

Un modelo en 6 etapas para construir un indicador de ICT en México

A 6 steps model for building a CIT's indicator in México

Andrea Del Pilar Rivera Oseguera

Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Te 950 Alcaldía Iztacalco Col. Granjas
México 08400, CDMX, México
andrivose@gmail.com

Iván Manuel Mendoza Arango

Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Te 950 Alcaldía Iztacalco Col. Granjas
México 08400, CDMX, México
ivanmendozarango@gmail.com

Olga Vladimirovna Panteleeva*

Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco Km. 38.5 CP. 56230, Texcoco, Estado de México, México
ac12810@chapingo.mx

Recibido 15, mayo, 2019

Aceptado 10, septiembre, 2019

Resumen

El problema de medir la Innovación, Ciencia y Tecnología (ICT) de un país requiere del análisis de un gran número de variables que, generalmente se encuentran en escalas de medición mucho muy diferentes, de aquí que el primer problema que se debe de resolver para poder relacionarlas y cuantificar su aportación en una métrica que describa la ICT del país consiste en definir la medida adecuada que pueda relacionar diferentes tipos de variables, que se encuentran en los indicadores. En este artículo se propone un modelo en seis etapas para medir la ICT en México en el periodo comprendido de enero del 2007 a diciembre del 2018. La métrica propuesta se fundamenta en los indicadores contruidos con base en veintiséis variables estratificadas en cuatro clases, Patentes, Modelos de Utilidad, Presupuesto y Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Para relacionar objetivamente estas variables, se propusieron pesos calculados a través de la aportación que representa cada variable cuantificada por medio de los valores propios de las matrices de correcciones de las variables para cada uno de los cuatro estratos. Posteriormente, el modelo propuesto se aplica a los indicadores de las cuatro clases para obtener un indicador global anual de ICT de México.

Palabras clave: Indicadores, valores propios, Componentes Principales, ICT.

JEL Classification System: O34, O31

Abstract

Measuring the Innovation, Science and Technology (IST) of a country requires the analysis of a large number of variables that are generally found in much different measurement scales, hence the first problem to be solved to be able to relate them and quantify their contribution in a metric that describes the country's ICT consists in defining the appropriate measure that can relate different types of variables, which is found through the indicators. This article proposes a six-stage model to measure ICT in Mexico in the period from January 2007 to December 2018. The proposed metric consists on the indicators constructed based on twenty-six variables stratified into four classes, Patents, Utility Models, Budget and National System of Researchers (SNI). To objectively relate these variables, weights calculated through the contribution represented by each quantified variable were proposed through the own values of the corrections matrices of the variables for each of the four strata. Subsequently, the proposed model is applied to the indicators of the four classes to obtain an annual global ICT indicator of Mexico.

Keywords: Indicators, eigenvalues, principal components, IST.

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia y el desarrollo de tecnología en diversos sectores, contribuye a generar diversos ámbitos de interés para su evaluación. Esto va de la mano con la existencia de intereses tanto políticos como económicos y con la demanda de conocimiento que corresponde a las diferentes dimensiones de la investigación.

De acuerdo a (Sánchez, Gelvez , & Herrera, 2015), los indicadores representan el conjunto de variables cuantitativas y cualitativas que sirven para medir y de tal forma evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos y metas planteadas.

Es posible afirmar que la OCDE fue la primera institución en proponer y desarrollar los indicadores de Innovación, Ciencia y Tecnología (ICT). En 1960 dicha institución desarrollo los primeros indicadores de ICT a nivel mundial. Diez años más tarde la Fundación Nacional de Ciencia de los Estados Unidos, conocida por sus siglas en inglés como NSF (National Science Foundation) realizó mejoras a la propuesta de la OCDE y las hizo públicas dentro del documento titulado “Science Indicators”.

De esta manera, la primera definición de indicador para ICT, es la que se presenta en el documento “Towards a Social Report” emitido en 1970 que, concibe al indicador de ICT como:

“Una estadística de interés normativo directo que facilita juicios concisos, exhaustivos y equilibrados sobre la condición de los principales aspectos de una sociedad. Es en todos los casos una medida directa de bienestar y está sujeta a interpretaciones de que, si cambia en la dirección <<correcta>>, mientras otras cosas se mantienen iguales, las cosas o las personas han mejorado su situación”.

Es así como (Aguilar, 2017) argumenta que, los indicadores de innovación, ciencia y tecnología corresponden a una representación cuantitativa que le permiten a un país analizar y gestionar las políticas en la asignación correcta de recursos y tomas de decisiones con el objetivo de poder crecer en el aspecto social.

Aunque autores como (Amador, Díaz Pérez, López-Huertas Pérez, & Rodríguez Font, 2017) consideran que la cuantificación de los resultados científicos, el conocimiento generado, su impacto y los beneficios para la sociedad, representan un reto debido a su complejidad.

(Arencibia , Moya Anegón, Chinchilla, & Corea , 2013) Consideran que existen brechas en la medición de la ICT que es posible cubrir con un mayor nivel de especialización en varias áreas temáticas y la estructuración de los fenómenos disciplinarios e interdisciplinarios de los resultados científicos.

Mientras que (Amador, Díaz Pérez, López-Huertas Pérez, & Rodríguez Font, 2017) , consideran que las técnicas de medida de estos indicadores no han estado totalmente consolidadas en las últimas décadas, teniendo en cuenta que los resultados científicos son difíciles de cuantificar, sin embargo, un desafío importante para el cálculo de estos indicadores es la mejora en las decisiones estratégicas respecto a la mejora científica de cada país.

A pesar del poco avance en la consecución de estos indicadores de ICT en la actualidad se presentan algunas técnicas y políticas que permiten calcular dichas métricas.

La referencia más conocida para la cuantificación de la ICT es el Manual de Frascati que, ha servido como marco para el desarrollo de otros manuales como el manual de Bogotá, el manual de Lisboa, el manual de Santiago y el manual de Buenos Aires proporcionados por la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y el RYCYT (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana).

(Amador, Díaz Pérez, López-Huertas Pérez, & Rodríguez Font, 2017) utilizan los manuales mencionados para la elaboración de indicadores de ICT, empleando la información de los Curriculum Vitae de diferentes profesores

en Latinoamérica, para el monitoreo de los resultados de investigación de las actividades académicas institucionales.

Por su parte, (Aguilar, 2017) hace uso de manuales impartidos por la OCDE y el RICYT para la recolección, análisis, publicación y normalización de indicadores que se enfocan en indicadores de recursos financieros, humanos, bibliométricos, patentes e innovación. Con los cuales concluye que un indicador de calidad puede ser de utilidad para la obtención de políticas que se enfoquen de una forma precisa a las necesidades de investigación que tiene una región para poderse desarrollar.

(González-Sanabria, Díaz-Peñuela, & Castro-Romero, 2019) reflexionan sobre el comportamiento de la producción científica especificándose en el área de ingeniería, contribuyendo así en mecanismos de categorización con mayor precisión. Los autores afirman que las metodologías que se utilizan para evaluar las citas aceptadas a nivel internacional están compuestas por Manuales como el de Frasscati, el de Oslo y el de Camberra. Además, teniendo en cuenta dichos manuales su estudio analizó 30 revistas colombianas de ingeniería, evaluando el comportamiento del índice h5 y también tomando como referencia el SJR para identificar las revistas indexadas en SCOPUS, y así poder categorizar la productividad en la ingeniería sin limitarse al uso exclusivo de métricas ya existentes, desarrollando mecanismos de validación al seguimiento de los procesos de publicación.

(Corrales-Reyes & Dorta-Contreras, 2018) utilizan un análisis cuantitativo a nivel Latinoamérica aplicando pruebas de chi-cuadrado, análisis de varianza clasificación simple y Test de Student-Newman-Keuls para llegar a resultados de estimaciones estadísticas respecto a las cantidades de citas, publicaciones, revistas con mayor cantidad de publicaciones, etc.

Otra metodología relacionada al cálculo de la ICT es planteada por (Rojas & Espejo, 2018) la cual se apoya en la teoría estadística y econométrica, mostrando una interacción entre los grupos de investigación y la educación formal e informal existente en el sistema educativo, cuya relación incrementa la productividad científica significativamente. Dicha metodología pretende analizar la gestión en ICT en Colombia desarrollando el sector académico, empresarial y gubernamental.

También existe un análisis en la investigación y desarrollo de los países europeos por parte de (Gavurová, Halásková, & Koróny, 2019) que utiliza una herramienta llamada: Data Envelopment Analysis., con el objetivo de poder observar 7 indicadores de eficiencia en materia de investigación y desarrollo de los países que hacen parte de la unión europea en dos periodos, 2010 y 2015.

Es posible encontrar dentro de la literatura el desarrollo de indicadores que miden el impacto entre las redes sociales que existen entre la industria y las universidades como lo plantea (Farré-Perdiguer, 2015), quien demuestra con ciertos indicadores la importancia entre estas relaciones para mejorar el desempeño tecnológico y la transferencia de conocimientos.

(González-Zabala & Angulo-Cuentas, 2017) realizan una medición de la ICT en diversas universidades de Latinoamérica utilizando los métodos propuestos por las mismas que, consisten en analizar los resultados de los procesos de medición de actividades de ICT. Los autores clasifican a los indicadores en seis dimensiones y 18 categorías, para esto utilizan métodos iterativos. Los hallazgos de los autores identifican a la Investigación y Desarrollo como una de las actividades de ICT principales de las Instituciones de Educación Superior.

Por su parte, (Salas, 2008) plantea una metodología en el cálculo de un conjunto de indicadores enfocados en el capital humano, generación de redes tecnoeconómicas y tecnocientíficas, indicadores de ICT, de inversión pública y de la dinámica económica del sector regional. Lo anterior con el fin de articular las prioridades regionales respecto al potencial científico, tecnológico e innovación de cada nación.

(Hernández & Hernández, 2017) utilizan el análisis estadístico multivariante de clúster, basándose en los indicadores que propone la Cepal, además su estudio se basa en los datos recopilados de fuentes públicas mexicanas para los años 2006 y 2012 en donde estudia la evolución en el tiempo de dichos clústeres.

De acuerdo a (Godin, 2002) el comité de la NFS clasifica a los indicadores de ciencia en:

- (A) Medida de la producción científica.
- (B) Medidas de actividad.
- (C) Medidas de educación científica.
- (D) Actitudes e interés por la ciencia.
- (E) Medidas de mano de obra.
- (F) Alcance de nuevos empujes.
- (G) Internacional.

Así, es posible clasificar dentro de (A) a las patentes y al modelo de utilidad, dentro de (B) al número de SNI por área y al presupuesto asignado para ICT (en el caso de México es el desglosado en el Ramo 38 del Presupuesto de Egresos de la Federación emitido por la SHCP).

(Debackere, Verbeek, Luwel, & Zimmerman, 2002) Consideran de acuerdo con la definición de (Grupp, 1998) que una patente es un "derecho de propiedad" basado en un reclamo "oficialmente sellado". De acuerdo a (Debackere, Verbeek, Luwel, & Zimmerman, 2002) la relación entre las patentes como medida de innovación se ha investigado en diversos estudios como el de (Arundel & Kabla, 1998) y (Pakes & Griliches, 1984), el autor afirma que los resultados de estos estudios indican una fuerte y significativa relación estadística entre las patentes y los gastos en Investigación y Desarrollo.

De acuerdo al (CONACYT, Sistema Nacional de Investigadores, 2019) (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), el SNI (Sistema Nacional de Investigadores) fue creado el 26 de julio de 1984 para reconocer la labor de los investigadores mexicanos, otorgándoles el nombramiento de investigador, concediéndoles el prestigio y reconocimiento por su labor científica en México y facilitándoles recursos económicos para que sigan con el cumplimiento de la producción científica.

La (OMPI, 2019) considera al Modelo de Utilidad como el derecho exclusivo que se le concede a una invención y permite al titular de dicho derecho impedir a terceros la utilización con fines comerciales la invención protegida, durante un período limitado. Es posible decir que el Modelo de Utilidad se asemeja a una patente, en algunos casos se les conoce como "Patentes de Innovación".

Desde nuestra perspectiva, es necesario ampliar el repertorio de herramientas para la construcción de indicadores, por lo cual, consideramos que el método de componentes principales se adecua para la elaboración de indicadores de ICT, es por ello por lo que dentro del desarrollo de esta investigación se hace uso de dicho método para obtener indicadores de ICT basados en las clases: Patentes, Presupuesto, SNI's y Modelo de Utilidad las cuales como se mencionó pueden ser clasificadas de acuerdo a la NSF.

OBJETIVO

Modelar una métrica a través del análisis de componentes principales para medir la Innovación, Ciencia y Tecnología en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para construir un IICT anual en México se propone un modelo en seis etapas.

Etapas 1. Definición de las variables que intervendrán en el indicador. La información que puede intervenir en la explicación de los avances de la innovación, ciencia y tecnología de una región o país es muy variada, en

la investigación se va a acotar a la información conmensurable sobre la que se tenga conocimiento en el mismo periodo de estudio de todas las variables que intervendrán para poder proponer un indicador de ICT.

Cuando las variables son de tipo cualitativo y se desea incluir en el indicador, debe establecerse un método objetivo de asignación de un valor numérico para poderlas incluir, esto dificulta el estudio, debido a la subjetividad que se cae en la asignación del valor.

Etap 2. Recolección de la información. La información se puede obtener de diferentes instituciones como el IMPI, la SHCP, INEGI, CONACYT, etcétera. Puede ocurrir que no se disponga de información en todo el periodo, en este caso se puede complementar a través de la teoría de datos perdidos, por medio de una extrapolación, etcétera. La información obtenida se presenta en una matriz de datos que contiene las n variables elegidas para la construcción del indicador de ICT cada una con m observaciones anuales de la región o país, obteniendo la expresión (1)

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Donde, $\mathbf{X}$ = Matriz de datos originales de orden $m \times n$ y x_{ij} = Valor de la variable j , correspondiente al año i , con $i = 1, \dots, m$ y $j = 1, \dots, n$.

Etap 3. Clasificación de la información en clases. Debido al gran volumen de información se recomienda clasificarla en clases, dependiendo de la naturaleza de las variables. La clasificación de la información se realiza identificando las n variables que abarcan cada una de las clases, éstas deben ser tales que contemplen características en común de ICT. Supóngase que se tienen k , clases con n_s variables de cada clase, tal que $\sum_{s=1}^k n_s = n$. Entonces la matriz de información original (1) se puede descomponer en k submatrices dadas en (2)

$$\mathbf{X}_s = \begin{pmatrix} x_{1n_{s-1}+1} & \cdots & x_{1n_{s-1}+n_s} \\ x_{2n_{s-1}+1} & \cdots & x_{2n_{s-1}+n_s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{mn_{s-1}+1} & \cdots & x_{mn_{s-1}+n_s} \end{pmatrix}, \text{ con } s = 1, 2, \dots, k \text{ y } n_0 = 0. \quad (2)$$

Etap 4. Simplificación de las clases en $(1 - \alpha) \times 100\%$ con componentes principales. En cada matriz dada en (2) se calcula su matriz de varianzas y covarianzas o la matriz de correlaciones. Entonces a partir de la matriz cuadrada $\mathbf{X}_s^t \mathbf{X}_s$ de orden $n_s \times n_s$ se tiene que calcular sus valores propios, $\lambda_1, \dots, \lambda_{n_s}$ y vectores propios, $\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_{n_s}$, correspondientes que, representan las CP de la matriz dada en (2). Del análisis multivariado se conoce que, los valores propios de una matriz de covarianzas o correlaciones, representan el porcentaje que explica la CP de la matriz. Entonces al sumar dos valores propios se obtiene el acumulativo de explicación por la suma de CP. Estableciendo como criterio de decisión que las CP que intervendrán en el IICT de la clase expliquen el $(1 - \alpha) \times 100\%$ esto nos dará la pauta para saber que variables serán consideradas. La ponderación de cada variable está dada por la componente de la suma de los vectores propios correspondientes a los valores propios que expliquen el $(1 - \alpha) \times 100\%$.

Etap 5. Cálculo de un indicador normalizado para cada dato de la clase. A partir de la Etapa 3, y el vector resultante de los valores propios que, sumados explican el porcentaje deseado de las variables, sus componentes, v_{ij} con $i = 1, 2, \dots, n_s$, van a representar los pesos de cada una de ellas. Para homogeneizar estos valores se pide normalizarlos entre 0 y 1 a través de la expresión (3). Sea un vector de valores $\mathbf{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in_s})$, con $i = 1, 2, \dots, n_s$ la normalización consiste en representar al vector $\mathbf{v}_i$ en otro con elementos

$$v_{ij}^* = \frac{v_{ij} - \min_j v_{ij}}{\max_j v_{ij} - \min_j v_{ij}} \text{ para } j = 1, 2, \dots, n_s \quad (3)$$

Donde v_{ij}^* son valores entre 0 y 1.

Finalmente, los pesos de las variables normalizadas entre 0 y 1 se calculan con la fórmula (4)

$$\omega_j = \frac{v_{ij}^*}{\sum_{i=1}^{n_s} v_{ij}^*} \text{ para } j = 1, 2, \dots, n_s \quad (4)$$

Donde v_{ij}^* = Valor de la componente i del CP resultante de la suma de los vectores propios correspondientes a los valores propios que sumados expliquen el $(1 - \alpha) \times 100\%$.

Con los pesos de las variables dados en (4) se calculan las componentes del nuevo vector que sustituirá a la matriz dada en (2) a través de CP, así para cada una de las k clases de variables. Obteniendo una matriz de orden $m \times k$.

Etap 6. Simplificación de los indicadores normalizados de las clases al $(1 - \alpha) \times 100\%$ de explicación de las clases. A partir de la matriz calculada en la Etapa 5, repetir las etapas 3 a 5 y el vector resultante es el indicador de ICT calculado con las variables originales y pesos obtenidos con CP.

RESULTADOS

El modelo en seis etapas propuesto se aplica a las bases de datos disponibles a partir del 2007 al 2018 para establecer una métrica del indicador de ICT en México. El modelo propuesto es explicado para la clase de variables de patentes, pero se muestran los resultados de las 4 clases.

Etap 1. Definición de variables

El (IMPI, 2019) afirma, que la propiedad industrial protege a las creaciones industriales mediante patentes o registros de modelo de utilidad. La confusión de estos términos suele ser común, pero antes de definirlos es preciso mencionar que, cuando se habla de una invención se habla de toda creación humana que permite transformar la materia o la energía existente en la naturaleza para el aprovechamiento para el hombre y satisfacer sus necesidades concretas (IMPI, 2019).

Ahora bien, es posible solicitar una Patente ante el IMPI, cuando se desea proteger alguna invención de un producto o proceso siempre y cuando éste sea novedoso, posea una aplicación industrial y haya involucrado la actividad inventiva en su proceso de creación. Aunque, de acuerdo con (IMPI, 2019), no son patentables creaciones como los procesos biológicos para la producción y propagación de plantas y animales, material biológico y genético, razas animales, cuerpo humano y las partes vivas que lo componen y amplias variedades vegetales, entre otros. Es preciso señalar que una Patente en México tendrá una vigencia de 20 años improrrogables.

Por otra parte, será necesario solicitar un registro de Modelo de Utilidad cuando se posea una invención de un objeto, utensilio, aparato o herramienta que, de acuerdo al resultado de un cambio en su disposición, configuración, estructura o forma, presente una función distinta respecto a las partes que lo integran o ventajas en su utilidad y que además sea novedosa y tenga una aplicación industrial. En México, la protección otorgada a los registros efectuados para los Modelos de Utilidad tiene una vigencia de 10 años improrrogables.

El (IMPI, 2019) afirma que los productos o procesos que pueden estar amparados en una invención realmente son tan variados como las necesidades del hombre, es así, como la mayoría de los productos representan a una industria, y es posible encontrar en ellas, las de telecomunicaciones, vestido, alimentos, medicamentos o farmacéutica, biotecnología, etc., es decir que, cada invención tiene su campo técnico específico y grado de especialización en determinada ciencia, arte o tecnología.

Por lo que, existe una Clasificación Internacional de Patentes (CIP), la cual se estableció en 1971 en el Arreglo de Estrasburgo y se constituye por símbolos jerárquicos distintivos en la clasificación de patentes y modelos de utilidad con el arreglo de los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen. La última versión de la CIP establece ocho amplias clasificaciones¹, en las cuales el IMPI se basa para clasificar por área tecnológica tanto a las patentes como a los modelos de utilidad.

De acuerdo a la investigación realizada, se consideró el uso de las variables que se definen abajo y corresponden a la clasificación (A) y (B) de los indicadores propuestos por la NFS.

- 1) **Artículos de Uso y Consumo.** (Human Necessities o Categoría A en la CIP) En esta clasificación se engloban las invenciones relacionadas con la agricultura; los alimentos; el tabaco; los artículos personales o domésticos; y lo relacionado a la salud y a la diversión.
- 2) **Técnicas Industriales Diversas.** (Performing Operations; Transporting o Categoría B en la CIP) Este rubro engloba lo referente a mezclas y separados; formación; impresión; transporte; y tecnología microestructural y nanotecnología.
- 3) **Química y Metalurgia.** (Chemistry; Metallurgy o Categoría C en la CIP) Dentro de la CIP, esta categoría cubre los elementos químicos en grupos; a la química tanto pura como aplicada; a industrias marginales y a ciertas operaciones y tratamientos y a la metalurgia. Además, a la tecnología combinatoria.
- 4) **Textil y Papel.** (Textiles and Paper o Categoría D en la CIP) Esta categoría se divide principalmente en dos subcategorías que son: (1) textiles o materiales flexibles no proporcionados de otra manera y (2) papel.
- 5) **Construcciones Fijas.** (Fixed Constructions o Categoría E en la CIP) Al igual que la categoría D, esta categoría se divide en construcciones (que van desde la construcción de puertas, persianas o ventanas, hasta, la ingeniería hidráulica); y, en taladro de tierra o roca y minería.
- 6) **Mecánica - Iluminación Calefacción - Armamento Voladizas.** (Mechanical Engineering; Lighting; Heating; Weapons; Blasting o Categoría F en la CIP) En esta Categoría se colocan artefactos relacionados a motores o bombas; ingeniería en general; arma voladuras; y, encendido y calefacción.
- 7) **Física.** (Physics o Categoría G en la CIP) La clasificación en esta sección puede presentar más dificultades que en otras secciones, porque la distinción entre diferentes campos de uso se basa en gran medida en las diferencias en la intención del usuario más que en las diferencias de construcción o en la forma de uso, por ello, el esquema de clasificación está destinado a permitir que cosas de naturaleza similar se agrupen.
- 8) **Electricidad.** (Electricity o Categoría H en la CIP) Esta clasificación, incluye todas las unidades eléctricas y la estructura mecánica general de los aparatos y circuitos, incluido el ensamblaje de varios elementos básicos en lo que se denominan circuitos impresos y también cubren en cierta medida la fabricación de estos elementos (cuando no están cubiertos en otro lugar).

Las 3 variables siguientes corresponden a la información obtenida para el presupuesto.

La SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público) cuenta con ciertos programas que se centran en la generación del presupuesto de la nación, cuya relación presupuestal en términos de Ciencia y Tecnología se presenta dentro del Ramo 38², que es administrado por el CONACYT, y cuyo ejercicio fiscal se centra en el gasto del presupuesto otorgado por el gobierno para desarrollar actividades relacionadas al fortalecimiento de la Ciencia, Tecnología e Innovación del País. Según esto, el Ramo 38 cuenta con ciertos programas particulares que contribuyen a la formación y fortalecimiento de capital humano de alto nivel,

¹ Para más información consultar <https://www.wipo.int/classifications/ipc/es/>

² Disponible en: <https://www.pef.hacienda.gob.mx/es/PEF/Tomol-III>

y la generación, transferencia y aprovechamiento del conocimiento relacionados a las instituciones de educación superior y de los centros de investigación (SHCP, 2019), para fines de esta investigación, se consideraron los siguientes tres rubros del Ramo 38.

- 9) **Becas de posgrado y apoyos a la calidad.** Es un programa que busca “atender la limitada capacidad de formación, vinculación y consolidación del capital humano de alto nivel que responda a las necesidades y vocaciones de las entidades federativas con menor desarrollo relativo y coadyuva al logro de los objetivos en materia de ciencia, tecnología e innovación” (CONACYT, Evaluación de Diseño Becas de posgrado y apoyos a la calidad, 2016)
- 10) **Sistema Nacional de Investigadores.** Reconoce la labor de las personas dedicadas al desarrollo del conocimiento científico y tecnológico del país, nombrándolos investigadores oficiales y concediéndoles estímulos económicos para dar seguimiento a sus investigaciones (CONACYT, Sistema Nacional de Investigadores, 2019).
- 11) **Apoyos para actividades científicas, tecnológicas y de innovación.** Es un programa presupuestario del CONACYT que se dedica a apoyar proyectos de investigación, desarrollo y transferencia de conocimiento público para mejorar e incrementar las habilidades con relación a la Ciencia y la Tecnología (CONACYT, Programa de Apoyos para Actividades Científicas Tecnológicas y de Innovación, 2019).

Las últimas siete variables que definiremos corresponden a la división tecnológica de los SNI y cada una de ellas, se define de la siguiente manera:

- De acuerdo con (Rodríguez, 2016) la Comisión Dictaminadora del SNI se divide en siete áreas de conocimiento, las cuales anteriormente solo eran cuatro, pero en el transcurso de los años se ampliaron debido a su especificidad.
 - La Comisión Dictaminadora del SNI tendrá la potestad de evaluar a cada uno de los posibles integrantes del SNI, para vincularlos en alguna de las áreas de conocimiento teniendo en cuenta una cantidad de criterios ya estandarizados³.
- 12) **Fisicomatemáticas y Ciencias de la Tierra.** En esta área se vincula todo investigador especialista en el campo de la física, matemáticas y estudios relacionados con la dinámica y evolución del planeta tierra.
 - 13) **Biología y Química.** Esta área es la encargada de estudiar lo relacionado a los seres vivos y también estudia la ciencia que se encarga de analizar los cambios, la estructura y la composición de la materia.
 - 14) **Medicina y Ciencias de la Salud.** Aquí se ubican los especialistas que se encargan de proporcionar conocimientos relacionados a la mejora y prevención de la salud de las personas, teniendo como base diferentes disciplinas científicas orientadas hacia la salud humana.
 - 15) **Humanidades y Ciencias de la Conducta.** En esta área se estudia todo lo relacionado con las actividades del ser humano hacia la sociedad, teniendo como referencia algunas disciplinas como la antropología, la psicología, la sociología, etc., para poder identificar, analizar y entender el comportamiento de los seres humanos.
 - 16) **Ciencias Sociales.** Esta área se encuentra dentro de las ciencias naturales, la cual se encarga de observar y analizar distintos aspectos de las relaciones sociales y el conjunto de personas que hacen parte de la sociedad.
 - 17) **Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.** Es un área dedicada a la investigación tecnológica de ciencias aplicadas, derivadas de sistemas biológicos. Y también concentrada en el fortalecimiento de diferentes campos como la agricultura, la ganadería, la industria alimenticia, la silvicultura, etc.

³ Para mayor detalle, consultar los criterios otorgados por la comisión dictaminadora del SNI hacia las áreas tecnológicas en: <http://www.investigacion.uson.mx/?p=3611>

- 18) **Ingenierías.** Es un área encargada de la invención, diseño y creación de nuevas tecnologías con base a los conocimientos científicos y tecnológicos.

Etapas 2. Recolección de la Información

Para la obtención de la información de las variables se consultaron principalmente las bases de datos de tres instituciones: el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), el SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y la SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público).

- Dentro del IMPI fue posible obtener la información de los años 2007-2018, para las primeras ocho variables, las cuales se repiten debido a que corresponden a los rubros marcados como Patentes y Modelo de Utilidad, dando un total de dieciséis variables clasificadas por Área Tecnológica en la categorización que se realiza en el documento Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial en Cifras (IMPI en cifras)⁴, en el cual se especifican las principales estadísticas en materia de Invenciones desde 1993.
- En lo que respecta a los datos de los SNI, se recolectaron de la Consulta Temática⁵ del Semarnat, en la cual, es posible encontrar los datos relacionados con la cantidad de investigadores que conforman el Sistema Nacional de Investigadores; esta información se encuentra clasificada por entidad federativa o por área de investigación y nivel del investigador. Para el artículo se utilizó la información de los años 2007-2018 de la categoría “entidad federativa”.
- Para el caso del Presupuesto, se utilizó la información del Ramo 38 del Presupuesto de Egresos de la Federación de la SHCP, el cual corresponde al destinado para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología⁶. Dentro de este documento se especifica el total de recursos asignados a la CyT por año y los diferentes rubros y porcentajes a los que se destina. Cabe mencionar que los rubros se han modificado a lo largo de los años y que dentro de los más representativos se encuentran los recursos destinados a becas de posgrado, a los SNI y a las diversas actividades relacionadas con el apoyo a actividades de ICT.

Es preciso resaltar que, dentro de algunas variables y años específicos, se hizo uso de herramientas para completar los datos no encontrados, debido a que no existen registros en las fuentes consultadas para todos los años que se analizan dentro del estudio. De esta manera se construye la matriz (1).

Etapas 3. Clasificación en Clases

De acuerdo con las variables definidas en la Etapa 1 y la información obtenida de cada una de ellas con su respectiva fuente de información, se agruparon las variables en cuatro diferentes clases (Patentes, Modelo de Utilidad, Presupuesto y SNI) que contienen diferentes números de variables mostradas en la Tabla 1. En las definiciones de la Etapa 1 las primeras ocho variables de estudio tienen la misma definición para patentes y modelos de utilidad, lo que daría un total de 26 variables de estudio para el IICT, agrupadas en 4 clases.

Tabla 1. Clases de las variables para el indicador de ICT.

Clase	#	Variable
Patentes por Área Tecnológica	1	Artículos de Uso y Consumo
	2	Técnicas Industriales Diversas
	3	Química y Metalurgia
	4	Textil y Papel
	5	Construcciones Fijas
	6	Mecánica - Iluminación Calefacción - Armamento Voladiras
	7	Física
	8	Electricidad

⁴ Disp. en: <https://www.gob.mx/impi/documentos/instituto-mexicano-de-la-propiedad-industrial-en-cifras-impi-en-cifras>

⁵ Disponible en: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/mce_index.html

⁶ Disponible en: <https://www.pef.hacienda.gob.mx/es/PEF/R38>

Modelo de Utilidad Área Tecnológica	1	Artículos de Uso y Consumo
	2	Técnicas Industriales Diversas
	3	Química y Metalurgia
	4	Textil y Papel
	5	Construcciones Fijas
	6	Mecánica - Iluminación Calefacción - Armamento Voladiras
	7	Física
	8	Electricidad
Presupuesto	1	Becas de posgrado y apoyos a la calidad
	2	Sistema Nacional de Investigadores
	3	Apoyos para actividades científicas, tecnológicas y de innovación
SNI por Área Tecnológica	1	Electricidad
	2	Becas de posgrado y apoyos a la calidad
	3	Medicina y Ciencias de la Salud
	4	Humanidades y Ciencias de la Conducta
	5	Ciencias Sociales
	6	Biotecnología y Ciencias Agropecuarias
	7	Ingenierías

A partir de estas 4 clases y la matriz (1), se obtienen las 4 matrices dadas en la expresión (2).

Etapa 4.

En el caso particular de la matriz de la Clase de Patentes, se analizaron los componentes principales por medio de un análisis de valores propios que, se elaboró con apoyo de un software estadístico, obteniendo los valores mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores propios de la clase de Patentes.

Eigenvalores	3.4696	2.1021	1.3043	0.6703	0.3177	0.0860	0.0302	0.0198
Proporción	0.4340	0.2630	0.1630	0.0840	0.0400	0.0110	0.0040	0.0020
Acumulado	0.4340	0.6960	0.8590	0.9430	0.9830	0.9940	0.9980	1.0000

En la tercera fila de la Tabla 2 se muestra la acumulación de las proporciones de información que aportan las componentes principales de los valores propios correspondientes. Dado que se busca que los componentes principales expliquen la Clase en al menos un 95%, se seleccionaron las primeras cinco componentes principales que, explican un 98.3% de la Clase de Patentes.

Es decir que, en el caso de las Patentes con las variables 1-5 de la Tabla 1 explicarían esta clase, por lo que el cálculo de los indicadores se basa en estas variables, calculando la suma de las componentes principales mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3. Suma de las componentes principales que explican al menos el 95% de la clase de Patentes.

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	Suma componentes principales
Artículos de Uso y Consumo	0.412	-0.058	0.268	-0.634	0.293	-0.327	0.150	0.371	0.281
Técnicas Industriales Diversas	0.024	-0.485	0.539	-0.230	-0.489	0.377	-0.176	-0.095	-0.641
Química y Metalurgia	0.455	-0.310	-0.166	0.107	0.234	-0.217	-0.652	-0.363	0.320
Textil y Papel	0.401	-0.219	0.246	0.586	-0.214	-0.364	0.457	0.008	0.800
Construcciones Fijas	-0.326	-0.401	-0.360	-0.353	-0.229	-0.457	0.276	-0.376	-1.669
Mecánica - Iluminación Calefacción	-0.013	-0.582	-0.449	0.134	0.071	0.229	0.008	0.620	-0.839
Física	0.344	0.344	-0.354	-0.138	-0.714	-0.119	-0.203	0.233	-0.518
Electricidad	0.487	0.015	-0.305	-0.17	0.086	0.544	0.442	-0.376	0.113

Dados los datos anteriores, se observa que es necesario homogenizar la suma obtenida de los cinco componentes principales, en la Tabla 4 se muestran los pesos correspondientes a cada variable de Patentes, calculados a partir de la última columna de la Tabla 3, Suma de componentes principales, aplicando primeramente la fórmula (3) para normalizar los valores entre 0 y 1, posteriormente la fórmula (4) para obtener los pesos.

Tabla 4. Suma de las componentes principales que explican al menos el 95% de la clase de Patentes.

Variable	Suma de Componentes Principales	Componentes Normalizados	Pesos de las componentes
Artículos de Uso y Consumo	0.281	0.7898	0.1741
Técnicas Industriales Diversas	-0.641	0.4164	0.0918
Química y Metalurgia	0.320	0.8056	0.1776
Textil y Papel	0.800	1.0000	0.2205
Construcciones Fijas	-1.669	0.0000	0.0000
Mecánica - Iluminación Calefacción	-0.839	0.3362	0.0741
Física	-0.518	0.4662	0.1028
Electricidad	0.113	0.7217	0.1591

En el caso de las Patentes, se observa que la variable con menor impacto es la correspondiente a Construcciones Fijas y la de mayor impacto es Textil y Papel.

Repitiendo este procedimiento para las otras tres clases, obtenemos los pesos correspondientes mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Pesos de cada una de las tres clases.

Clase	Variable	Pesos
Modelo de Utilidad Área Tecnológica	Artículos de Uso y Consumo	0.3124
	Técnicas Industriales Diversas	0.0299
	Química y Metalurgia	0.0749
	Textil y Papel	0.0028
	Construcciones Fijas	0.0906
	Mecánica - Iluminación Calefacción - Armamento Voladiras	0.0000
	Física	0.4186
	Electricidad	0.0708
Presupuesto	Becas de posgrado y apoyos a la calidad	0.4862
	Sistema Nacional de Investigadores	0.5138
	Apoyos para actividades científicas, tecnológicas y de innovación	0.0000
SNI por Área Tecnológica	Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra	0.2000
	Biología y Química	0.0000
	Medicina y Ciencias de la Salud	0.1143
	Humanidades y Ciencias de la Conducta	0.1714
	Ciencias Sociales	0.1714
	Biotecnología y Ciencias Agropecuarias	0.1429
	Ingenierías	0.2000

Etapas 5. Cálculo del indicador por clase

Con los pesos obtenidos para cada clase se pueden calcular los indicadores de cada una de las clases. En el caso de la Clase de Patentes, los indicadores se muestran en la Tabla 6, en donde es posible observar que la comparación resultaría difícil con un parámetro no normalizado.

Tabla 6. Indicador de la clase de Patentes.

Variable 95% Componentes	1	2	3	4	5	6	7	8	Indicador
	0.174	0.091	0.177	0.220	0	0.074	0.102	0.159	
2007	3,318	2,102	1,662	195	334	523	883	940	1387.95
2008	3,825	2,023	1,529	191	319	455	1,046	1,052	1474.01
2009	3,452	1,821	1,336	159	329	448	1,058	1,026	1345.76
2010	3,396	1,393	1,402	111	243	369	1,195	1,290	1348.10
2011	4,592	1,840	1,791	142	324	497	1,028	1,271	1662.60
2012	4,692	1,976	2,017	162	378	512	1,131	1,462	1779.14
2013	3,006	1,663	2,004	185	421	649	1,120	1,295	1442.05
2014	3,263	1,847	1,374	78	426	545	1,089	1,197	1341.72
2015	3,169	1,843	1,398	82	437	574	881	954	1272.23
2016	3,003	1,698	1,231	78	449	509	890	799	1170.92
2017	2,978	1,755	1,140	69	378	444	1,005	741	1151.42
2018	3,112	1,912	1,107	66	469	493	1,006	756	1188.77

Al normalizar entre 0 y 1 los valores calculados en la última columna de la Tabla 6, con la expresión (3), obtenemos los indicadores de la clase de Patentes (segunda columna de la Tabla 7). Repitiendo este proceso con las otras tres clases, obtenemos los indicadores por clase mostrados en la Tabla 7

Tabla 7. Indicadores por cada clase.

Año	Patentes	Modelo de Utilidad	Presupuesto	SNI
2007	0.3768	0.2003	0.0000	0.0000
2008	0.5139	0.0000	0.0243	0.0673
2009	0.3096	0.4779	0.0607	0.1274
2010	0.3133	0.2846	0.1562	0.1911
2011	0.8144	1.0000	0.2232	0.2570
2012	1.0000	0.5177	0.3568	0.3200
2013	0.4630	0.4353	0.4467	0.3972
2014	0.3032	0.2745	0.6405	0.4949
2015	0.1925	0.8228	0.7074	0.6252
2016	0.0311	0.4727	0.8056	0.7492
2017	0.0000	0.4084	0.8982	0.8939
2018	0.0595	0.8680	1.0000	1.0000

Etapas 6.

Analizando con las cuatro clases propuestas la Ciencia, Innovación y Tecnología en conjunto, se construye de la misma forma el indicador de ICT por el Método de Componentes Principales, encontrando que, con los Tres Primeros Componentes es posible explicar al menos el 95% de ellos. De esta manera en la Tabla 8 se muestra el indicador de ICT por año de 2007-2018.

Tabla 8. Indicador ICT.

Año	ICT	Crecimiento
2007	0.0329	-
2008	0.0000	-100%
2009	0.1968	-
2010	0.1906	-3%
2011	0.4805	152%
2012	0.3905	-19%
2013	0.4247	9%
2014	0.4779	13%
2015	0.7362	54%
2016	0.7012	-5%
2017	0.7682	10%
2018	1.0000	30%

Discusión de resultados

El desarrollo del presente trabajo permitió comprobar que, métodos como el de Componentes Principales son de utilidad en diferentes campos de estudio, en el presente caso, sirvió para la construcción de indicadores que sirven para el análisis de la ICT y por ende para la evaluación del desempeño de ésta.

Los resultados obtenidos manifiestan que son diversas las variables involucrados en la generación del IICT, pero pueden reducir su estudio a las que aporten al menos el 95% de la explicación de la matriz de correlaciones.

En el caso de las clases patentes y el modelo de utilidad, fue suficiente seleccionar a las primeras cinco variables para explicar el 95% de la clase, en contraste, en la clase presupuesto sólo se consideraron dos variables y en SNI tan sólo una.

Realizando un análisis de los pesos de cada una de las variables en las clases, los resultados obtenidos en las Tabla 4 y 5, muestran que después de ponderar con base en las componentes principales:

- En el caso de las Patentes, las variables con mayor peso son Textil y Papel (22.05%), Química y Metalurgia (17.76%), Artículos de Uso y Consumo (17.41%).
- Para los Modelos de Utilidad, los registros en el rubro “Física” resulta con un peso del 41.85, aunque también los Artículos de Uso y Consumo representan un peso alto (31.24%) en esta categoría.
- Los pesos de la clase Presupuesto se distribuyen en las dos primeras variables Becas (48.62%) y SNI (51.38%).
- Por último, en la clase de SNI, se observa que las variables Fisicomatemáticas y Ciencias de la Tierra e Ingenierías son las de mayor peso en la clase con un 20% cada una.

Los años con un indicador mayor en patentes fueron 2012 y 2011, mientras que en los modelos de utilidad fue el 2011. Por otro lado, el menor indicador en patentes se obtuvo en el 2017 y en modelos de utilidad el 2008.

Hablando de las clases Presupuesto y SNI resulta que sus indicadores han tenido un crecimiento considerable siendo el año más representativo el 2018.

Con respecto del Indicador Global, Tabla 8, es posible observar que el IICT ha mejorado desde el 2009, presentando el mayor valor en el 2018. Observando su crecimiento se tiene que, el 2011 es el año en el que la ICT presenta su mayor crecimiento respecto al 2010 con un crecimiento del 152%, seguido del 2015 con un 54% respecto del 2014.

Es posible notar que el año del mayor indicador coincide con el obtenido para Patentes y Modelos de Utilidad, por lo que se considera que son dos de las clases más representativas de la CTI.

Analizando el comportamiento de los indicadores por cada una de las clases se observa, Tabla 9, que las Patentes y los Modelos de Utilidad presentaron un crecimiento importante en el 2011 respecto al 2010 con el 160% y 251%. Por su parte las Patentes presentan en su mayoría decrementos, o incrementos no mayores al 36%. En el caso del Modelo de Utilidad, sus los incrementos van desde el 113% pero sólo se presentan en tres años del estudio.

Tabla 9. Crecimiento de cada variable respecto al año anterior.

Año	Patentes	Modelo de Utilidad	Presupuesto	SNI por Área
2008	36%	-100%	-	-
2009	-40%	-	150%	89%
2010	1%	-40%	157%	50%
2011	160%	251%	43%	34%
2012	23%	-48%	60%	25%
2013	-54%	-16%	25%	24%
2014	-35%	-37%	43%	25%
2015	-37%	200%	10%	26%
2016	-84%	-43%	14%	20%
2017	-100%	-14%	11%	19%
2018	-	113%	11%	12%

En lo referente al crecimiento de la clase Presupuesto, el mayor crecimiento se dio en el año 2010 respecto del 2009, seguido por el 2009 comparado con el 2008, además es un rubro que no presenta decrementos y su crecimiento no es menor al 11%.

La clase Modelo de Utilidad, presenta tres importantes crecimientos, Tabla 9, en el 2011, 2015 y 2018. Cabe mencionar que esta clase es la que presenta un mayor número de decrementos.

En la clase SNI se muestra un crecimiento cada vez menor, comenzando con un 89% en 2009 y llegando a un 12% en 2018. Un fenómeno similar se presenta en la clase Presupuesto, pues, aunque ésta presenta crecimientos en todos los años, estos disminuyen a través del tiempo.

Conclusiones

Con el modelo de 6 etapas para la construcción de un indicador global de ICT en México, fue posible analizar por medio de los valores de dicho indicador el estado de la ICT en el México en un periodo de doce años. Además, este trabajo permitió mostrar la aplicación del Método de Componentes Principales y recalcar su importancia para la obtención de los pesos de las variables inmersas en el cálculo de un indicador.

De acuerdo a los resultados presentados en esta investigación, se determina que la ICT de México no presenta un avance significativo a lo largo de los últimos años, pues de acuerdo al indicador, presenta altibajos.

De esta manera, es posible concluir que la obtención de indicadores de ICT por medio de herramientas de ponderación sirven para obtener un panorama general y por ende realizar el análisis y de esta manera clasificar los factores importantes relacionados al desarrollo de la ICT de México.

Trabajos futuros

Con los avances de las bases de datos en el futuro se propone analizar un mayor número de clases y/o variables relacionadas con el indicador de ICT. Además, sería de gran interés estudiar las causas que ocasionan las variaciones en el IICT, sobre todo aquellas que influyen en el decrecimiento del indicador para que el gobierno pueda implementar planes que ayuden a que este indicador siempre este en crecimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la SIP-IPN por el apoyo brindado a través del proyecto de investigación 20190159 titulado "Modelado de métricas para construir indicadores de innovación, ciencia y tecnología en México", también a la LGAC-2 de la maestría en Administración y de Ingeniería industrial de la SEPI-UPIICSA y a la academia de matemáticas de la UACH por el apoyo brindado para la realización de la investigación.

Referencias

- Aguilar, M. (2017). Indicadores de ciencia, tecnología e innovación en Venezuela y su impacto en el desarrollo de políticas públicas. Telos.
- Amador, S. R., Díaz Pérez, M., López-Huertas Pérez, M. J., & Rodríguez Font, R. J. (2017). Indicator system for managing science, technology and innovation in universities. CrossMark.
- Arencibia, J., Moya Anegón, F., Chinchilla, Z., & Corea, E. (2013). Relaciones intersectoriales, producción científica y políticas nacionales para el desarrollo de la investigación: un estudio de caso sobre Cuba 2003-2007.
- Arundel, A., & Kabla, I. (1998). What percentage of innovations are patented? Empirical estimates for European firms. *Research Policy*, 27, 127-141.
- CONACYT. (2016). Evaluación de Diseño Becas de posgrado y apoyos a la calidad. Obtenido de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/transparencia/informes-de-evaluaciones-a-programas-de-conacyt-2015/1589-eds-2016-s190/file>
- CONACYT. (2019). Programa de Apoyos para Actividades Científicas Tecnológicas y de Innovación. Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/programa-de-apoyos-para-actividades-cientificas-tecnologicas-y-de-innovacion>
- CONACYT. (17 de Septiembre de 2019). Sistema Nacional de Investigadores. Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>
- CONACYT. (2019). Sistema Nacional de Investigadores . Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>
- Corrales-Reyes, I. E., & Dorta-Contreras, A. J. (2018). Producción científica en revistas estudiantiles latinoamericanas: análisis comparativo del período 2013-2016. *Educación Médica*.

- Debackere, K., Verbeek, A., Luwel, M., & Zimmerman. (2002). Measuring progress and evolution in science and technology—II: The multiple uses of technometric indicators. *International Journal of Management Review*, 4(3), 213-231.
- Farré-Perdiguer, M. (2015). Network analysis for the study of technological collaboration in spaces for innovation. Science and technology parks and their relationship with the university. *International Journal of Education Technology in Higher Education*.
- Gavurová, B., Halásková, M., & Koróny, S. (2019). Research and development indicators of eu28 countries from viewpoint of super-efficiency dea analysis. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*.
- Godin, B. (2002). The emergence of S&T indicators: why did governments supplement statistics with indicators?. *Research Policy*, 32(4), 679-691.
- González-Sanabria, J. S., Díaz-Peñuela, J. S., & Castro-Romero, A. (2019). Análisis de los Indicadores de Citación de las Revistas Científicas Colombianas en el Área de Ingeniería. *Análisis de los Indicadores*.
- González-Zabala, M. P., & Angulo-Cuentas, G. L. (2017). Análisis de indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) propuestos por Instituciones de Educación Superior Latinoamericanas. *Espacios*, 38(60).
- Grupp, H. (1998). *Foundations of the Economics of Innovation*.
- Hernández, C. P., & Hernández, D. G. (2017). Evolution of state clusters related with technological capability in Mexico: Application of a multivariate statistical analysis of cluster. *Contaduría y Administración*, 2(62), 528-555.
- IMPI. (2019). *Guía del usuario de Patentes y Modelos de Utilidad*. México: Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.
- OMPI. (17 de Septiembre de 2019). Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Obtenido de https://www.wipo.int/sme/es/ip_business/utility_models/utility_models.htm
- Pakes, A., & Griliches, Z. (1984). Patents and R&D at the firm level: a first look. In Griliches, Z. (ed.), *R&D. Patents and Productivity*.
- Rodriguez, C. E. (2016). *El Sistema Nacional de Investigadores en Número*. CDMX: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Rojas, M. I., & Espejo, R. L. (2018). *Método de Ecuaciones Estructurales Econométricas para el Análisis de Gestión en Ciencia, Tecnología e Innovación*. Información Tecnológica.
- Salas, R. C. (2008). *Indicadores de ciencia, tecnología e innovación para la inteligencia competitiva de sistemas regionales de innovación*. Cuadernos de Administración.
- Sánchez, J., Gelvez, N., & Herrera, J. (2015). *Principales Indicadores En Ciencia, Tecnología E Innovación Y Su Capacidad En Medir El Impacto De Las Políticas Públicas*. Revista GTI.
- SHCP. (2019). *Gasto público por ramo*. Obtenido de <https://www.pef.hacienda.gob.mx/es/PEF/Tomol-III>

Este artículo puede citarse de la siguiente forma:

Citación estilo APA sexta edición

Rivera Oseguera, A. Del P., Mendoza Arango, I.M. & Panteleeva, O.V. (julio-diciembre de 2019). Un modelo en 6 etapas para construir un indicador de ICT en México. *Revista UPIICSA Investigación Interdisciplinaria*, 5(2), 17-32.

Citación estilo Chicago decimoquinta edición

Rivera-Oseguera, Andrea Del Pilar, Mendoza-Arango, Iván Manuel & Panteleeva, Olga Vladimirovna. Un modelo en 6 etapas para construir un indicador de ICT en México. *Revista UPIICSA Investigación Interdisciplinaria*, 5 No. 2 (julio-diciembre de 2019): 17-32.

Citación estilo Harvard Anglia

Rivera Oseguera, A. Del P., Mendoza Arango, I.M. & Panteleeva, O.V., 2019. Un modelo en 6 etapas para construir un indicador de ICT en México. *Revista UPIICSA Investigación Interdisciplinaria*, julio-diciembre, 5(2), pp. 17-32.

Citación estilo IEEE

[1] A. Del P. Rivera-Oseguera, I.M. Mendoza-Arango y O.V. Panteleeva. Un modelo en 6 etapas para construir un indicador de ICT en México. *Revista UPIICSA Investigación Interdisciplinaria*, vol. 5 No. 2, pp. 17-32, julio-diciembre de 2019.