. Routledge, pp. 9-40, 2018. <https://doi.org/10.4324/9781315436135-2>.
- [15] D. A Norman, "Affordance, conventions, and design". Interactions, vol. 3, no. 6, pp. 38-43, 1999. <https://doi.org/10.1145/301153.301168>.
- [16] IEA. "Ergonomics definition". Fecha de acceso 23/04/19. <https://www.iea.cc/whats/>.
- [17] Abras, C. "User-centered design. Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction". Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445-456, 2004. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.94.381>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:*

*Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.*

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)



# Conditions for the Development of Industry 4.0 from the Human Capital Technological Competences Perspective

## *Condiciones para el desarrollo de la industria 4.0 desde la perspectiva de competencias tecnológicas del capital humano*

Avitia Carlos Patricia , Morales García Carlos Gerardo, Rodríguez Verduzco José Luis , Rodríguez Tapia Bernabe , Candolfi Arballo Norma 

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Universitario 1000. Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California. C.P. 21500

**Autor de correspondencia:** Patricia Avitia Carlos, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Universitario 1000. Unidad Valle de las Palmas, Tijuana, Baja California. C.P. 21500. Correo electrónico: [patricia\\_avitia@uabc.edu.mx](mailto:patricia_avitia@uabc.edu.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9448-7558>.

**Recibido:** 20 de Mayo del 2019

**Aceptado:** 13 Octubre del 2019

**Publicado:** 30 de Octubre del 2019

**Resumen.** - *La denominada Industria 4.0 sustenta su aparición y crecimiento en el empleo de técnicas de inteligencia artificial para el desarrollo de sistemas de producción cuya capacidad, eficiencia y adaptabilidad rebasen el desempeño de los sistemas actuales basados en computadora. La manufactura inteligente corresponde entonces a la digitalización e interconexión de dispositivos para la construcción de líneas de producción y proveeduría que compartan un flujo continuo de información. Esta revolución involucra el desarrollo de tecnologías tales como el Internet de las cosas, la analítica de datos y los ciberistemas con aprendizaje de máquina, entre otros. El desarrollo y sostenimiento de estos sistemas de manufactura avanzada representan un área de oportunidad para el crecimiento de la competitividad tecnológica de las economías regionales. Existen, sin embargo, necesidades formativas entre los profesionales de Ingeniería para el desarrollo de competencias tecnológicas específicas; así como de condiciones generales para el establecimiento de redes de innovación entre academia y sector productivo. El presente trabajo realiza, mediante el empleo de técnicas bibliográficas, una revisión de la literatura desarrollada en torno a la industria 4.0. Como resultado, presenta una revisión de las tendencias tecnológicas involucradas y discute el papel de las instituciones de educación superior en el desarrollo de capital humano competitivo. Se observan además múltiples áreas de oportunidad en el mediano y largo plazo para reforzar los programas de colaboración entre la universidad y la industria relacionados con esta adopción.*

**Palabras clave:** Industria 4.0; Capital humano; Competencias tecnológicas; Educación superior; Redes de innovación.

**Abstract.** - *The so-called Industry 4.0 supports its emergence and growth in the use of artificial intelligence techniques for the development of production systems whose capacity, efficiency and adaptability exceed the performance of current computer-based systems. Intelligent manufacturing corresponds to the digitization and interconnection of devices for the construction of production and supply chains that share a continuous flow of information. This revolution involves the development of technologies such as the Internet of Things, data analytics and cyber-systems aligned with machine learning, among others. The development and sustainability of these advanced manufacturing systems represent an area of opportunity for the growth of the technological competitiveness of regional economies. There are, however, training needs among engineering professionals for the development of specific updated technological competences; as well as a need of general conditions for the establishment of innovation networks between academia and the productive sector. This paper uses bibliographic techniques to examine existing literature and conducts a review on Industry 4.0. As a result, it presents an overview of the related technological trends and discuss the role of higher education institutions in the development of competitive human capital. There are also multiple areas of opportunity in the medium and long term to strength university-industry collaboration programs related to this adoption.*

**Keywords:** Industry 4.0; Human capital; Technological competences; Higher education; Innovation networks.



## 1. Introduction

The economic and social relevance of industrial revolutions lies in the fact that they not only technically modify the means of production, but also produce a social impact; which is located primarily in the labor market and the education system. As a result of the changes generated by these revolutions, some jobs and professions disappear as they become obsolete, while new jobs are emerging [1-2]. At the labor level, there is a need to strengthen specific technological competences in human capital, as well as to develop other emerging ones.

Industrial revolutions are identified as those disruptive changes that modify the goods production systems, market dynamics and organization labor. These changes have happened during the last two centuries as a result of a technological evolution. Thus, the first industrial revolution was the result of the introduction of steam engines in the manufacturing factories; the second arose from the use of electricity to develop technologies of mass production with the consequent division of labor; the third revolution used electronics and information technologies to develop greater automation of manufacturing [1,3-5]. On the other hand, the use of the Internet and various techniques of artificial intelligence places us now before a fourth industrial revolution, which has been called Industry 4.0 (I4.0).

We find that under the term I4.0 several intelligent technologies are included, which together affect the product manufacturing value chain; through the automation of production systems, the interconnectivity of digital devices, the flexibilization of manufacturing processes and, in general, the existing information

communication and treatment among the different company levels and even outside it.

This fourth industrial revolution has also been constituted as a strategy for technological and economic competitiveness, sponsored by government agencies in various countries and devoted to the development of advanced manufacturing industry; among which are Germany (Industry 4.0), the United States (Nationwide Network for Manufacturing Innovation), China (Made in China 2025), France (La Nouvelle France Industrielle) and India (Make in India), among others [3,6-8].

The competition that countries such as China and India represent to manufacturing industries has forced developed countries to focus more on innovation, added value and services. Their companies are more willing to introduce new technologies that improve quality, make resources more efficient, reduce risks and allow them to remain competitive in the market. On the contrary, those companies that do not face technological challenges will also experience challenges to introduce new products and services, innovation and business models [9].

The present work realizes a revision of the technological competitions required in the human capital, from the emergent technologies that integrate the Industry 4.0; to explore the companies' competitive path for its establishment. An exploratory review of technologies, the suggested competencies and the role of higher education institutions is made.

The experiences collected point to the need to establish collaborations between the



government-industry-university and the construction of specialized ecosystems that endow the value chain with human talent.

## 2. Methodology

A qualitative exploratory study is carried out. The Narrative Literature Review method is used, which consists in the completion of a narrative synthesis of previously published information that allows conclusions about the topic of interest to be drawn [10].

The main objective was to review existing literature and case studies, to extract and compare theories about the works' future as well as the required personnel competencies within the framework of Industry 4.0. Provided that in a Narrative Literature Review one of the possible purposes consists of the identification of problems or weaknesses within a research topic, and it is additionally considered useful to connect or relate different topics for reinterpretation [11]. Therefore, the selected methodology is considered adequate given the proposed objective.

Journal articles and conference proceedings about Industry 4.0 published in Scientific Databases were reviewed (Ebsco & IEEE) from year 2015 to date. Search terms included Industry 4.0 and Education or Competencies, for English or Spanish publications. Works describing experiences and / or implementation proposals were favored.

## 3. Discussion

### 3.1 Industry 4.0 context

The Industry 4.0 designation appears for the first time in Germany during the Hannover Fair 2011, as a term used to encompass the different disciplines and technologies associated with the development of intelligently interconnected, autonomous and flexible manufacturing processes [3-5].

I4.0 is frequently related to other terms such as Internet of Things (IoT), Cyberphysical Systems (CPS), Intelligent Systems and Digital Factories [9]; nevertheless, each of them constitutes a branch of its own technological development. Actually, I4.0 integrates nine different technological fields in industrial production processes: Autonomous Robots, Simulation, Horizontal and Vertical Systems Integration, Internet of Things, Cybersecurity, Cloud, Additive Manufacturing, Augmented Reality and Data Analytics [12].

Since its appearance, various definitions have been proposed around the I4.0, among which are those cited by [4]: “*the integration of complex physical machinery and devices with networked sensors and software, used to predict, control and plan for better business and societal outcomes*”; or well, “*a new level of value chain organization and management across the lifecycle of products*”. On the other hand, [9] define it as “*a revolution enabled by application of advanced technologies (like IT) at production level to bring new values and services for customers and organization itself*”. As can be seen, the definitions vary from the perspective in which the I4.0 phenomenon is analyzed, whether it is technology, manufacturing or business. In summary, authors agree in the fact that there is no unanimous definition to date, given the broad field of technologies,



manufacturing processes and business that it integrates [4,13].

Despite not having a universally accepted definition, it can be concluded that I4.0 generates disruptive changes in supply chains and business models. For it operates under the principles of interoperability, virtualization, decentralization, real-time capability, as well as an orientation to services and modularity [4]. The attributes commonly referred to as essential components of I4.0 are shown in Figure 1.

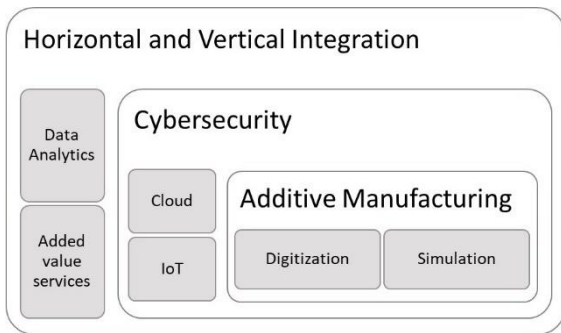


Figure 1. Industry 4.0 Attributes.

Although I4.0 has attracted increasing attention, there is still no detailed critical route for its realization [3]. For Hofmann & Rüsç [13], companies must be accompanied and supported in a practical way in this adoption path; since there is still a vague idea about the concept, the integrating technologies and its potential in financial terms. It has also been noted that the success in the implementation of these technologies will depend on the network integration capabilities and the engineering

throughout the value chain [6]. The priority action areas to achieve I4.0 are listed in Table 1.

Table 1. Priority Action Areas according to Kagermann [3]

Priority Action Areas for I4.0
Standardization and Reference Architecture
Managing Complex Systems
Delivering a Comprehensive Broadband Infrastructure
Safety and Security
Work Organization and Design
Training and Continuing Professional Development
Regulatory Framework
Resource Productivity and Efficiency

### 3.2 Industry 4.0 human capital

There are several challenges associated with the 4.0 industry projects. One of these challenges is related to people, specifically the lack of qualified personnel [6, 12]. The qualifications and skills of employees will be greater than in the present, due to the use of new technologies and smart media in companies. Consequently, the work force will be key to the success of innovative factories [1].

In accordance with the review carried out, the formative features required to promote the establishment of I4.0 are presented in Table 2. It is believed that jobs that have to do with artificial intelligence' control and implementation will become more relevant, so there will be more job opportunities through specialized knowledge related to the technology to be implemented.



**Table 2.** Proposed formative traits for the human capital development on I4.0

<i>Authors</i>	<i>Proposal</i>
Khan & Turowski, 2016 [9]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confidence and motivation.</li> <li>- Counteract change resistance.</li> <li>- Increase employee safety and awareness.</li> </ul>
Ministry Economy, 2016 [7]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Specialized professions in IoT and BigData will be required.</li> </ul>
Demartini & Benussi, 2017 [14]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ability to self-organize central content of particular fields and master a large amount and variety of information.</li> <li>- Skills and competences for improvement and continuous and progressive self-regulation.</li> <li>- Transferable skills and competences that are directly applicable throughout various social, business and professional scenarios.</li> <li>- Skills and competences for lifelong learning, including knowledge construction, adaptability, ability to find, organize and obtain information, critical thinking and teamwork.</li> </ul>
Benešová & Tupa, 2017 [1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- One of the main problems will be the age and skills of the employees (for advanced information systems management).</li> <li>- The main required professions: Software Engineer, Programmers (Robot and / or PLC), Process and Manufacturing Engineers, Data Analysts, Cybersecurity, Technicians and Maintenance Engineers.</li> </ul>
Moldovan, 2018 [15]	<p>According to educational providers:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Creativity, cognitive flexibility, basic and social skills;</li> </ul> <p>According to SMEs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ability to solve complex problems, cognitive flexibility, critical thinking, technology and design of user experiences.</li> </ul>
Martínez Ruiz [2]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Future adaptation capacity.</li> <li>- Development of critical, creative and ethical skills for resilience.</li> </ul>
Stankovski, 2019 [16]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multidisciplinary knowledge and experience.</li> </ul>

From the human capital point of view, the different positions of the mentioned authors agree in the relevance of technological competencies for the development of I4.0, emphasizing the ability to learn and develop along with the appearance of new technical elements. In this sense, we take the definition of technological competence [17] in the companies context, as a “*set of cognitive, attitudinal and value dispositions that allows developing human capital inside of an organization, to interact and master the conscious or unconscious use of Information, Communication and Collaboration Technologies, as referred to the technological appropriation and incubation for innovation in services, processes or products that provide benefits and business growth, strictly based on the collaborative work of the personnel*”. Thus, the development of transferable technological

competences from the individual to the different levels of the company, from production to business management, would be part of the critical route towards I4.0.

### 3.3 Higher Education and I4.0

The participation of educational institutions is key in the development of national strategies to impulse I4.0 [1,3,6,7,8,16]. The educational framework that emerges must consider the complex relationship between all the ecosystem stakeholders (students, teachers, universities, companies, government). In this context, the main objective is to improve the efficiency of educational processes to make learning sustainable for any apprentice regardless of age or culture [14].



The engineering education curriculum should then be rethought considering the design principles of Industry 4.0; merging theory with laboratory practices and the concepts of information technologies [12]. Incorporate virtual resources, virtual learning environments to transfer and develop knowledge and skills [1]. As well as enable appropriation of digital pedagogies, linked to unschooled training, through flexible, adaptive, multi-agent and resilient learning environments [2]. The indicated changes to the curriculum point to the need to provide flexibility (in time, space and contents), besides preparing the participant to face rapid technology changes, providing it with competences for self-learning and information technologies management.

In this human capital formation scheme, the companies preferred continuing education programs and / or workers retraining in collaboration with the academy; because the knowledge or *know-how* and the experience in the company' field is valued above the hiring of new employees [12,15]. To make possible the university-business collaboration for the I4.0 requires a revision of the collaboration mechanisms, including linking programs, science and technology communication and even education management [2]. It is necessary to clarify in this review the roles of the university and the company, as well as draw a detailed map of the collaborative projects [8]. The training of specialized consultants [6], international certifications and the construction of I4.0 clusters according to regional industrial vocations [7] are also suggested.

#### 4. Conclusions

The empirical works that link higher education with the development of I4.0 are scarce, although it is pointed out as critical for its establishment.

Likewise, the programs and strategies of different governments involve the development of technological vocations capable of joining the intelligent manufacturing industry and its value chain. The review carried out gathers reflections, experiences and strategies on I4.0. From these, we can observe the need for government support with a strategic project in the medium and long term for industries to develop the potential of I4.0. Despite not having a definitive route, it is clear that educational institutions have a determining role in the construction of competitiveness of human capital, from the technological educational programs offer, the curriculum update and the connection with the industry to offer continuous education programs and technical and professional certifications. The research future work on the subject should deepen in the collaboration schemes that involve the development of technological competitions, using flexible models and virtual learning environments, as well as virtual reality tools that could materialize in practical programs.

#### References

- [1] Benešová and J. Tupa, "Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0," in *Procedia Manufacturing*, Modena, Italy, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>.
- [2] X. Martínez Ruiz, "La industria 4.0 y las pedagogías digitales: aporías e implicaciones para la educación superior," *Innovación Educativa*, vol. 19, no. 79, pp. 7-12, 2019. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-26732019000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732019000100007&lng=es&tlng=es).
- [3] Y. Liao, F. Deschamps, E. de Freitas Rocha Loures and L. F. Pierin Ramos, "Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda.," *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 12, p. 3609-3629, 2017. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>.
- [4] L. Yang, "Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues," *Journal of*



Industrial Information Integration, pp. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>.

[5] J. Qin, Y. Liu and R. Grosvenor, "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond," in Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production Conference, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>.

[6] B. Ynzunza-Cortés, J. M. Izar-Landeta, J. G. Bocarando-Chacón, F. Aguilar-Pereyra and M. Larios-Osorio, "El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras," Conciencia Tecnológica, pp. 33-45, 2017. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=94454631006>.

[7] Ministry of Economy, "Crafting the Future. A roadmap for Industry 4.0 in México.," Ciudad de México, 2016. <https://knoware.biz/wp-content/uploads/2018/02/industry-4.0-mexico.pdf>.

[8] L. Wu and W. Zhang, "Basic Modes and Reform Strategies of University Industry Collaboration for Made in China 2025," in 7th World Engineering Education Forum (WEEF), 2017. <https://doi.org/10.1109/WEEF.2017.8467076>.

[9] Khan and K. Turowski, "A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0," in Proceedings of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry", Switzerland, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33609-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33609-1_2).

[10] N. Green, C. D. Johnson and A. Adams, "Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade," Journal of Chiropractic Medicine, vol. 5, no. 3, pp. 101-116, 2006. [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6).

[11] R. F. Baumeister and M. R. Leary, "Writing Narrative Literature Reviews," Review of General Psychology, vol. 1, no. 3, pp. 311-320, 1997. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311>.

[12] M. Baygin, H. Yetis, M. Karakose and E. Akin, "An Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education," in 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), Istanbul, Turkey, 2016. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760744>.

[13] Hofmann and M. Rüsçh, "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics," Computers in Industry, pp. 23-34, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>.

[14] C. Demartini and L. Benussi, "Do Web 4.0 and Industry 4.0 Imply Education X.0?," IT Pro, 2017. <https://doi.org/10.1109/MITP.2017.47>.

[15] L. Moldovan, "State-of-the-Art analysis on the knowledge and skills gaps on the topic of industry 4.0 and the requirements," Scientific Bulletin of the "Petru Maior" University of Tîrgu Mureş, pp. 32-35, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.217>.

[16] S. Stankovski, G. Ostojić, X. Zhang, I. Baranovski, S. Tegeltij and S. Horvat, "Mechatronics, Identification Tehnology, Industry 4.0," in 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 2019. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH.2019.8717775>.

[17] N. Candolfi Arballo, M. E. Chan Núñez and B. Rodríguez Tapia, "Technological Competences: A Systematic Review of the Literature in 22 Years of Study," International Journal of Emerging Technologies in Learning, vol. 14, no. 4, pp. 1-26, 2019. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i04.9118>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento—remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:*

*Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.*

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)





# Análisis metodológico del esfuerzo normal $\sigma_y$ basado en deflexión elástica

## *Methodologic analysis of the normal strain $\sigma_y$ based on elastic deflection*

Molina Alejandro<sup>1</sup> , Piña-Monarez Manuel Román<sup>2</sup> , de la Cruz-Cháidez Servio Tulio<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Cd. Juárez, Chihuahua, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Cd. Juárez, Chihuahua, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Civil, del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Cd. Juárez, Chihuahua, México.

**Autor de correspondencia:** Alejandro Molina, Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Cd. Juárez, Chihuahua, México. ORCID 0000-0002-1945-7727. E-mail: [al187118@alumnos.uacj.mx](mailto:al187118@alumnos.uacj.mx)

**Recibido:** 02 de Mayo del 2019 **Aceptado:** 13 Octubre del 2019 **Publicado:** 02 de Noviembre del 2019

**Resumen.** - *El problema en la determinación de los esfuerzos normales ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) en una sección transversal utilizando como base la deflexión elástica, se basa en el hecho de que las metodologías existentes aún presentan carencias en su análisis. El artículo presenta un análisis de los esfuerzos normales ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) desarrollados a partir de las cargas aplicadas sobre el elemento estructural y el desarrollo de un caso de aplicación. Asimismo, debido a que la deflexión de un elemento depende de las cargas aplicadas, entonces el análisis de los esfuerzos está basado en la deflexión elástica del componente estructural. Además, la selección del elemento estructural se basa en la normatividad de diseño de vigas para componentes estructurales. Por otro lado, el análisis del material para hacer un diseño de un componente estructural también se presenta en este artículo. Igualmente, el material presentará desgaste debido a las cargas aplicadas, entonces se realiza un análisis de fatiga basado en los esfuerzos normales.*

**Palabras clave:** Análisis estático; Esfuerzos normales; Esfuerzos principales; Análisis de resistencia; Fatiga.

**Abstract.** - *The problem in determining the normal stresses ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) in a cross section using elastic deflection as a base, is based on the fact that the existing methodologies still have deficiencies in their analysis. The article presents an analysis of the normal stresses ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) developed from the applied loads on the structural element and the development of an application case. Also, since the deflection of an element depends on the applied loads, then the stress analysis is based on the elastic deflection of the structural component. In addition, the selection of the structural element is based on the design regulations for beams for structural components. On the other hand, the analysis of the material to make a design of a structural component is also presented in this article. Likewise, the material will show wear due to the applied loads, then a fatigue analysis based on normal stresses is performed.*

**Keywords:** Static analysis; Normal efforts; Main efforts; Resistance analysis; Fatigue.



## 1. Introducción

Es sabido que los esfuerzos en un elemento estructural dependen de las cargas aplicadas durante la operación del elemento estructural, entonces, los esfuerzos normales  $(\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy})$  pueden analizarse como esfuerzos variantes [1]. Además, es importante el análisis de la resistencia del material para la selección final de un elemento estructural, por lo que esta resistencia se someterá a esfuerzos variantes. En consecuencia, si un fenómeno aleatorio puede ser modelado por una distribución, para el análisis de fatiga de un elemento estructural es necesario tener en cuenta una función de esfuerzos  $f(s)$  y una función de la resistencia del material  $f(S)$  [2].

Así, la función de esfuerzos  $f(s)$  define todo el espectro de posibilidades de ocurrencias de esfuerzos que pueden ser analizados mediante una distribución [2]. Entonces, un análisis de esfuerzos principales  $(\sigma_1, \sigma_2, \tau_{xy})$  determina el rango de posibilidades donde se define un esfuerzo medio  $\sigma_\mu$  [3]. Por lo tanto, el problema en la determinación de los esfuerzos normales a la sección transversal en un diferencial de volumen  $dv$  específico, es que las metodologías de mecánica de materiales actuales tienen una deficiencia en la determinación de la matriz de tensor de tensiones necesaria para la determinación de los esfuerzos principales.

Mientras tanto, debido a que el modo de falla de elemento estructural se basa en la teoría del lado más débil, en donde se genera la máxima concentración de esfuerzos en un diferencial de volumen  $dv$ , entonces es necesario un análisis esfuerzo-resistencia para diseñar un elemento seguro [4]. Precisamente, la aplicación de cargas variables sobre un elemento estructural afecta la resistencia del material, debido a que con el paso del tiempo el material tiende a perder capacidad de resistir, en donde la influencia de los esfuerzos sobre la resistencia cada vez será mayor. En consecuencia, el análisis de fatiga de un elemento estructural depende de un análisis estadístico del

comportamiento de los esfuerzos y la manera en que estos influyen sobre la resistencia del material [3]. Del mismo modo, dado que es determinante que el diseño de un componente estructural presente vida infinita, una curva de Wöhler también llamada curva S-N, nos da un análisis de la relación entre la resistencia contra los ciclos de vida de un material basado en los esfuerzos normales determinados directamente de las cargas aplicadas del componente estructural [3, 5]. Además, la validación del material basado en una teoría de fallas de materiales dúctiles permite un diseño óptimo de un elemento estructural.

Con el objetivo de desarrollar un análisis de esfuerzos normales  $(\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy})$ , esta investigación está ampliamente basada en las metodologías de Timoshenko-Gere [6, 7], donde es importante resaltar que no se determina el esfuerzo normal  $\sigma_y$ . Por otro lado, Cervera (2002) hace un amplio análisis del comportamiento de los momentos internos de un elemento estructural, donde en base a la flexión pura desviada logra relacionar los momentos en los planos  $x$  y  $z$  para una mejor determinación del esfuerzo normal  $\sigma_x$ , aun así, no es suficiente la metodología para la determinación del esfuerzo normal  $\sigma_y$ . De la misma manera, Ugural-Da Silva [9, 10] hacen una aproximación de este esfuerzo normal  $\sigma_y$  basados en la metodología de Timoshenko (1957).

Mientras tanto, en la literatura revisada acerca de la mecánica de materiales y diseño estructural se observó que los temas que se abordan sobre esfuerzo normal  $\sigma_y$  no son suficientes para su determinación, las metodologías coinciden que este esfuerzo no influye sobre los esfuerzos principales desarrollados en el elemento estructural. Por un lado, He (2015), Liang (2017), Guo (2015) y Ma (2017) realizan análisis de deformación de elementos estructurales y determinan los esfuerzos normales en base a la teoría de la deformación, donde se incluyen modelos propuestos de análisis de fatiga. Sin

embargo, Kim (2011) y Huang (2017) determinan los esfuerzos normales basado en pruebas experimentales en elementos estructurales, con el objetivo de determinar parámetros de experimentales de fatiga de los estos elementos. Actualmente, algunas metodologías probabilísticas de análisis de esfuerzo-resistencia parten del hecho de la existencia de este esfuerzo normal sin especificar el modo de determinación del mismo [1–3], [17–19].

Por esta razón, en este artículo se presenta un caso de aplicación de análisis de esfuerzos en un componente estructural seleccionado. El contenido del artículo es de la siguiente manera, 2. Generalidades de diseño estructural, 3. Caso de aplicación, 4. Análisis de fatiga y 5. Conclusiones.

## 2. Generalidades de Diseño de un Componente Estructural

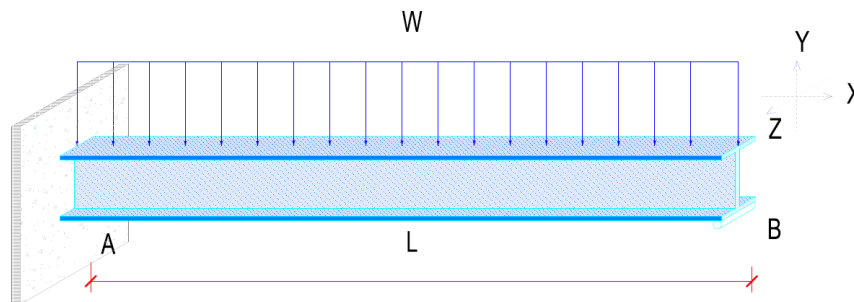


Figura 1. Análisis de caso de aplicación.

El elemento estructural tiene una distancia  $L$  del punto  $A$  al punto  $B$ . Por análisis estático

$$A_y = WL - B_y \quad (1)$$

$$M_A = \frac{WL^2}{2} - B_y L \quad (2)$$

De la misma manera, determinaremos el momento  $M_x$  y las reacciones  $R_x$  en función de

$$R_x = Wx - A_y \quad (3)$$

$$M_x = -M_A + A_y x - \frac{(Wx)x}{2} \quad (4)$$

Dado que en la determinación de una función de esfuerzos  $f(s)$  y una función de resistencia  $f(S)$  estamos analizando el ambiente bajo el cual el producto opera, entonces, es necesaria la determinación de los esfuerzos normales que actúan en la sección transversal. En el siguiente apartado se determinarán las características principales de un caso de aplicación y la selección de las características del componente estructural.

### 2.1 Generalidades del Diseño Estático

Primero, como caso de aplicación tenemos una viga tipo W con una carga uniformemente distribuida  $W$ , la cual en uno de sus extremos se encuentra de manera empotrada y en el otro extremo se encuentra simplemente apoyada como se muestra en la **Figura 1**.

determinaremos sus reacciones en sus puntos de apoyo  $A_y$  y  $B_y$  de la siguiente manera

una longitud  $x$  en donde tendremos las siguientes expresiones:



Aquí, substituiremos la Ecuación 1 y la Ecuación 2, en la Ecuación 4:

$$M_x = -\frac{WL^2}{2} + B_y L + WLx - B_y x + \frac{(Wx)x}{2} \quad (5)$$

Debido a que este problema es indeterminado y las ecuaciones del análisis no son suficientes para

la solución del problema, basado en el método de doble integración tenemos el siguiente análisis:

$$EI \frac{d^2 v}{dx^2} = -\frac{WL^2}{2} + B_y L + WLx - B_y x + \frac{(Wx)x}{2} \quad (6)$$

Donde  $I$  es el momento de inercia de la sección transversal y  $E$  es el módulo de elasticidad.

Desarrollando la primera integración tenemos la siguiente expresión:

$$EI \frac{dv}{dx} = -\frac{WL^2}{2} x + B_y Lx + \frac{1}{2} WLx^2 - \frac{1}{2} B_y x^2 + \frac{1}{6} Wx^3 + C_1 \quad (7)$$

En el análisis en el punto  $A$  no tenemos deflexión y pendiente, debido a este análisis tenemos la siguiente expresión:

$$EI \frac{d^2 v}{dx^2} = 0 \quad (8)$$

$$EI \frac{dv}{dx} = 0 \quad (9)$$

Además, debido a que en el punto  $A$  no tenemos deflexión y ángulo de deflexión, entonces tenemos que las constantes de integración  $C_1 = 0$

y  $C_2 = 0$ , así, la Ecuación 7 se puede escribir de la siguiente manera:

$$0 = -\frac{WL^2}{2} x + B_y Lx + \frac{1}{2} WLx^2 - \frac{1}{2} B_y x^2 + \frac{1}{6} Wx^3 \quad (10)$$

De este análisis podemos deducir que:

$$B_y = \frac{3}{8} WL \quad (11)$$

Sustituimos la Ecuación 11 en la Ecuación 1 y tenemos que:

$$A_y = \frac{5}{8} WL \quad (12)$$

Además, sustituimos la Ecuación 11 en la Ecuación 2 para obtener la siguiente expresión:

$$M_{Max} = M_A = \frac{1}{8} WL^2 \quad (13)$$

De la Ecuación 3 sustituimos la Ecuación 12, además, la fuerza cortante  $R_x = 0$  en el punto de

máxima concentración de esfuerzos, entonces tenemos la siguiente expresión:



$$0 = Wx - A_y \tag{14}$$

Donde:

$$x = \frac{5}{8} \tag{14.1}$$

En esta sección, basado en el análisis estático del componente estructural se determinaron las características más importantes para el análisis de los esfuerzos de un elemento estructural. Por otro lado, para validar la selección de un elemento estructural utilizaremos el método LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Estas especificaciones aplicables se basan en el estado límite de resistencia y la capacidad de carga del elemento estructural [20]. A la vez, esta revisión incluye resistencias plásticas, de pandeo, fractura y por fuerza cortante [21]. Así, debido a que es necesario determinar las características del material a utilizar, el material

seleccionado es ASTM-A572 el cual presenta un límite de fluencia de  $f_y=50,000 \text{ psi}$  [22].

Así, basado en la normatividad AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), se determinará una deflexión máxima permitida  $\Delta_{max}$ , en donde se hará una comparativa con la deflexión máxima calculada del elemento estructural seleccionado  $\delta_{max}$ . Para la selección del elemento estructural las variables  $\Delta_{max}$  y  $\delta_{max}$  deberán cumplir la siguiente condición:

$$\delta_{max} \leq \Delta_{max} \tag{15}$$

Donde  $\Delta_{max}$  permitido es:

$$\Delta_{max} = \frac{L \text{ (in)}}{360} \tag{15.1}$$

Entonces, basado en la metodología de Gere (2001), el desplazamiento máximo  $\delta_{max}$  se calcula de la siguiente manera:

$$\delta_{max} = \frac{WL^4}{184.6EI} \tag{16}$$

Basado en la fórmula 16, la determinación del momento de inercia con respecto al eje  $x$  del

elemento que estamos analizando se calcula con la siguiente expresión:

$$I_x = \frac{WL^4}{184.6E\Delta_{max}} \tag{17}$$

De aquí, basado en AISC (1999), se deduce que se debe cumplir la siguiente condición:

$$I_x \text{ diseño} \leq I_x \text{ especificación} \tag{17.1}$$

Una vez que seleccionamos el elemento estructural en base a las necesidades del caso de

aplicación, determinaremos los esfuerzos normales del elemento estructural.

2.2 *Determinación de Esfuerzos Normales*  
 ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ )

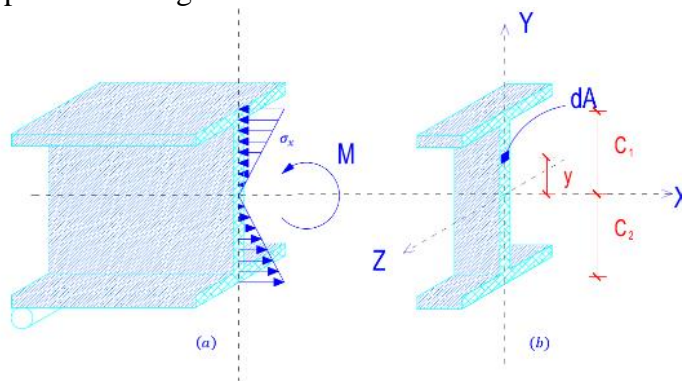
En ese mismo sentido, el análisis de esfuerzos normales es posible a través de la deflexión generada debido a las cargas aplicadas. Además, si estas cargas finales aplicadas son variantes, la deflexión es variante con respecto a la carga aplicada. En consecuencia, los esfuerzos determinados serán variantes. Por otro lado, dada la presencia de deflexión, los esfuerzos normales estarán presentes en el análisis mecánico, por lo

$$\sigma_x = -\frac{My}{I} \tag{18}$$

Donde  $M$  es el momento en el punto que se está analizando. De igual manera, en la **Figura 2** podemos apreciar una representación gráfica de

que la presencia del esfuerzo cortante nos lleva a una determinación exacta de esfuerzos normales mediante la teoría de su matriz de tensor de tensiones [8]. En ese mismo sentido, cuando un elemento está a deflexión se generan esfuerzos normales internos de flexión y de compresión, si analizamos un diferencial de área  $dA$  de la sección se produce un momento con respecto del eje neutral, la sumatoria de cada uno de estos diferenciales de momento a lo largo de toda la sección transversal nos da como resultado la llamada fórmula de la flexión:

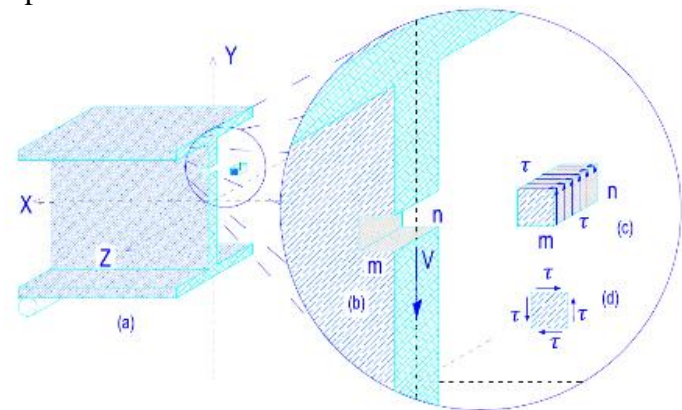
cómo es tomado un diferencial de área  $dA$  para la determinación de los momentos internos.



**Figura 2.** Esfuerzos actuantes en la sección transversal de una viga.

Esta generalización de metodologías de esfuerzos internos nos lleva a importantes deducciones para la determinación de los esfuerzos cortantes que se pueden analizar en un

diferencial de longitud  $dx$  como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 3.** Análisis de esfuerzos en diferencial de espesor de una viga

Por esto, las metodologías de mecánica de materiales coinciden en un análisis de los esfuerzos diferenciales que ocurren de acuerdo a

$$\tau = \frac{VQ}{Ib} \quad (19)$$

Donde  $V$  es la fuerza cortante aplicada en el punto analizado,  $Q$  es el diferencial de momento con relación al diferencial de área de la sección transversal y  $b$  es el espesor del componente analizado. Esta fórmula de esfuerzos cortantes ha

$$I_z = \frac{t_w h^3}{12} + \frac{bt_f h^3}{2} \quad (20)$$

Donde  $t_w$  es el espesor del alma,  $t_f$  es el espesor de la base y  $h$  es la altura de la viga. Así, en vigas

$$\tau_{max} = \left( \frac{bt_f}{t_w} + \frac{h}{6} \right) \frac{h^2 t_w W}{2I_z} \quad (21)$$

Por otro lado, basado en el análisis de Ugural (2011), para aproximación de esfuerzos normales, la determinación del esfuerzo normal  $\sigma_y$  se puede analizar en la siguiente figura en

este diferencial  $dx$  seccionado [7, 8, 23]. De este análisis, se obtiene la fórmula de esfuerzos cortantes:

siendo desarrollada para determinar esfuerzos cortantes en vigas tipo W, donde primero es necesario determinar el momento de inercia de la siguiente manera:

tipo W el esfuerzo cortante máximo lo obtendremos a partir de la siguiente expresión:

donde se analiza el esfuerzo normal en un diferencial de  $dh$  del elemento estructural. En la siguiente figura veremos la descomposición gráfica de este análisis.

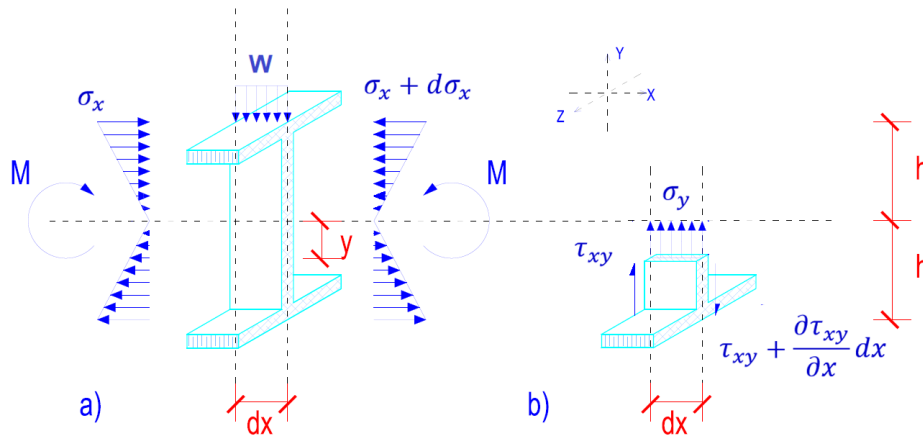


Figura 4. Análisis de esfuerzos en diferencial de espesor de una viga.

Así, partiendo de la aproximación de Ugural-Da Silva [9, 10], para elementos estructurales con sección rectangular  $b \times h$ , el análisis del esfuerzo

$$\sigma_y \cdot b dx = \int_{-b/2}^{b/2} \int_y^h \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} dx \cdot dy dz \quad (22)$$

normal  $\sigma_y$ , lo haremos en base a la siguiente expresión:

De esta expresión se puede deducir que:

$$\sigma_y = \int_y^h \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} dy \quad (23)$$

Además, debido a que:

$$\tau_{xy} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} \quad (24)$$

Consecuentemente, sustituyendo la Ecuación 22, se deduce la siguiente expresión:

$$\sigma_y = \int_y^h \left( \frac{bt_f}{t_w} + \frac{h}{6} \right) \frac{h^2 t_w W}{2I_z} dy \quad (25)$$

Después de desarrollar la Ecuación 25, como resultado tenemos la siguiente expresión:

$$\sigma_y = \left( \frac{6bt_f + ht_w}{12I_z} \right) (h^3 W - h^2 W y) \quad (26)$$

Así, con esta fórmula es posible modelar el esfuerzo  $\sigma_y$  a través de la sección transversal en un punto determinado de la longitud del componente. A continuación, se presenta el análisis de los esfuerzos principales.

### 2.3 Determinación de Esfuerzos Principales

Previamente analizados los esfuerzos normales ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) es posible determinar los esfuerzos

$$\sigma_\mu = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \quad (27.1)$$

Igualmente, el esfuerzo alternante  $\sigma_a$  se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \quad (27.2)$$

Además, los esfuerzos principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  se determinan a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_1 = \sigma_\mu + \sqrt{\left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (28)$$

$$\sigma_2 = \sigma_\mu - \sqrt{\left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (29)$$

principales mediante la metodología de Mohr [23]. Así, para ejemplificar estos esfuerzos, de acuerdo la siguiente fórmula podemos obtener el esfuerzo medio  $\sigma_\mu$  y el rango de esfuerzos generado por la presencia del esfuerzo cortante  $\tau_{xy}$  generado a partir de los esfuerzos normales, así el esfuerzo medio  $\sigma_\mu$  se calcula de la siguiente manera:





Asimismo, la tensión tangencial máxima se determina con la siguiente fórmula:

$$\tau_{xy} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (30)$$

Más aun, la necesidad de un análisis probabilístico para determinar las características a las que se someterá durante su operación basada en los esfuerzos principales, se presenta en el siguiente apartado.

### 3. Caso de aplicación

En esta sección desarrollaremos el procedimiento de selección de un elemento estructural, determinaremos sus esfuerzos normales ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) y se realizará un análisis

en comparación con la metodología actual de determinación de esfuerzos.

#### 3.1 Diseño estático y selección del elemento estructural

Primero determinaremos las características generales del caso de aplicación, basado en la **Figura 1** que representa nuestro caso de aplicación, así, determinaremos las cargas aplicadas que existen sobre este elemento en la **Figura 5**.

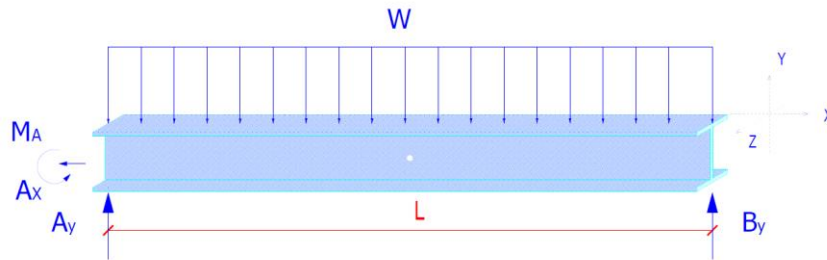


Figura 5. Caso de aplicación.

De este caso propuesto, tenemos que  $L=29.53 \text{ ft}$   $W=3,083.48 \text{ Lb/ft}$ . Sustituimos los datos en la Ecuación 12, tenemos que  $A_y= 56,904.76 \text{ Lb}$ . De la misma manera, sustituimos los datos en la Ecuación 11 para obtener  $B_y= 34,142.86 \text{ Lb}$ . Para la selección de un elemento estructural utilizaremos el momento máximo calculado en el punto A, utilizando la Ecuación 13,  $M_A= 336,051.76 \text{ Lb-ft}$ .

En ese mismo sentido, considerando que elegimos diseñar sobre una viga tipo W y basado en la normatividad AASHTO, en la Ecuación 15.1 la deflexión máxima permitida es  $\Delta_{max}=0.98 \text{ in}$ . Por otro lado, basado en el método LRFD, el momento de inercia de la sección transversal de la Ecuación 17 es  $I_x = 768.70 \text{ in}^4$ . Una vez realizado este cálculo, el

momento de inercia de especificación de una viga tipo W18X50 es de  $I_x = 768.70 \text{ in}^4$ , por lo que este elemento lo seleccionaremos en esta primera iteración de cálculo.

Como puede observarse, es necesario agregar el peso de la viga al análisis final, por consecuencia, de la selección W 18X50, agregaremos  $50 \text{ Lb/ft}$  a la carga W. Así, nuestro nuevo valor de  $W=3,133.48 \text{ Lb/ft}$ . De la misma manera  $A_y= 57,827.50 \text{ Lb}$  y  $B_y= 34,696.50 \text{ Lb}$ . Luego  $M_A= 341,500.98 \text{ Lb-ft}$ .

Debido al resultado del cambio de W,  $I_x = 768.70 \text{ in}^4$ , consecuentemente se cumple la condición de la Ecuación 17.1, el elemento seleccionado de este caso de aplicación es W18X50. Hasta aquí, se calcularon todas las características principales

del componente estructural, además, basado en el método LRFD se seleccionó un elemento estructural. En la siguiente sección se determinarán los esfuerzos principales de un elemento estructural.

### 3.2 Esfuerzos Principales

Dado a que un elemento que se somete a cargas siempre se deflexionará, entonces, es posible el análisis de esfuerzos normales ( $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ) basado en el análisis de la deflexión elástica. Así, en el cálculo de la Ecuación 18, la determinación del esfuerzo normal  $\sigma_x = 42,634.33 \text{ psi}$ . De la misma manera, basado en la Ecuación 21, el esfuerzo cortante resultante en la sección transversal es  $\tau_{xy} = 261.13 \text{ psi}$ . Además, después del desarrollo de la fórmula  $\sigma_y$ , basado en la Ecuación 26  $\sigma_y = 4,700.22 \text{ psi}$ .

De la misma forma, la determinación de los esfuerzos principales ( $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{xy}$ ) basados en el cálculo de los esfuerzos normales se da de la siguiente manera; la determinación del esfuerzo medio  $\sigma_\mu$  y el esfuerzo alternante  $\sigma_a$  basado en la Ecuación 27.1 y 27.2 respectivamente, es  $\sigma_\mu = 23,667.12 \text{ psi}$  y  $\sigma_a = 23,667.12 \text{ psi}$ ; así, los esfuerzos principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  a través de las Ecuación 28 y 29 respectivamente son,  $\sigma_1 = 42,336.13 \text{ psi}$  y  $\sigma_2 = 4,698.42 \text{ psi}$ ; basado en la Ecuación 30, el esfuerzo tangencial  $\tau_{xy} = 18,968.85 \text{ psi}$ .

### 3.3 Comparación con Metodologías

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la metodología actual en comparación con la determinación del esfuerzo normal  $\sigma_y$  basado en el caso de aplicación.

**Tabla 1.** Comparativa de análisis de esfuerzos normales y esfuerzos principales.

	Metodología Actual	Caso de Aplicación
Esfuerzos normales $\sigma_x$	42,634.33	42,634.33
$\sigma_y$	<b>No significativo</b>	<b>4,700.22</b>
$\tau_{xy}$	261.12	261.12
Esfuerzos principales $\sigma_\mu$ ( $S_m$ )	21,317.17	23,667.27
$\sigma_a$ ( $S_a$ )	21,317.17	18,967.06
$\sigma_1$	42,635.93	42,636.13
$\sigma_2$	1.60	4,698.42
$\tau_{xy}$	21,318.76	18,968.85
Análisis de resistencia $S_{ut}$	65,300.00	65,300.00
$S'_e$	32,650.00	32,650.00
$S_e$	16,852.51	16,852.51

Hasta este punto, se determinaron los esfuerzos normales a la sección transversal y los esfuerzos principales de un componente estructural. En el siguiente apartado haremos un análisis de la resistencia del material en función de estos esfuerzos principales.

## 4. Análisis de Resistencia

En esta sección, desarrollaremos el análisis de resistencia de un elemento estructural basado en los esfuerzos principales, para posteriormente determinar un diagrama S-N del caso de aplicación.

#### 4.1 Análisis de Resistencia del Material

Primero, como se mencionó en los apartados anteriores, el material para determinar este caso de aplicación es hierro dúctil grado 50 ASTM A572 el cual su límite de fluencia es  $f_y = 50,000$

$$S'_e = 0.5S_{ut} \tag{18}$$

Debido al proceso de fabricación y montaje de los elementos estructurales, este límite de resistencia  $S_e$  debe de ser modificado por

$$S_e = K_f K_s K_T K_{TM} K_V K_{FS} S'_e \tag{18}$$

Donde el factor de superficie  $K_f = 0.6239$ , el factor de medidas  $K_s = 0.8276$ , el factor de temperatura  $K_T = 1.01$ , el factor de tratamientos mecánicos  $K_{TM} = 1.1219$ , el factor de fatiga  $K_{FS} = 0.95$  y el factor de efectos misceláneos  $K_V = 1.0$ . Es necesario validar la resistencia del material a partir de una teoría de fallas, entonces, en el siguiente apartado determinaremos el caso de aplicación basado en el material seleccionado.

#### 4.2 Aplicación al Análisis de Resistencia

$psi$  y presenta un esfuerzo ultimo de resistencia de  $S_{ut} = 65,300 psi$ . De aquí, la determinación del límite de resistencia experimental  $S'_e$  se da a través de la siguiente formula:

factores de concentración de esfuerzos de la siguiente manera:

Después de las consideraciones anteriores, basado en la teoría de fallas de Goodman para resistencia de materiales, es posible validar la seguridad del componente estructural [3]. Así, utilizando los valores de la **Tabla 1**, dibujamos el área delimitada entre la resistencia límite del material  $S_e$  y la última resistencia antes de la falla  $S_{ut}$ . Después, intersectando el valor del esfuerzo medio  $S_m$  obtendremos un valor de resistencia límite esperado  $S_a$  en donde el componente estructural estará en bajo ciclaje de fatiga. El análisis grafico se muestra en la siguiente figura.

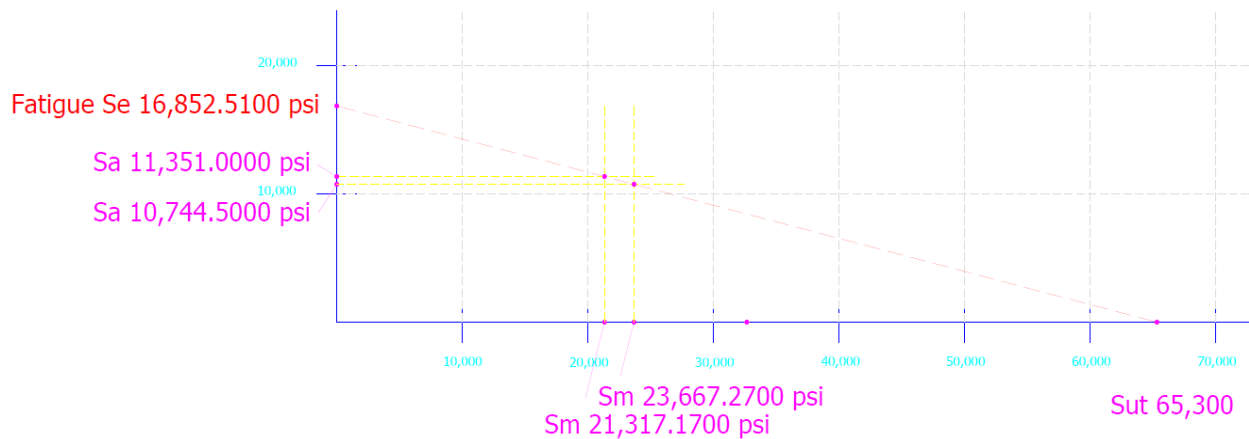


Figura 6. Caso de aplicación.

Consecuentemente, basado en la **Tabla 1** y en la gráfica de la **Figura 6**, podemos observar el valor determinado a partir de la metodología actual  $S_a = 11,351.00 psi$  y el valor determinado a partir del caso de aplicación analizado  $S_a = 10,744.50$

$psi$ . De aquí, podemos apreciar un margen en la relación que existe entre el  $S_a$  calculado de los esfuerzos normales y el  $S_a$  determinado a partir de la teoría de fallas, donde el  $S_a$  determinado de la resistencia representa el esfuerzo máximo

admisibles. Cabe resaltar que, para un diseño de un elemento, nuestro parámetro base resistencia máxima admisible de la metodología actual es de  $S_a = 11,351.00 \text{ psi}$ , cuando realmente deberíamos diseñar bajo  $S_a = 10,744.50 \text{ psi}$ .

Por otro lado, tomando en cuenta el límite de resistencia experimental  $S'_e = 32,500 \text{ psi}$  y el límite de resistencia  $S_e = 16,852.49 \text{ psi}$ , basado en la metodología de Lee (2005) el diagrama S-N se muestra en la siguiente figura.

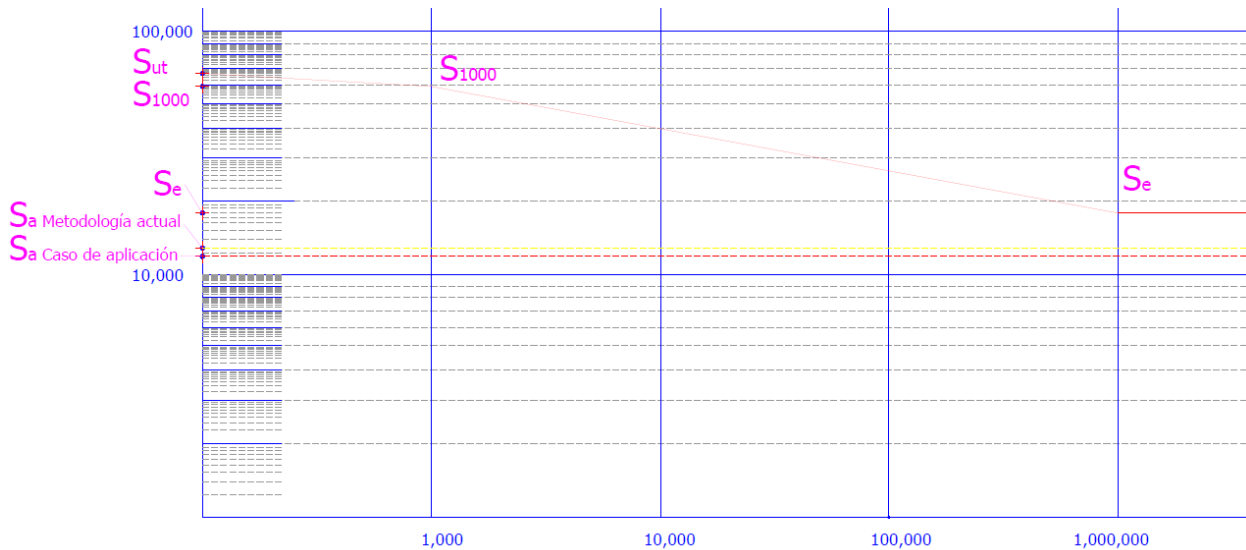


Figura 7. Curva S-N calculada a partir del análisis de resistencia del material.

Como resultado de este caso de aplicación, considerando el enfoque de la metodología actual y del caso de aplicación, se determina que el componente estructural está en zona bajo ciclaje considerando los valores de  $S_a$  determinados.

## 5. Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos de este análisis acerca de los esfuerzos normales  $(\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy})$  se observa que es un campo de investigación abierto a nuevos retos teóricos con el objetivo de determinar la confiabilidad de un componente estructural. En el desarrollo de este análisis, se realizó la determinación de esfuerzos normales a la sección transversal  $(\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy})$ , basado en el desarrollo de la Ecuación 26 para la determinación del esfuerzo normal  $\sigma_y$ . Con los resultados obtenidos, se hizo la determinación de los esfuerzos principales  $(\sigma_1, \sigma_2, \tau_{xy})$  donde se logró realizar un análisis esfuerzo- resistencia a partir de una teoría de fallas. Además, se logró determinar el bajo ciclaje de vida del elemento estructural haciendo una comparativa entre la metodología actual y el caso de aplicación realizado.

Es importante mencionar que, aunque los resultados obtenidos del gráfico de teoría de fallas representa un análisis probabilístico, aun no se define una metodología probabilística para la determinación de la probabilidad de falla de un elemento estructural, donde sea posible aplicar una función de distribución, tanto para los esfuerzos  $f(s)$  como para la resistencia  $f(S)$ . Sin embargo, para la determinación de la confiabilidad de un producto es necesario definir y determinar el medio ambiente bajo el cual opera, es por esto la importancia de la determinación de este esfuerzo normal  $\sigma_y$ . Cabe mencionar que los análisis realizados en esta investigación tienen aplicación directa en fase de diseño de elementos estructurales, por lo que no aplica el análisis de elementos que se encuentran bajo operación.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado, a los que integramos el equipo de investigación en el departamento de Doctorado en Tecnología del Instituto de Ingeniería y Tecnología IIT, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Además, agradecemos a la Universidad Autónoma de Baja California. Se hace una mención especial al director del proyecto de investigación, el Dr. Manuel Román Piña Monarrez y al codirector Servio Tulio de la Cruz Chaidez.

## Referencias

- [1] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, Shigley's mechanical engineering design, vol. 8. McGraw-Hill New York, 2008. [https://books.google.com.mx/books/about/Shigley's\\_Mechanical\\_Engineering\\_Design.html?id=eT1DPgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Shigley's_Mechanical_Engineering_Design.html?id=eT1DPgAACAAJ&redir_esc=y).
- [2] D. Kececioglu, Robust engineering design-by-reliability with emphasis on mechanical components & structural reliability, vol. 1. DEStech Publications, Inc, 2003. <https://doi.org/10.4271/2003-01-0141>.
- [3] Y.-L. Lee, J. Pan, R. Hathaway, and M. Barkey, Fatigue testing and analysis: theory and practice, vol. 13. Butterworth-Heinemann, 2005. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750677196/fatigue-testing-and-analysis>.
- [4] E. Castillo and A. Fernández-Canteli, "A general regression model for lifetime evaluation and prediction," Int. J. Fract., vol. 107, no. 2, pp. 117-137, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1007624803955>.
- [5] M. R. Piña-Monarez, "Weibull stress distribution for static mechanical stress and its stress/strength analysis," Qual. Reliab. Eng. Int., vol. 34, no. 2, pp. 229-244, Dec. 2017. <https://doi.org/10.1002/qre.2251>.
- [6] S. Timoshenko, "Resistencia de Materiales, Segunda Parte." ESPASA-CALPE SA, 1957. <http://cj000528.ferozo.com/cordoba/taller1/DEtaller1timoshendo.pdf>.
- [7] J. M. Gere and S. Timoshenko, "Mechanics of Materials; Brooks," Cole, Pacific Grove, CA, pp. 815-839, 2001. <http://iusnews.ir/images/upfiles/20150313/moghavemat%20masaleh.pdf>.
- [8] M. Cervera Ruiz and E. I. Blanco Díaz, "Mecánica de estructuras." Edicions UPC, 2002. <http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Mec%C3%A1nica%20de%20Estructuras.pdf>.
- [9] A. C. Ugural and S. K. Fenster, Advanced mechanics of materials and applied elasticity. Pearson Education, 2011. [https://books.google.com/books/about/Advanced\\_Mechanics\\_of\\_Materials\\_and\\_Appl.html?id=vLqkydSJ8vEC](https://books.google.com/books/about/Advanced_Mechanics_of_Materials_and_Appl.html?id=vLqkydSJ8vEC).
- [10] V. D. Da Silva, Mechanics and strength of materials. Springer Science & Business Media, 2005. <https://doi.org/10.1007/3-540-30813-X>.
- [11] X.-T. He, P. Xu, J.-Y. Sun, and Z.-L. Zheng, "Analytical solutions for bending curved beams with different moduli in tension and compression," Mech. Adv. Mater. Struct., vol. 22, no. 5, pp. 325-337, 2015. <https://doi.org/10.1080/15376494.2012.736053>.
- [12] J. Liang, Z. Ding, and J. Li, "A probabilistic analyzed method for concrete fatigue life," Probabilistic Eng. Mech., vol. 49, pp. 13-21, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.probengmech.2017.08.002>.
- [13] Q. Guo, X. Guo, J. Fan, R. Syed, and C. Wu, "An energy method for rapid evaluation of high-cycle fatigue parameters based on intrinsic dissipation," Int. J. Fatigue, vol. 80, pp. 136-144, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2015.04.016>.
- [14] S. Ma and H. Yuan, "A continuum damage model for multi-axial low cycle fatigue of porous sintered metals based on the critical plane concept," Mech. Mater., vol. 104, pp. 13-25, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2016.09.013>.
- [15] Y. J. Kim and K. A. Harries, "Fatigue behavior of damaged steel beams repaired with CFRP strips," Eng. Struct., vol. 33, no. 5, pp.

1491-1502, 2011.  
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.01.019>.

[16] J. Huang, M.-L. Pastor, C. Garnier, and X. Gong, "Rapid evaluation of fatigue limit on thermographic data analysis," *Int. J. Fatigue*, vol. 104, pp. 293-301, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2017.07.029>.

[17] A. Molina, M. R. Piña-Monarez, and J. M. Barraza-Contreras, "Stress-Strength Reliability Based Design Analysis to W-beam using a probabilistic approach.," *En proceso publicación*, 2019.

[18] J. Xu, M. Huo, and R. Xia, "Effect of cyclic plastic strain and flow stress on low cycle fatigue life of 316L (N) stainless steel," *Mech. Mater.*, vol. 114, pp. 134-141, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2017.07.014>.

[19] X. Gao, R. H. Dodds Jr, R. L. Tregoning, and J. A. Joyce, "Weibull stress model for cleavage fracture under high-rate loading," *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, vol. 24, no. 8, pp. 551-564, 2001.  
<https://doi.org/10.1046/j.1460-2695.2001.00421.x>.

[20] A. S. Design, "Specification for structural steel buildings," AISC, December, vol. 27, 1999.  
<https://www.aisc.org/Specification-for-Structural-Steel-Buildings-ANSIAISC-360-16-1>.

[21] J. McCormac, *Diseño de estructuras de acero*. Alfaomega Grupo Editor, 2016.  
<https://www.alfaomega.com.mx/default/dise-o-de-estructuras-de-acero-5a-ed-5499.html>.

[22] [Http://www.matweb.com](http://www.matweb.com), "ASTM A570 Steel, grade 50." [Online]. Available: <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?MatGUID=e499c7dc3e9545d1b8a3766dcffd6139&ckck=1>.

[23] A. C. Ugural, *Mechanical Design: An Integrated Approach*. McGraw-Hill/Higher Education, 2004.  
<https://www.pearson.com/store/p/machine-design-an-integrated-approach/P100002946749>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:*

*Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciente o lo recibe por el uso que hace de la obra.*

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)



# Analítica de la Web y Medios Sociales para la Evaluación de Marketing Digital en PyMEs

## *Web Analytics and Social Media for the Evaluation of Digital Marketing in PyMEs*

Gutiérrez Chávez Karla Michell<sup>1</sup> , Candolfi Arballo Norma<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Calzada Universidad 14418 Parque Industrial, C.P. 22390. Tijuana, Baja California, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Unidad Valle de las Palmas. Blvd Universidad #1000, Tijuana. Baja California, México.

**Autor de correspondencia:** Gutiérrez Chávez Karla Michell, Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Calzada Universidad 14418 Parque Industrial Tijuana, B.C., C.P. 22390, [michell.gutierrez@uabc.edu.mx](mailto:michell.gutierrez@uabc.edu.mx).

**Recibido:** 2 de Mayo del 2019 **Aceptado:** 13 Octubre del 2019 **Publicado:** 4 de Noviembre del 2019

**Resumen.** - *En la última década, el surgimiento de la industria 4.0 ha incrementado el uso de sitios web, plataformas de medios sociales y big data como estrategias digitales de mercadeo por parte de las compañías, con el propósito de obtener información oportuna sobre sus consumidores; por lo anterior, la presente revisión sistemática de la literatura tiene como objetivo principal analizar la aplicación de dichas estrategias en el sector de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs). La literatura seleccionada para elaborar la revisión tiene vigencia de los últimos cinco años, en mayor medida artículos de investigación científica de revistas afiliadas a bases de datos distinguidas, publicaciones editoriales y en una pequeña parte, artículos de literatura gris. El proceso de búsqueda se centra en la aplicación de operadores booleanos con combinaciones de las palabras clave. Se eligieron aquellos artículos que cumplieran con los criterios de inclusión y se excluyeron aquellos que diferían demasiado de la línea de investigación seleccionada.*

**Palabras Clave:** Pequeñas y Medianas Empresas; Big Data; Marketing Digital; Evaluación de estrategias de Marketing; Medios sociales.

**Abstract.-** *In the last decade, the emerge of the industry 4.0 have been increasing the use of the web, platforms of social media, and the big data as digital strategy of marketing by companies, with the purpose of obtain information appropriate about their users; for that, the following revision has the principal objective of analyze the application of these strategies in the section of small and medium enterprises. The literature selected to elaborate the revision has validity from the last five years, the majority articles of scientific investigation from magazines affiliates to important databases, editorial publication and the minority from literature articles. The research process it is centered in the application of Boolean operators combining the keywords. The articles that were chosen were the ones that satisfy the inclusion criteria and the ones whom differ with the criteria were excluded.*

**Keywords:** Small and Medium Enterprises; Big Data; Digital Marketing; Marketing Strategy Evaluation; Social Media.





## 1. Introducción

En los últimos años el surgimiento de la Industria 4.0 y el auge del big data han permeado diferentes áreas del conocimiento, entre ellas el área de mercadotecnia, propiciando estrategias digitales en el mercado como lo son el desarrollo y alojamiento de páginas web, foros de debate, e-mail marketing, blogs, marketing viral, la implementación de plataformas de medios sociales; entre otros, con la finalidad de que las organizaciones adquieran posicionamiento y promoción en el universo digital, logrando agregar valor a sus productos y/o servicios.

Entre los sectores productivos que han sido impactados por las tecnologías de la información, se encuentran las pequeñas y medianas empresas (PyMES), como demuestra un estudio que afirma que el uso de dichas tecnologías tienen efectos positivos en ellas [1] que, la tecnología de redes sociales parece ser particularmente beneficiosa para un mejor posicionamiento estratégico, el cual implica situar una empresa en las primeras opciones del público objetivo para que este efectúe una compra [2]; así mismo, el uso de las redes sociales permite las Pequeñas y Medianas Empresas crear reconocimiento de su marca y desarrollo de campañas de marketing con un presupuesto limitado [3]. Por lo anterior, la evaluación de estrategias de marketing digital, las plataformas de medios sociales y el big data son los términos centrales de esta Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), con los cuales se tiene como objetivo principal analizar su aplicación en el ámbito del sector productivo.

En primera instancia los alcances de esta Revisión Sistemática de la Literatura se encuentran delimitados al sector productivo anteriormente mencionado, ya que la versatilidad y fácil adaptación al cambio de las PyMES lo hace un factor importante debido a los retos digitales que actualmente se viven; por otro lado, dentro de las limitaciones de este estudio, una de ellas es que se centra únicamente en el impacto que tienen las tecnologías en las PyMES y no en otros sectores productivos como las microempresas o las grandes empresas, por lo que no se puede mostrar un análisis global o total del problema en cuestión.

Las revisiones sistemáticas de la literatura tienen una amplia aplicación dentro del ámbito de la salud. Debido a su estructura tan bien definida, su rigurosa metodología, altas probabilidades de que los resultados que se presenten posteriormente a su realización sean menos sesgados, sus criterios de exclusión e inclusión de artículos, son unas de las tantas razones por las cuales puede emplearse en diversas áreas del conocimiento, como es el caso de este estudio en particular.

El presente artículo de investigación se divide en cinco apartados, en el primero titulado “Metodología de la revisión”, se exponen los criterios de búsqueda de artículos; en el segundo, se presentan los resultados de la revisión conforme a los artículos obtenidos; en el tercero, se agregan las conclusiones generales; en el cuarto los agradecimientos y por último las referencias citadas.

### 1.1 *Objetivo de la Revisión*

El objetivo de la presente Revisión Sistemática de la Literatura es evaluar el uso de las estrategias de marketing digital, de plataformas de medios sociales y big data aplicadas en el sector empresarial de las Pequeñas y Medianas empresas.

### 1.2 *Preguntas de investigación*

Esta revisión se centra en la evaluación de las estrategias mercadológicas en el ámbito de las Pequeñas y Medianas Empresas con el objetivo de proporcionar respuestas pertinentes y objetivas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los indicadores utilizados en la medición de efectividad de las estrategias de marketing digital en PyMEs?
- ¿Cuál es la importancia de las plataformas de medios sociales y el big data como herramientas para desarrollar el marketing en PyMEs?
- ¿Cuáles son las estrategias de marketing digital implementadas en las PyMEs?

## 2. Metodología



La presente Revisión Sistemática de la Literatura se basa en la revisión de artículos de investigación que han sido publicados en un periodo comprendido entre los años 2014 y 2019, con el propósito principal de que la información obtenida sea únicamente la más reciente, actualizada y enfocada con carácter prioritario dentro las áreas del conocimiento de mercadotecnia, redactado en idioma inglés, ni tipo de metodología utilizada, es decir puede ser de tipo cualitativo, cuantitativo o mixto. Con el objetivo de lograr la integración de dicha revisión, al inicio de la misma se establecieron algunas condiciones necesarias para la recopilación de artículos, las cuales se consideran como los criterios de inclusión y exclusión, dichos criterios guiaron la búsqueda de los artículos susceptibles de análisis. Una delimitación importante fue la de considerar exclusivamente trabajos de investigación publicados en revistas científicas, mismas que debían contar con el requisito de estar afiliadas a bases de datos reconocidas, de las cuales se seleccionaron las siguientes: ELSEVIER, Emerald Insight, SCOPUS, Springer y Wiley.

En relación con los criterios de búsqueda, los términos o palabras clave consideradas en el proceso de selección fueron: *big data*, *medios sociales*, *marketing digital* y *evaluación*. Cabe mencionar que se utilizaron los operadores booleanos para aplicar estos criterios en cada base de datos específicamente de la siguiente manera: “big data” OR “medios sociales” + “marketing digital” + “evaluación”. Se leyeron los resúmenes de cada artículo para encontrar relación con los objetivos de la revisión, de tener dicha relación los artículos eran seleccionados.

Una vez obtenidos los artículos se rescató información relevante de ellos, tales como el título de la publicación, nombres de autor o autores, nombre de la revista, año de publicación, volumen y número, base de datos de la cual se obtuvo, número de páginas, área del conocimiento en la que se encuentra el estudio, palabras clave, justificación, objetivo principal, metodología y resultados.

### 3. Resultados de la revisión

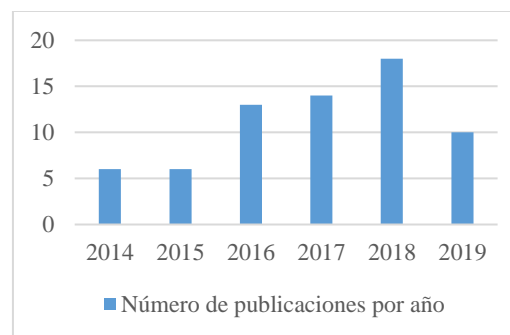
El avance de la presente Revisión Sistemática de la Literatura arrojó los siguientes resultados: la

sumatoria total de los artículos encontrados en la base de datos ELSEVIER fueron 220,030 de los cuales se seleccionaron 20, en Emerald Insight se encontraron 2,083 y se eligieron 21, en SCOPUS 1,791 y se seleccionaron 10; Springer, 3,208 y se seleccionaron 3, y por último, en la base de datos Wiley se encontraron 3,414 y se seleccionaron 13, sumando en total de 67 artículos seleccionados (Tabla 1).

**Tabla 1.** Número de publicaciones por bases de datos

Bases de Datos	No. de Publicaciones	Total, Seleccionadas
ELSEVIER	220, 030	20
Emerald Insight	2, 083	21
SCOPUS	1, 791	10
Springer	3, 208	3
Wiley	3, 414	13

Con respecto a los años de publicación de los archivos seleccionados se destaca el año 2018 con un total de 18 artículos, seguido del 2017 con 14 artículos, 2016 con 13, 2019 con 10 publicaciones y por último los años 2014 y 2015 con 6 publicaciones cada uno. Cabe mencionar que en el año 2019 se proyecta una mayor publicación de artículos, ya que la revisión tiene como referencia de plazo de búsqueda Enero 2014- Abril 2019 (Figura 1).



**Figura 1.** Número de publicaciones por año.

#### 3.1 Razones de exclusión

Los artículos restantes fueron excluidos ya que la línea de investigación a la que pertenecían difería mucho a la correspondiente a la revisión, abordaban temáticas de gamificación, influenciadores sociales, estudios biométricos, salud pública, implicaciones



jurídicas del uso de datos, acoso por internet, internet de las cosas, aprendizaje automático, predicción de comportamiento de audiencias y realidad aumentada.

### 3.2 Principales hallazgos

Entre los hallazgos de los artículos seleccionados que cuentan con una estrecha relación con el objetivo de dicha revisión se encuentran que a tecnología digital tiene un enorme impacto en las capacidades de marketing de las PyMES afirmando que las capacidades de gestión y los desarrollos tecnológicos ofrecen oportunidades para que las PyMES, logren el crecimiento y la innovación, que se pueden entregar a través de mayores recursos, y ayudarlas para atraer y retener más clientes [4].

En relación con la evaluación de las plataformas de medios sociales se ofrecen marcos con etapas para guiar dicha evaluación las cuales son establecer objetivos de evaluación, identificar indicadores clave de rendimiento (KPI), identificar métricas, datos recopilación y análisis, generación de informes y toma de decisiones de gestión [5].

## 4. Conclusiones

La mayoría de los artículos se encuentran en el área del conocimiento de mercadotecnia como era de esperarse, sin embargo también hubo algunos que se centraban en el área de informática, negocios y administración de empresas, lamentablemente un porcentaje menor se encontraban estrechamente relacionadas con la aplicación del big data en el marketing digital, por lo que se sugiere se desarrollen investigaciones sobre este rubro para contestar algunas preguntas sobre ¿Qué relación

tiene el big data con la mercadotecnia? , ¿El big data funciona como herramienta para ofrecer soluciones a problemas relacionados con el marketing digital en PyMES?

## Referencias

- [1] R. Oliva, K. Carvajal, and A. Cataldo, "Impacto de TI en las pequeñas y medianas empresas ¿es su efecto moderado por la intensidad de uso de TI de la industria?," J. Technol. Manag. Innov., vol. 13, no. 2, pp. 82-93, 2018. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242018000200082>.
- [2] J. R. A. Ndiege, "Social media technology for the strategic positioning of small and medium-sized enterprises: Empirical evidence from Kenya," Electron. J. Inf. Syst. Dev. Ctries., vol. 85, no. 2, pp. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.1002/isd2.12069>.
- [3] S. Z. Ahmad, N. Ahmad, and A. R. Abu Bakar, "Reflections of entrepreneurs of small and medium-sized enterprises concerning the adoption of social media and its impact on performance outcomes: Evidence from the UAE," Telemat. Informatics, vol. 35, no. 1, pp. 6-17, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.006>.
- [4] P. Foroudi, S. Gupta, A. Nazarian, and M. Duda, "Digital technology and marketing management capability: achieving growth in SMEs," Qual. Mark. Res., vol. 20, no. 2, pp. 230-246, 2017. <https://doi.org/10.1108/QMR-01-2017-0014>.
- [5] B. J. Keegan and J. Rowley, "Evaluation and decision making in social media marketing," Manag. Decis., vol. 55, no. 1, pp. 15-31, 2017. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2015-0450>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:*

*Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.*

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)



# Análisis de capacidad de una institución de educación superior de Baja California

## *Capacity analysis of a Baja California higher education institution*

Amaya Parra Guillermo , Flores Amador Julieta 

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Manuel Díaz H. No. 518-B Zona Pronaf Condominio, 32315 Cd Juárez, Chihuahua, México.

**Autor de correspondencia:** Guillermo Amaya Parra, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Manuel Díaz H. No. 518-B Zona Pronaf Condominio, 32315 Cd Juárez, Chihuahua, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5375-1092>. E-mail: [al164658@alumnos.uacj.mx](mailto:al164658@alumnos.uacj.mx).

**Recibido:** 2 de Mayo del 2019

**Aceptado:** 13 Octubre del 2019

**Publicado:** 4 de Noviembre del 2019

**Resumen.** - Las necesidades del sector productivo son cada vez más estrecha a los desarrollos que se pueden desarrollar en la academia. Esta última muestra un avance es su infra estructura en función a las demandas y en el desarrollo del capital humano, la profesionalización lleva a buscar tener mejores docentes e investigadores lo cual lleva a entrar en lo que solicitan las instituciones de gobierno como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México que es quien mide la capacidad de los docentes que generan investigación la cual puede ser aplicada en los sectores productivos. El presente trabajo busca ilustrar cual es la capacidad que tiene una universidad a través de su infraestructura académica para poder vincularse con el sector productivo en función de sus desarrollos y productos académicos y científicos, se identificaran indicadores institucionales y su evolución con el paso del tiempo lo cual indica que la institución podrá estar lista para poder atender las necesidades del sector productivo.

**Palabras clave:** Vinculación; Sector productivo; Academia.

**Abstract.** - The needs of the productive sector are increasingly closer to the developments that can be developed in the academy. The latter shows an advance in its infra structure according to demands and in the development of human capital, professionalization leads to seek to have better teachers and researchers which leads to enter what is requested by government institutions such as the National Council of Science and Technology (CONACYT for its acronym in Spanish) in Mexico that is the one who measures the capacity of teachers who generate research which can be applied in the productive sectors. The present work seeks to illustrate what is the capacity of a university through its academic infrastructure to be able to link with the productive sector based on its developments and academic and scientific products, institutional indicators and their evolution over time will be identified. which indicates that the institution may be ready to meet the needs of the productive sector.

**Keywords:** Linkage; Productive sector; Academy.



## 1. Introducción

El nuevo enfoque de la industria gira en el desarrollo de productos globales, para lo que se requiere de una nueva forma de pensar y de un rediseño del tejido industrial, donde el factor imperante es la inclusión del conocimiento como insumo de la industria.

“Que la innovación es un fenómeno complejo que involucra la acción coordinada de varios agentes económicos y sociales, tanto públicos como privados” [1]. Esto nos lleva a pensar en el mundo globalizado y las necesidades de evolucionar y considerar en el desarrollo del conocimiento juegan un papel muy importante las Instituciones de Educación Superior (IES) como generadoras del conocimiento y el desarrollo tecnológico. El impacto de las IES en el tejido industrial es doble, primeramente, en la educación hacia este nuevo enfoque emprendedor y creativo y, en segundo término, en la aportación de su conocimiento y capacidades técnicas. Es por ello necesario reforzar los mecanismos de colaboración entre académicos y centros de investigación con el sector industrial.

En función del auge de la economía del conocimiento fundamentada sobre la innovación como componente esencial para el desarrollo económico y regional, los países avanzados han desarrollado estrategias que dinamizan la transferencia de conocimiento del sector académico al sector industrial [2], lo que nos lleva a que la importancia creciente de la transferencia de conocimiento universitaria está para ayudar al sector empresarial a lograr un aumento de las innovaciones y del desarrollo económico y social [3], pero para ello es importante el tener un contacto estrecho entre estos sectores. Dadas las

necesidades que existen en los entornos y el sector productivo se incentivó el desarrollo de las oficinas de vinculación y en algunos casos oficinas de transferencia de tecnología que dan soporte y estructura legal a las investigaciones desarrolladas en las universidades y así puedan ser comercializadas o vinculadas al sector productivo.

Hay diversos actores que intervienen en el desarrollo de la transferencia [4]. Algunos países han resuelto esta situación a través de sus gobiernos impulsando iniciativas de transferencia por medio de la legislación, implantando regulaciones que faciliten dicha transferencia tecnológica de las IES y Centros de investigación hacia las empresas, de las iniciativas que destacan [5]. Un ejemplo de esto pudiera ser El modelo Triple Hélice que indica que la interacción universidad-industria-gobierno es la clave para el desarrollo de mejorar los medios para la innovación en una sociedad basada en el conocimiento. Esto supone que la Institución de Educación adopte un rol dinámico e importante papel como generador constante de nuevo conocimiento y nueva tecnología, dada su función de principal productor de las economías del conocimiento [6, 7].

Pero para llegar a esto es indispensable una infraestructura que no todas las IES asumen, algunas de estas solo trabajan a través de sus áreas de Investigación y Posgrado y de la mano de áreas de vinculación. El presente trabajo presenta y evidencia la necesidad de vincular el conocimiento y desarrollos generados a través de la academia con el sector productivo, esto evidenciado a través de todo el potencial con el que cuenta la



Universidad Autónoma de Baja California evidenciado a través de los indicadores más importantes que tiene en este rubro y en función a como la investigación juega un rol importante en la generación del conocimiento y se requiere de una vinculación eficaz y eficiente con el sector productivo.

## 2. Metodología

“Los Sistemas Nacionales de Innovación son un conjunto de instituciones interrelacionadas; que se componen de aquellos organismos que producen, difunden y adaptan nuevos conocimientos técnicos, ya sean empresas industrias, universidades o agencias gubernamentales” [8], y considerando esto último en cómo se adaptan los conocimientos científicos, técnicos en las empresas fue que se analizó de una manera cuantitativa a través de entrevistas a las áreas de Investigación y Posgrado y Formación Profesional y Vinculación Universitaria, y de búsqueda bibliográfica el cómo la Universidad impacta en su ecosistema de innovación.

Se inició por una búsqueda exploratoria en la página de internet de la UABC encontrando en su portal que “En el periodo rectoral del Arq. Rubén Castro Bojorquéz (1979-1983), se crea la Vicerrectoría Zona Costa y a principios de la década de los noventa, fue creado el Departamento de Investigación y Posgrado, como una entidad auxiliar y de la Dirección General de

Investigación y Posgrado, con sede en la ciudad de Mexicali. Las funciones iniciales se relacionaron con las de una ventanilla de la Dirección General en la Unidad Universitaria Ensenada, para trámites y atención administrativa. El 26 de Julio de 2003, fueron publicadas las modificaciones en el Estatuto General de la UABC, dentro de las cuales se crea la Coordinación de Posgrado e Investigación y desaparece la Dirección General de Investigación y Posgrado [9].

Donde actualmente el campus Ensenada y Mexicali cuentan con 4 personas para atención a todo el campus, un administrativo y para el campus Tijuana cuentan con 3; para los primeros dos campus son dos analistas uno para posgrado y otro para investigación respectivamente además de un jefe de departamento, así como una persona en la recepción, para el caso de Tijuana es lo mismo solo que es un solo analista. Además en la entrevista con el M.C. Eduardo Castro jefe del departamento en Ensenada e información encontrada en el portal de la junta de gobierno de la universidad en su sección de indicadores, se encontró un número importante de Investigadores dentro del Sistema Nacional de Investigación (SNI) (Figura 1) lo que evidencia la capacidad de generar conocimiento, así como una afinidad por trabajar en grupos denominados cuerpos académicos (CA) (Figura 2) lo que refleja el desarrollo de proyectos (Figura 3) en las diversas áreas del conocimiento (Figura 4):

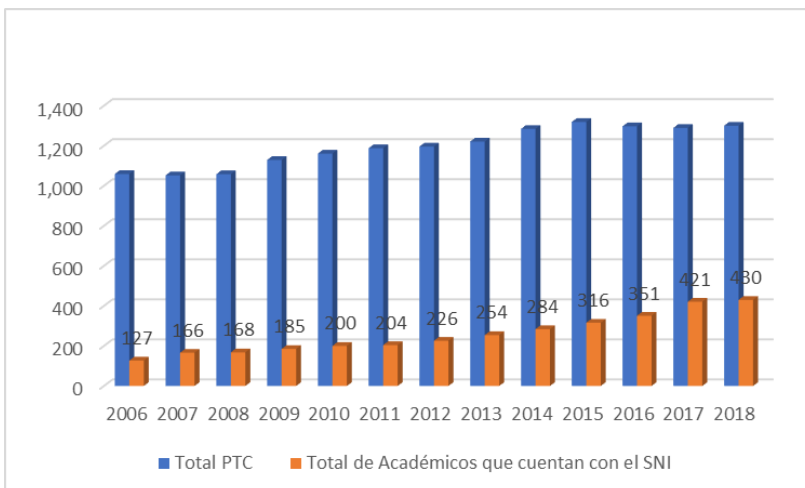


Figura 1. Académicos con el SNI a través de los años (Elaboración propia en base a [10])

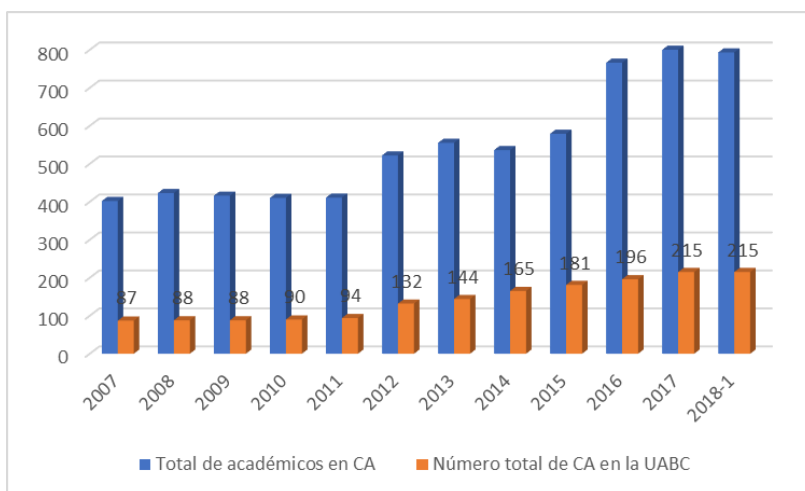


Figura 2. Cuerpos Académicos (CA) por año (Elaboración propia en base a [10] [11]).

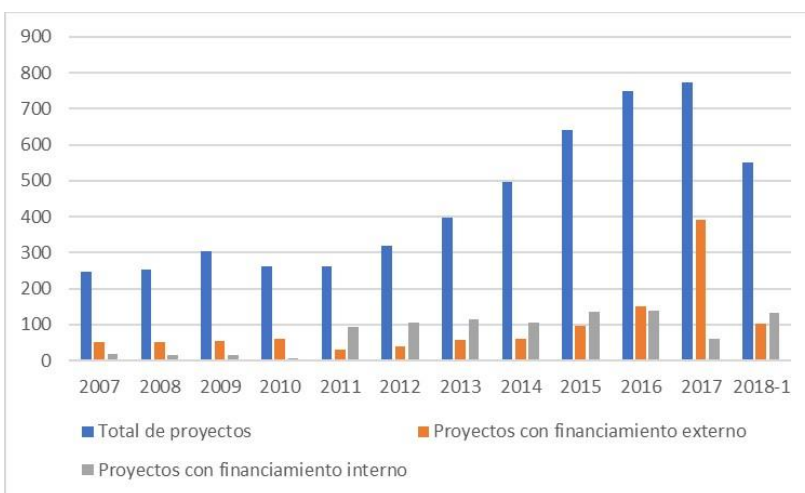


Figura 3. Cantidad de proyectos y tipo de financiamiento (Elaboración propia en base a [10]).

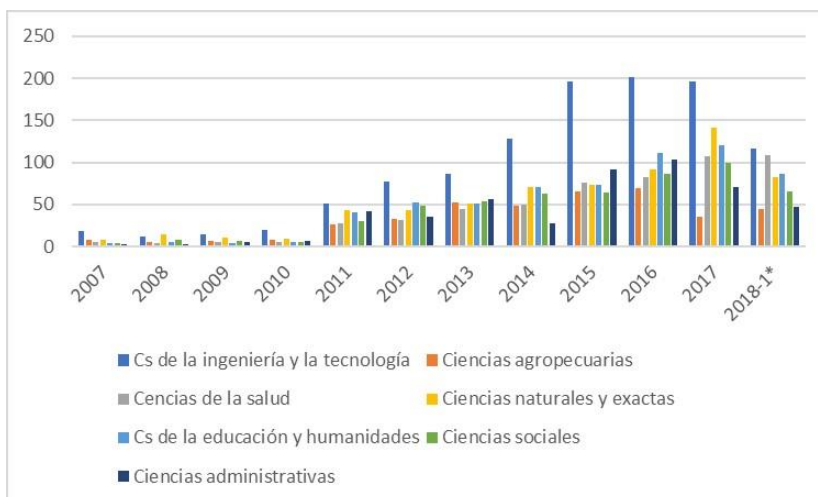


Figura 4. Cantidad de proyectos por área de conocimiento (Elaboración propia en basa a [10]).

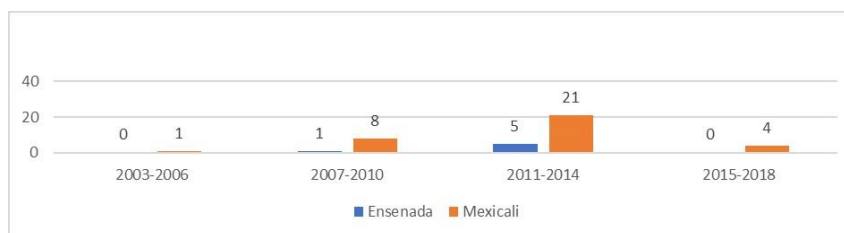


Figura 5. Solicitudes de patente sometidas por campus (Elaboración propia en base a entrevista con responsable del órgano de propiedad intelectual de UABC).

También se buscó identificar la cantidad de publicaciones arbitradas que tienen los investigadores (ver Tabla 1), esto con la finalidad de ver la calidad de las

investigaciones y también se investigó la cantidad de convenios a través del tiempo ver Tabla 2.

Tabla 1. Artículos arbitrados por año. Elaboración propia en base a [10]

AÑO	REVISTAS*	Q4	Q3	Q2	Q1	TOTAL	AÑO	REVISTAS*	Q4	Q3	Q2	Q1	TOTAL
1998	2	26	6	15	14	63	2007	27	29	40	17	30	143
1999	7	24	6	20	9	66	2008	25	42	29	27	24	147
2000	4	23	12	14	8	61	2009	14	47	31	31	37	160
2001	1	28	10	12	11	62	2010	8	58	42	39	26	173
2002	4	23	11	14	14	66	2011	11	66	36	52	46	211
2003	8	28	27	15	15	93	2012	9	73	42	40	32	196
2004	12	30	13	21	17	93	2013	4	92	46	51	31	224
2005	13	29	14	10	18	84	2014	7	78	30	51	44	210
2006	9	27	26	13	30	105	2015*	33	94	63	44	36	270

\*\* Revistas indizadas sin factor de impacto





**Tabla 2.** Cantidad de convenios por año. Elaboración propia en base a [12].

Año	Cantidad de convenios
2013	1
2015	254
2016	251
2017	210
2018	84

### 3. Resultados y Discusiones

Analizando lo encontrado identificamos que se tiene poco personal en la actualidad para atender los temas de investigación y posgrado y no se consideró en este punto el personal que labora en el área de vinculación, solo se consultó en el portal de la coordinación de formación profesional y vinculación universitaria la cantidad de convenios, encontrando que no se tiene un dato histórico y aún no concluye el 2018 mostrando hasta el momento 800 convenios realizados sin tener identificadas las áreas o los tipos de convenios firmados. Se encontró que al 2018 la institución cuenta con 1300 profesores de tiempo completo (PTC) de los cuales solo el 33% del personal esta así, lo que si se detectó es que a pesar de que es bajo el porcentaje de PTC dentro del SNI ha crecido en 12 años 21%.

Se encontró que al 2018 se cuenta con 215 cuerpos académicos evidenciando que ha crecido en 11 años 22.75% lo que lleva a identificar que se han desarrollado proyectos en 7 áreas del conocimiento las cuales son: ciencias de la ingeniería y la tecnología con 116 proyectos, ciencias agropecuarias con 44 proyectos, ciencias de la salud con 109, ciencias naturales y exactas con 83, ciencias de la educación y humanidades con 86, ciencias sociales con 66, ciencias administrativas con 47 proyectos estos datos son en el 2018 dentro del período del semestre que comprende de febrero a agosto. También se tiene trabajo en el tema de propiedad intelectual con 40 solicitudes ingresadas al Instituto Mexicano de

Propiedad Intelectual donde se tienen desde el 2003 a la fecha solo 2 patentes otorgadas a la institución según información proporcionada por el Órgano de Propiedad intelectual.

### 4. Conclusiones

Actualmente la relación o lo que se conoce como vinculación escuela empresa tiene su origen en el sector productivo y el ámbito científico de los países desarrollados y estos han logrado cruzar las fronteras geográficas [13]. Donde la UABC visualiza ese camino y dadas las diversas vocaciones del estado, esta IES busca posicionarse cada vez más en el sector productivo, ya sea por sus líneas de investigación o por el reconocimiento de sus investigadores o estudiantes que despunten en el área productiva. Ya que de acuerdo con [14] “Los científicos de la universidad son los proveedores de innovaciones, en el sentido de que crean nuevos conocimientos mientras llevan a cabo proyectos de investigación”. En palabras de Félix buen rostro [15], “La propiedad intelectual (PI) hoy juega un papel fundamental en el acompañamiento de la innovación, pues permite proteger la creación del intelecto en un instrumento jurídico que, como los mercados de valores, transmiten el valor intangible de la innovación y se consolidan a nivel internacional como moneda de cambio” en áreas de buscar esa protección y según [16] el patentamiento académico y la concesión de licencias pueden generar importantes beneficios sociales, lo cual puede ayudar a generar un vínculo con el sector productivo dado el gran



valor del capital intelectual que tienen a través de su recurso humano. Es importante que la UABC esté en el camino del desarrollo de una cultura en pro de la propiedad intelectual para en un futuro no muy lejano pueda obtener beneficios económicos y poder aprovechar la infraestructura académica con la que cuenta y así el área de vinculación puede seguir estrechando los lazos con el sector productivo en base a sus capacidades mostradas.

## Referencias

[1] G. Dutrénit, M. Capdevielle, J. M. Corona, M. Puchet, F. Santiago, and A. Vera-Cruz, The Mexican national innovation system: structures, policies, performance and challenges, no. 31982. 2010. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/31982/>.

[2] E. S. Olaya, J. Berbegal-Mirabent, and O. Germán Duarte, "Desempeño de las oficinas de transferencia universitarias como intermediarias para la potencialización del mercado de conocimiento.," *Perform. Univ. Transf. Off. as Intermed. Knowl. Mark. Dev.*, vol. 10, no. 1, pp. 155-188, Mar. 2014. <https://doi.org/10.3926/ic.497>.

[3] J. M. Beraza and A. R. Castellanos, "Estructuras de intermediación para la transferencia de conocimiento universitario: las oficinas de transferencia tecnológica," *Prop. Intelect.*, vol. 9, no. 13, pp. 152-176, 2010. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/32591>.

[4] E. M. Pedraza Amador and J. A. Velázquez Castro, "Oficinas de Transferencia Tecnológica en las Universidades como Estrategia para Fomentar la Innovación y la Competitividad: Caso: Estado de Hidalgo, México / Office of Technology Transfer at the University as a strategy to promote innovation and competi," *J. Technol. Manag. Innov. VO* - 8, no. 2, p. 221,

2013. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242013000200018>.

[5] P. H. Phan and D. S. Siegel, "The Effectiveness of University Technology Transfer," *Found. Trends® Entrep.*, vol. 2, no. 2, pp. 77-144, 2006. <https://doi.org/10.1561/0300000006>.

[6] T. González de la Fe, "El modelo de Triple Hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: un análisis crítico," *Arbor*, vol. CLXXXV, no. 738, pp. 739-755, 2009. <https://doi.org/10.3989/arbor.2009.738n1049>.

[7] H. Etzkowitz, "Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations," *Soc. Sci. Inf.*, vol. 42, no. 3, pp. 293-337, Sep. 2003. <https://doi.org/10.1177/05390184030423002>.

[8] J. Niosi, "National systems of innovations are 'x-efficient' (and x-effective): Why some are slow learners," *Res. Policy*, vol. 31, no. 2, pp. 291-302, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00142-1).

[9] D. de P. e I. C. Ensenada, "Universidad Autónoma de Baja California," *Antecedentes*. [Online]. Available: <http://www.ens.uabc.mx/pi/antecedentes.php>. [Accessed: 09-May-2019].

[10] C. de P. e I. Institucional, "Universidad Autónoma de Baja California." [Online]. Available: <http://www.uabc.mx/SistemadeConsulta/>. [Accessed: 12-May-2019].

[11] C. G. de P. e Investigación, "Universidad Autónoma de Baja California." [Online]. Available: <http://cimarron.uabc.mx/prodep.html>. [Accessed: 13-May-2019].



[12] C. G. de F. P. y V. Universitaria, "Universidad Autónoma de Baja California." [Online]. Available: <http://www.uabc.mx/vinculacion/convenios.php>. [Accessed: 17-Jun-2019].

[13] G. Calderón-Martínez, "Artículo: Patentes en Instituciones de Educación Superior en México1," Rev. la Educ. Super., vol. 43, pp. 37-56, Apr. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2014.06.001>.

[14] D. S. Siegel, R. Veugelers, and M. Wright, "Technology transfer offices and commercialization of university intellectual property: performance and policy implications," Oxford Rev. Econ. Policy VO - 23, no. 4, p. 640, 2007. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grm036>.

[15] Buenrostro C.; Alfredo Félix, Propiedad intelectual: su regulación en la universidad pública mexicana. 2017. [https://www.ecorfan.org/proceedings/CDU\\_II/CDUII\\_6.pdf](https://www.ecorfan.org/proceedings/CDU_II/CDUII_6.pdf).

[16] S. Sterckx, "Patenting and licensing of university research: promoting innovation or undermining academic values?," Sci. Eng. Ethics, vol. 17, no. 1, pp. 45-64, Mar. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11948-009-9168-8>.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:*

*Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.*

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)