

Volumen 4, Número 11 – Abril - Junio - 2017

ISSN 2410-3454

Revista de
Aplicaciones de la
Ingeniería

ECORFAN®



ECORFAN-Bolivia

Indización

Google Scholar

Research Gate

REDIB

Mendeley

RENIECYT

ECORFAN-Bolivia

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Regional

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD

Edición de Logística

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Diseñador de Edición

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, Volumen 4, Número 11, de Abril a Junio -2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: www.ecorfan.org, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. ISSN-En línea: 2410-3454 Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 30 de Junio 2017.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Servicio Nacional de Propiedad Intelectual.

Consejo Editorial

GALICIA-PALACIOS, Alexander. PhD
Instituto Politécnico Nacional- México

NAVARRO-FRÓMETA, Enrique. PhD
Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov-Rusia

BARDEY, David. PhD
University of Besançon-Francia

IBARRA-ZAVALA, Darío. PhD
New School for Social Research-U.S.

COBOS-CAMPOS, Amalia. PhD
Universidad de Salamanca-España

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD
University José Matías Delgado-El Salvador

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander- Colombia-Colombia

ROCHA-RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory-U.S.

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa-U.S.

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD
Universidad de la Habana-Cuba

VERDEGAY-GALDEANO, José. PhD
Universidad de Granada-España

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela-España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Pari- Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II-Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil-Ecuador

FRANZONI-VELAZQUEZ, Ana. PhD
Instituto Tecnológico Autónomo de México-México

OROZCO-GUILLÉN, Eber. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica-México

QUIROZ-MUÑOZ, Enriqueta. PhD
El Colegio de México-México

SALAMANCA-COTS, María. PhD
Universidad Anáhuac-México

Consejo Arbitral

MTT, PhD

Universidad de Granada-España

AH, PhD

Simon Fraser University-Canadá

AG, PhD

Economic Research Institute – UNAM-México.

MKJC MSc

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia

MRCY, PhD

Universidad de Guadalajara-México

MEC, PhD

Universidad Anáhuac-México

AAB, PhD

Universidad Autónoma de Sinaloa-México

EDC, MSc

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-México

JRB, PhD

Universidad Panamericana-México

AGB, PhD

Instituto de Biotecnología UNAM-México

ACR, PhD

Universidad Nacional Autónoma de México- México

ETT, PhD

CICATA-Instituto Politécnico Nacional-México

FVP, PhD

GHC, PhD

JTG, PhD

MMG, PhD

Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Economía-México

FNU, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

GLP, PhD
Centro Universitario de Tijuana-México

GVO, PhD
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- México

IAA, MsC
Universidad de Guanajuato-México.

IGG, MsC
Centro Panamericano de Estudios Superiores-México

TCD, PhD
Universidad Autónoma de Tlaxcala-México

JCCH, MsC
Universidad Politécnica de Pénjamo-México

JPM, PhD
Universidad de Guadalajara-México

JGR, PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla-México

JML, PhD
El Colegio de Tlaxcala-México

JSC, PhD
Universidad Juárez del Estado de Durango-México

LCL Ureta, PhD
Universidad de Guadalajara-México

MVT, PhD
Instituto Politécnico Nacional-México

MLC, PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada-México

MSN, PhD
Escuela Normal de Sinaloa-México

MACR, PhD
Universidad de Occidente-México

MAN, MsC
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato-México

MTC, PhD

Instituto Politécnico Nacional –UPIICSA-México

MZL, MsC

Universidad del Valle de México-México

MEC, PhD

Universidad Autónoma de San Luis Potosí-México

NGD, PhD

UDLA Puebla-México

NAL, MsC

Universidad Politécnica del Centro- México

OSA, PhD

Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos-México

OGG, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

PVS, PhD

Universidad Politécnica de Tecámac-México

MJRH, PhD

Universidad Veracruzana-México

SCE, PhD

Universidad Latina-México

SMR, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

VIR, PhD

Instituto Mexicano del Transporte-México

WVA, PhD

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo-México

YCD, PhD

Centro Eleia-México

ZCN, MsC

Universidad Politécnica de Altamira-México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Aplicaciones de la Ingeniería.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

Como primer artículo está *Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano* por ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, TALAVERA-RUZ, Marianela y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia con adscripción Universidad Autónoma de Querétaro, como siguiente artículo está *Estación de trabajo PLC- HMI Simatic con conectividad Ethernet en la Educación en Automatización de acuerdo a la industria 4.0* por JAMAICA-GONZÁLEZ, Alejandro & ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo, con adscripción Universidad Autónoma de Querétaro, como siguiente artículo está *Estudio de validez y confiabilidad para instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución* por TALAVERA-RUZ, Marianela, con adscripción Universidad Autónoma de Querétaro, como siguiente artículo está *Tendencias de la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo en la industria 4.0: Potencialidades y beneficios* por YNZUNZA, Carmen, IZAR, Juan, LARIOS, Martín, AGUILAR, Felipe, BOCARANDO, Jacqueline y ACOSTA, Yuliana, con adscripción Universidad Tecnológica de Querétaro y Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Contenido

Artículo	Página
Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, TALAVERA- RUZ, Marianela y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia	1-7
Estación de trabajo PLC- HMI Simatic con conectividad Ethernet en la Educación en Automatización de acuerdo a la industria 4.0 JAMAICA-GONZÁLEZ, Alejandro & ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo	8-12
Estudio de validez y confiabilidad para instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución TALAVERA-RUZ, Marianela	13-29
Tendencias de la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo en la industria 4.0: Potencialidades y beneficios YNZUNZA, Carmen, IZAR, Juan, LARIOS, Martín, AGUILAR, Felipe, BOCARANDO, Jacqueline y ACOSTA, Yuliana	30-43
<i>Instrucciones para Autores</i>	
<i>Formato de Originalidad</i>	
<i>Formato de Autorización</i>	

Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano

ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique^{1*†}, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra², TALAVERA-RUZ, Marianela³ y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia³

Universidad Autónoma de Querétaro, ¹Facultad de Ingeniería Estudiante de la Maestría en Diseño e Innovación, ²Profesor investigador adscrito a la Facultad de Ingeniería campus Amazcala, ³Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración

Recibido Mayo 08, 2017; Aceptado Junio 04, 2017

Resumen

La apicultura de precisión es la combinación de tecnologías de la información y la comunicación con conocimientos científicos en materia de apicultura, la cual ha tomado especial importancia en los últimos años debido a sus crecientes aplicaciones y su potencial para aumentar la eficacia de los sistemas de producción apícolas tradicionales. En México un país en el cual la apicultura predominantemente había sido una actividad rural de carácter social, últimamente ha estado expuesta a nuevos retos y adversidades que la han colocado en un estado de transición, crisis y adaptación lo cual vuelve conveniente evaluar la posibilidad de introducir nuevas tecnologías que permitan el desarrollo de paquetes tecnológicos para una apicultura de precisión como solución a los problemas presentes. El diseño de colmenas de materiales mas ligeros y automatizadas así como el uso de aplicaciones en dispositivos móviles como la realidad aumentada junto con la capacitación de personas interesadas en esta actividad puede impulsar la cría de abejas y producción de miel, propóleo, jalea real y subproductos con valor agregado.

Apicultura, Precisión, Actividad Social, Realidad Aumentada

Abstract

Precision beekeeping is the combination of information technology and communication with scientific knowledge in the field of beekeeping, which has taken special importance in recent years due to its growing applications and its potential to increase the efficiency of production systems traditional apiculture In Mexico, a country in which beekeeping has predominantly been a rural activity of a social nature, has lately been exposed to new challenges and adversities that have put it in a state of transition, crisis and adaptation, which makes it convenient to evaluate the possibility of introducing new technologies that allow the development of technological packages for a precision beekeeping as a solution to the present problems. The design of hives of lighter and automated materials as well as the use of applications in mobile devices such as augmented reality together with the training of people interested in this activity can promote the breeding of bees and production of honey, propolis, royal jelly and byproducts with added value.

Apiculture, Accuracy, Social Activity, Augmented Reality

Citación: ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, TALAVERA-RUZ, Marianela y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia. Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017. 4-11: 1-7

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: bryanrkt@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La apicultura, se define como el Conjunto de técnicas y conocimientos relativos a la cría de las abejas (RAE, 2016), específicamente a las pertenecientes al género *Apis*, como la especie *Apis mellifera* conocida como la abeja domestica europea.

Es una actividad muy antigua que se ha desarrollado en diferentes partes del mundo, fruto de la relación entre el hombre y la naturaleza.

La referencia más remota se encuentra en las pinturas rupestres de las cuevas de la Araña en Valencia España que datan aproximadamente del año 7 a.C. (Correa Benítez, 2004). En la actualidad cerca del 79% del suministro humano de comida depende de la polinización, específicamente la *Apis mellifera* el animal polinizador cosmopolita más distribuido alrededor del mundo (Nielson, Cox, & Nielson, 2013)(Fitzgerald, Edwards- Murphy, Wright, Whelan, & Popovici, 2015).

La agricultura de precisión (PA por sus siglas en inglés Precision Agriculture) permite al productor tener acceso a los parámetros relacionados con sus cultivos a través de la recolección de datos empleando sistemas digitales, confiriéndole la facultad de modificarlos manual, periódica o automáticamente buscando como resultado mejores rendimientos en las cosechas y un manejo óptimo de recursos (Mat, Kassim, & Harun, 2015).

Sus métodos han sido adaptados a distintas aplicaciones, todas derivadas de la PA como lo es el cultivo agrícola, la ganadería, la viticultura, la horticultura, la silvicultura y la apicultura de precisión (PB del termino en inglés Precision beekeeping).

La PB es una sub-rama de la agricultura de precisión, definida como una estrategia de gestión basada en el monitoreo individual de colmenas para disminuir el consumo de recursos y para maximizar la productividad de las abejas.

El proceso al igual que la agricultura de precisión cuenta con tres fases: recolección de datos, análisis de datos y aplicación (Zacepins, Brusbardis, Meitalovs, & Stalidzans, 2015).

Metodología

El presente artículo pretende ilustrar las áreas de oportunidad para la adopción de tecnologías en el entorno apícola mexicano, siendo un sector que se encuentra tambaleante ya que se conoce que se abandona la práctica debido al bajo ingreso que ésta genera.

Es probable que el desarrollo y adopción de tecnologías apropiadas permitan al apicultor resolver los retos a los que se enfrenta haciendo la actividad más fácil y productiva, lo que le daría márgenes de ganancia adecuados.

Es por esto que se hace una revisión de tecnologías que en su conjunto permitan el desarrollo y propuesta de paquetes tecnológicos que con su adopción simplifiquen las prácticas apícolas y resuelvan problemáticas puntuales.

Análisis del sector apícola en México

En México la apicultura se ubica entre los tres primeros lugares en el sector pecuario como generadora de divisas, en 2012 alrededor de 41 000 familias contaban con 1 898 239 colmenas, de las que se obtuvieron 58,602 toneladas de miel con un valor en el mercado de 2 002 802 000.00 pesos; a ello hay que sumarle el valor de los cultivos cosechados gracias a la polinización de las abejas y sus servicios ecológicos. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2016).

Desde finales de la década de los ochenta la apicultura en México se ha visto afectada ante la pérdida de competitividad debido a sus elevados costos de producción, dificultad de acceso al crédito y rezago de innovaciones tecnológicas, así como el cambio climático global (Le Conte, 2008), enfermedades como la loque, enfermedad que ataca las larvas y pupas de las abejas ocasionada por *Melissococcus pluton*, la intrusión de factores biológicos como la abeja africanizada, el acaro Varroa destructor y el pequeño escarabajo de la colmena (PEC) (Rosenkranz, 2010); todo esto ha impactado en el rendimiento por colmena y ha ocasionado inestabilidad del sector apícola tras obligar a muchos apicultores a abandonar la actividad (Contreras Escareño, 2013); (Pinto & Puker, 2012).

Efectos del aumento en la dificultad de las labores apícolas en México

Se ha observado que la aparición de factores biológicos que afectan a las abejas, el rezago tecnológico de la apicultura en México, procesos que distan de cumplir con las normas de calidad HACCP, la dificultad de acceso a zonas rurales, la falta de capacitación y organización de los apicultores, el intermediarismo y competencia en el mercado internacional han orillado a muchos apicultores a abandonar la actividad al dejar de ser competitivos.

Al comparar la información del VII Censo Agrícola Ganadero de 1991 contra la del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, se encuentra que a nivel nacional existe una disminución en el número de productores del 62.2% (72 821 productores), al pasar de 106 802 productores a 33 981 productores entre los dos eventos censales (INEGI, 2012).

La principal causa de esto es la incapacidad del apicultor de adaptarse y sobrellevar los retos que el entorno apícola presenta.

La producción de miel se vio mermada a partir de la intrusión de la abeja africana al país a finales de la década de los ochenta ya que por adaptación las abejas africanizadas son más propensas a multiplicar su población que a almacenar cantidades considerables de miel. Lo anterior aunado a la llegada del ácaro Varroa a inicios de los noventa y del PEC en 2007 (Saldaña Loza, 2014), impulsó a los apicultores a implementar cambios en los manejos apícolas, lo que ha encarecido considerablemente su actividad, reducido su rendimiento y por ende sus ganancias y rentabilidad. Algunas de las medidas adoptadas por los apicultores se mencionan en la tabla I.

1.	Reubicación de apiarios: tuvieron que ser alejados de zonas habitadas y de áreas de pastoreo, esto para evitar ataques por parte de las abejas.
2.	Necesidad de equipo de protección: El manejo de la abeja africanizada al ser más defensiva que su pariente europea precisa del uso de equipo de protección (overol, velo, guantes, botas).
3.	Cambio periódico de reinas: Fue necesario sustituir las reinas africanizadas por reinas mansas, "poco enjambradoras" y "mieleras".
4.	Suministro de alimentación artificial: Para aumentar la resistencia del enjambre a parásitos, condiciones climáticas adversas y enfermedades en épocas de poca floración.
5.	Cosecha de miel segmentada: Los apicultores se dieron cuenta que debían realizar varias cosechas a lo largo de la temporada para evitar que las abejas africanizadas la invirtieran en cría.
6.	Aplicación de pesticidas para el control de patógenos: La aparición del acaro Varroa precisó de la aplicación de pesticidas para su control.
7.	Supervisión constante a las colmenas: desde entonces fue necesario revisar con mayor frecuencia las colmenas para verificar que en caso de ser víctimas de alguna invasión o enfermedad poder responder a tiempo y contrarrestar los efectos de estas.
8.	Necesidad de mover colmenas entre floraciones: ya sea por escasez o irregularidad en las manchas florales o por proporcionar servicios de polinización a cultivos agrícolas cada vez es más frecuente cambiar la ubicación de las colmenas.

Tabla 1 Adaptaciones y nuevos manejos apícolas

Fuente: Elaboración propia, (Guzmán Novoa, 2011) (Sagarpa, 2014).

Apicultura de precisión una posible solución

Actualmente se plantea la Apicultura de Precisión como una solución en México a las áreas de oportunidad enumeradas en la Tabla 1, pues permite realizar un monitoreo no presencial de las colmenas en los apiarios con una reducción considerable del tiempo invertido a estas labores, las cuales suelen ser periódicas variando de una hasta cuatro veces por mes dependiendo de las costumbres y métodos de cada apicultor.

Dicha frecuencia y cobertura en las revisiones es un factor que puede marcar la diferencia entre mantener una colmena saludable y la pérdida de la misma con todos sus habitantes.

La revisión de una colmena requiere de un mínimo de dos personas equipadas y capacitadas para la labor, toma en promedio unos cinco minutos una revisión de rutina para advertir anomalías dentro de la colmena (Sagarpa, 2014), sin embargo la actividad se complica conforme aumenta el número de colmenas y apiarios así como la distancia entre ellos, ya que depende de los recursos con los que el apicultor pueda contar para el transporte de equipo y personal entre colmenares, repercutiendo en la atención y cuidados que reciben en un determinado periodo de tiempo.

A través del monitoreo por PB de parámetros como la temperatura, la frecuencia sónica, el peso y la revisión de imágenes video grabadas a la entrada de la colmena, se pueden detectar en tiempo real situaciones importantes como la muerte masiva de abejas, la crianza intensiva, el estado de la colmena, estados sin cría, estados sin reina, estados pre-enjambración, hambruna, enfermedad y las actividades de vuelo anormales (Zacepins et al., 2015).

Esta información concentrada, organizada e interpretada correctamente permite al apicultor realizar medidas oportunas para corregir cualquier anomalía de manera puntual y precisa conduciendo a un manejo más eficiente del tiempo y los recursos.

Estado de la colonia	Indicador	Métodos para su detección
Ausencia de reinas	Cambio en el comportamiento y sonidos habituales de la colmena.	Sistema de medición continuo de sonido SMCS, video
Ausencia de cría	Cambio de temperatura en cámaras de crianza	Sensores de temperatura, SMCS, video
Defensa contra intrusos (avispas)	Sonidos y comportamiento	Video, SMCS.
Preenjambración, enjambración y post-enjambración	Cambios de temperatura, variaciones del peso de la colmena, patrones de comportamiento.	Sensores de temperatura, SMCS video, medición del peso de la colmena.
Hambruna	Variación en la temperatura, cambios de comportamiento.	Video, SMCS, sensores de temperatura distribuidos en la colmena.
Recolección de néctar	Rangos de temperatura adecuados, aumento de peso de la colmena, patrones de sonido.	Medición del peso y temperatura, video y SMCS
Enfermedad	Variaciones de temperatura en la colmena, comportamiento anormal.	Video, sensores de temperatura.
Muerte	Sonidos y variación de la temperatura en la colmena.	Sensores de temperatura, SMCS.
Recolección de polen	Patrones de comportamiento	Video, conteo de la salida y llegada de habitantes a la colmena

Tabla 2 Condiciones de la colmena, indicadores y tecnologías propuestas para su detección

Fuente: elaboración propia, (Zacepins et al., 2015)

Los datos recopilados como se muestra en la Tabla II, pueden dar información sobre el estado de la colmena una vez que se han determinado patrones normales de comportamiento de las abejas y cómo las condiciones climáticas o intrusión de agentes altera estos patrones (Perez et al. 2014).

Esto permite sincronizar actividades para reducir al mínimo los disturbios y daños dentro de la colmena.

Por ejemplo al comparar la temperatura interior de la colmena con la temperatura del ambiente se puede conocer si ha sido abandonada o si sus habitantes han muerto; la frecuencia sónica registrada dentro de la colmena puede advertir la formación de un enjambre y la medición del peso indicar el mejor momento para cosechar (Fitzgerald et al., 2015). Como se hace en algunos lugares del mundo como Alemania, Inglaterra, Dinamarca (Zacepins et al. 2015) y Chile (Negrete, 2017) y siguiendo la tendencia global del Internet de las Cosas (IoT), estos sensores pueden estar conectados a la web y mandar señales cuando las mediciones estén fuera de los parámetros establecidos.

La conexión a internet de dispositivos móviles permite la recepción de alarmas, mensajes SMS o correos electrónicos que insten a los apicultores acudir al lugar en donde tienen establecidas sus colmenas hacer una inspección y tomar acciones preventivas o de corrección inmediatamente.

Por otro lado en la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) se ha probado con éxito tecnología con el fin de facilitar el movimiento de las colmenas entre floraciones, como se comenta en la Tabla 1 esta actividad es debida a la escasez o irregularidad en las manchas florales o con el fin de proporcionar servicios de polinización a cultivos agrícolas. Se propone el diseño de colmenas más ligeras y fáciles de transportar y limpiar.

La UAQ haciendo uso de la Realidad Aumentada ha comenzado a generar una base de datos, que se pretende sea alimentada por los mismo apicultores, ésta permitirá dar información de interés como el tipo de miel y el rendimiento promedio de producción a partir de las flores encontradas.

Por otro lado permitirá que cada apicultor informe a redes de colaboración de apicultores en que parte se localizan éstas.

Retos para el desarrollo de Apicultura de Precisión en México

La primera etapa del desarrollo de la PB: la implementación de sensores y toma de datos, debería ser la más sencilla del proceso de adopción tecnológica, sin embargo los sensores y otros elementos se perciben aun caros por el sector de la población dedicado a esta actividad y un tanto desconocidos para muchos de los apicultores (Saldaña Loza, 2014).

Después de los primeros acercamientos con productores en la región bajío es posible darse cuenta que para muchos la apicultura es una actividad rural tradicional, por lo que la aceptación y operación de la tecnología puede representar un problema.

Aún así se ha observado que la mayoría cuanta con teléfonos móviles o bien algún familiar cercano a ellos e involucrado en la actividad apícola.

Es importante recordar que para la implementación de tecnología y análisis de datos indiscutiblemente es necesaria la intervención de centros de capacitación e investigación para el desarrollo de capital humano que desde distintas áreas se especialice en el sector apícola de Mexico y resuelva sus necesidades adecuadamente.

Por otro lado se considera importante incorporar métodos de seguimiento y trazabilidad a los productos obtenidos de la colmena: miel, propóleo, jalea real y productos derivados desde su origen hasta su destino (Negrete, 2015), con el fin de asegurar la calidad y garantizar la cadena de valor.

Conclusiones

Se ha podido constatar que la apicultura mexicana se ha desarrollado por medio de pequeños y medianos productores, con relevante participación en el mercado internacional, en estados como Jalisco más del 75 % de los apicultores son campesinos de bajos recursos cuyo promedio de edad en México es de 57 años (Saldaña Loza, 2014) que complementan sus ingresos con la apicultura y por lo general tienen menos de 100 colmenas, los cuales tienen en promedio 16.46 años de experiencia en el área (Contreras Escareño, 2013), mayormente compuesta por conocimiento empírico poco tecnificado.

El desarrollo e implementación de esta tecnología al entorno apícola mexicano requerirá de soluciones diseñadas como paquetes tecnológicos para que se adapten al perfil sociocultural y económico del apicultor Mexicano, también requerirá de una cadena de distribución y suministro que haga llegar esta tecnología a los usuarios con un servicio de posventa que facilite la capacitación, reparación y mantenimiento del sistema de la misma manera en que se han implementado este tipo de tecnologías disruptivas en naciones emergentes como la India (Govindarajan & Trimble, 2013).

Referencias

Contreras Escareño, F. (2013). Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(3). Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300009

Fitzgerald, D. W., Edwards-Murphy, F., Wright, W. M. D., Whelan, P. M., & Popovici, E. M. (2015). Design and development of a smart weighing scale for beehive monitoring. 2015 26th Irish Signals and Systems Conference, ISSC 2015, 2-7. <https://doi.org/10.1109/ISSC.2015.7163763>

ISSN 2410-3454

ECORFAN® Todos los derechos reservados

Guzmán Novoa, E. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*, 42(2). Recuperado el 02 de Noviembre de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922011000200005

INEGI . (2012). La apicultura en la Península de Yucatán : Censo Agropecuario 2007. Censo, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/agricola/peni_yuc_apicola/ApicYucatan.pdf

Jo-chi, C., Ming-Gong, L., & Shih-Shih, C. (2015). A mobile application for an ecological campus navigation system using Augmented Reality. 8th International conference on Ubi-Media Computing (págs. 17-22). Sri Lanka: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Le Conte, Y. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Rev. sci. tech*, 27(2), 499-510. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de https://www.researchgate.net/profile/Yves_Le_Conte/publication/23285587_Climate_change_impact_on_honey_bee_populations_and_diseases/links/00b7d51640427989f3000000.pdf

Mat, I., Kassim, M. R. M., & Harun, A. N. (2015). Precision agriculture applications using wireless moisture sensor network. 2015 IEEE 12th Malaysia International Conference on Communications, (1), 18-23. <https://doi.org/10.1109/MICC.2015.7725400>

Medrzycki, P. (2010). Influencia de la temperatura de la cría en el desarrollo de la abeja de la miel y susceptibilidad a la intoxicación por los pesticidas. *Journal of apiculture research*, 52-59

ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, TALAVERA-RUZ, Marianela y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia. Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería* 2017.

Mullin, C., Fraizer, M., Frazier, J., Ashcraft, S., Simonds, R., Engelsdopr, D., & Pettis, J. (19 de marzo de 2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. (F. Marion-Poll, Ed.) *Journal Plos one*, 5(3). doi:<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>

Negrete C. (2015), Precision Apiculture in Mexico, Current Status and Perspectives. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology Website: www.ijrdet.com* (ISSN 2347-6435(Online) Volume 6, Issue 1, January 2017)

Nielson, K., Cox, J. T., & Nielson, K. (2013). Design and Optimization of a Thermal Capacitor Utah State University. Department of Mechanical and Aerospace Engineering 44pp.

Noori, A.-W., Khelod, S., Ahmed, A.-G., & Mohammad, J. A. (2012). Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey: Human Health Hazards. (A. S. N. Ercal, Ed.) *ScientificWorldJournal*. doi: 10.1100/2012/930849

Oldroyd, B. P. (2007). What's Killing American Honey Bees? *PLoS Biol*, 5(6). doi:10.1371/journal.pbio.0050168

Perez et al. (2014). Caracterización acústica de la colmena para la detección temprana de contaminación por agroquímicos. *Nota técnica CANGUE no. 35* recuperado 17 de febrero 2017. eemac.edu.uy/cangue35_perez

Pinto, F., & Puker, A. (2012). The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in southeastern Brazil apiaries: effects of the hygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(5). doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352012000500017>

Raja, V., & Calvo, P. (28 de Noviembre de 2016). Augmented Reality: An Ecological Blend, *Cognitive Systems Research. Cognitive Systems Research*.

Rosenkranz, P. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96–119. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201109001906>

Sagarpa. (27 de Agosto de 2014). Manual basico de apicultura. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de [Sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx): <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Paginas/manualesapicolas.aspx>

Saldaña Loza, L. M. (2014). Manual: Nuevos manejos en la apicultura para el control del pequeño escarabajo de la colmena (Segunda ed.). México: Sagarpa, Servicios apicolas de Querétaro. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de <http://sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/final%20manual%2012da.pdf>

Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., & Stalidzans, E. (2015). Challenges in the development of Precision Beekeeping. *Biosystems Engineering*, 130, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.12.001>

Estación de trabajo PLC- HMI Simatic con conectividad Ethernet en la Educación en Automatización de acuerdo a la industria 4.0

JAMAICA-GONZÁLEZ, Alejandro †* & ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo

Universidad Autónoma de Querétaro

Recibido Marzo 15, 2017; Aceptado Mayo 14, 2017

Resumen

Se Presenta una Estación de Trabajo didáctico industrial en Automatización con PLC – HMI Simatic con conectividad Ethernet de acuerdo a la industria 4.0, que permite realizar conjuntamente en red la programación, diagnóstico e identificación de fallas.

Con este equipo se puede realizar hasta 127 secuencia diferentes y comunicarse con otras células de trabajo simulando una “fabrica inteligente”, donde máquinas inteligentes intercambien información entre sí. De Esta manera los alumnos recibirán prácticas actualizadas de acuerdo a las necesidades de las empresas en el área de PLC’s.

PLC, Automatización, PROFINET, Ethernet, HMI

Abstract

It presents an industrial didactic work station in Automation with PLC - HMI Simatic with Ethernet connectivity according to the industry 4.0, that allows to realize together in network the programming, diagnosis and identification of faults.

With this equipment you can perform up to 127 different sequences and communicate with other work cells simulating an "intelligent factory", where intelligent machines exchange information with each other. In this way the students will receive updated practices according to the needs of the companies in the area of PLC's.

PLC, Automation, PROFINET, Ethernet, HMI

Citación: JAMAICA-GONZÁLEZ, Alejandro & ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo. Estación de trabajo PLC- HMI Simatic con conectividad Ethernet en la Educación en Automatización de acuerdo a la industria 4.0. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017. 4-11: 8-12

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajamaica@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Actualmente la tecnología en sistemas industriales en automatización nos está rebasando debido a que están apostando las industrias a la actualización de maquinaria esto por los nuevos productos, calidad y tiempo de entrega. Este hecho ha permitido que el laboratorio de automatización de la universidad desarrolle y capacite a los alumnos de una manera integral en sistemas electromecánicos controlado por un PLC y visualización con una HMI.

Para esto se necesita que la universidad este desarrollando equipamiento de vanguardia en innovación tecnológica de acuerdo a la industria 4.0 a partir de las necesidades de las empresas facilitando la formación de profesionales competitivos. Por lo Tanto, el desarrollo de Estaciones Didácticos con PLC's contempla beneficios para que a futuro profesional aprendan a afrontar los diversos restos tecnológicos.

Comunicación industrial

La arquitectura de sistemas para la industria 4.0 requiere una comunicación continua a través de todos los niveles de un sistema de automatización. Ethernet es perfecto para esto, pero antes no era posible utilizar esta extendida tecnología a nivel de campo en la industria de procesos.

PROFINET es el estándar abierto de Ethernet Industrial de la asociación PROFIBUS Internacional (PI) según IEC 61784-2 (Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET) – RTE communication profiles); y uno de los estándares de comunicación más utilizados en redes de automatización. Profinet está basado en Ethernet Industrial, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI.

Entre sus características destaca que es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican por el bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se realizan dentro del bus.

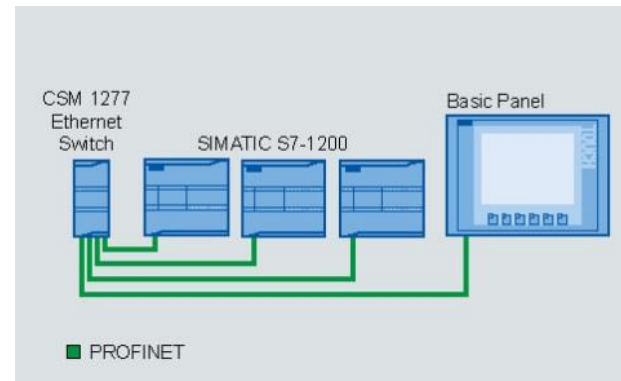


Figura 1 Red Profinet – Ethernet Tcp/ Ip

Características de la Estación de Trabajo con PLC – HMI.

El nuevo SIMATIC S7-1200 dispone de una interfaz PROFINET integrada que garantiza una comunicación perfecta con el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 BASIC integrado.

La interfaz PROFINET permite la programación y la comunicación con los paneles de la gama SIMATIC HMI BASIC PANELS para la visualización además que también se puede comunicar con otros equipos ya que usa el estándar Ethernet para el trabajo en red.

Para esto la célula de trabajo consta de un controlador lógico Programable (PLC) Simatic S7-1200 CPU 1214C que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización, ver fig. 2.

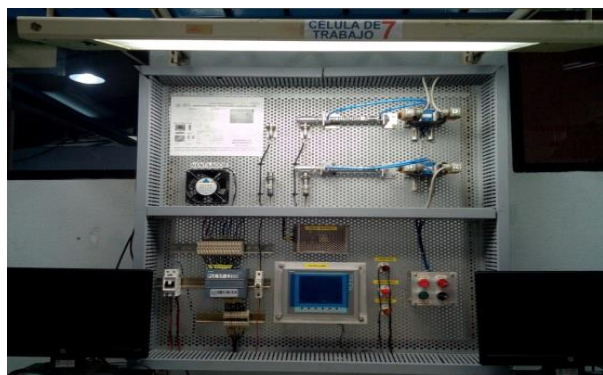


Figura 2 PLC Simatic S7-1200 Siemens CPU 1214C y HMI KTP 600

El CPU S7-1200 incorpora un puerto PROFINET que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP.

Las interfaces PROFINET establecen las conexiones físicas entre el software TIA PORTAL y el CPU que ofrece la función “auto-crossover”, es posible utilizar un cable Ethernet estándar o cruzado (“crossover”) para la interfaz. Para Conectar el software TIA PORTAL directamente al CPU S7-1200 no se requiere un switch Ethernet.

Para la Configuración de la dirección IP (Internet Protocol o Protocolo Internet). Esta dirección permite al dispositivo transferir datos a través de una red enrutada y más compleja. Toda la dirección IP se divide en segmentos de ocho bits (octetos) y se expresa en formato decimal separado por puntos, la primera parte de la dirección IP se utiliza para la ID de red, la segunda, para ID del host. Una dirección IP 192.168.x.y es una designación estándar reconocida como parte de una red privada que no se enruta vía internet.

Dado que los procesos son cada vez más complejos y los requisitos de funcionalidad de las máquinas e instalaciones son cada vez más exigentes, el operador precisa una herramienta potente para controlar y vigilar las plantas de producción.

Un sistema HMI (Human Machine Interface) ejerce de interfaz entre la persona (el operador) y el proceso (la máquina/instalación). Quien realmente controla el proceso es el controlador.

Por consiguiente, se emplea una interfaz entre el operador y WinCC(en el panel de mando) y otra interfaz entre WinCC y el controlador. WinCC es el software que permite realizar todas las tareas de configuración necesarias.

La comunicación Ethernet/IP se hace mediante una Simatic HMI KTP 600 BASIC. El puerto PROFINET del CPU S7-1200 se puede configurar para poder configurarse a una conexión con el HMI.



Figura 3 Diagrama de conexión Electrónico – Neumático – Eléctrico

Construcción de la Estación de Trabajo.

Sistema Neumático

En este bloque se agrupan tanto los actuadores neumáticos como el block de electroválvulas.

Los actuadores neumáticos que se cuenta son un actuador de doble efecto, un actuador lineal y un motor neumático.

El Actuador neumático de doble efecto del fabricante Festo tiene Diámetro: 40mm y Carrera: 2000mm, construido en acero inoxidable y Aluminio, cuenta con reguladores de caudal en ambos lados y tiene colocados sensores inductivos de Tensión: 24V, Tamaño M12, PNP Montaje a ras, para detectar inicio y fin de carrera. El actuador lineal es del fabricante Festo modelo 152890.

Las conexiones de aire comprimido provienen de la electroválvula de control, el rango para la presión de funcionamiento es de 0.5 a 10 bar, mientras que la presión de control es de 2 a 10 bar. Con la finalidad de tener una señal de retroalimentación para fines de control, se incluyeron dos sensores de proximidad por actuador, mismos que indican si el émbolo se encuentra en inicio o fin de carrera, la fijación de los sensores se realiza con ayuda de ellos.

El Flujo de aire comprimido que proporciona movimiento a los actuadores se controlan mediante un block de electroválvulas.

Bloque de Control

El PLC Seleccionado es un S7-1200 PCU 1214C AC/DC/Rly Simatic siemens 6ES7 214-1BG31-0XB0, fuente de alimentación 120/240V AV con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x Relé y AI2 integradas; conexión PROFINET para programación y HMI.

No obstante el PLC cuenta con 14 entradas, se consideró solo habilitar el uso de 9 de ellas, para esto se conectó un botón de arranque y otro de paro, selector de automático y manual, un botón de emergencia y 4 sensores de proximidad todos estos a +24V, que detectan inicio y carrera tanto del actuador lineal y el actuador de doble efecto. Para la salida se considera habilitar 8 salidas para activar 4 solenoides para controlar, 3 lámparas y un ventilador.

Resultados

De Acuerdo a las necesidades de las empresas se requiere hacer prácticas en las cuales los alumnos se vean involucrados casi de manera individual, lo que permitiría un resultado de aprendizaje mucho mejor y de calidad, por lo que se está trabajando en el diseño y construcción de estaciones de trabajo, ver fig. 4.



Figura 4 Laboratorio de Automatización y Robótica de la carrera de Mantenimiento área industrial – Div. Industrial

Referencias

Allen Bradley, “Presence Sensing Device”. 2017, Disponible en Internet: <http://ab.rockwellautomation.com/Sensors-Switches/Presence-Sensing>.

CERTSI, “Características y seguridad en PROFINET”, Cert de Seguridad e Industria. 2017, Disponible en Internet por INCIBE: <https://www.certsi.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>

FESTO, “Proximity Sensors”. Textbook FP 1110. 2017, Disponible en internet: http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/093046_web_leseprobe_3.pdf

SIEMENS, “Controlador Básico” Simatic S7-1200. 2017, Disponible en Internet: [Shttp://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s71200.aspx](http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s71200.aspx)

SIEMENS, “SIMATIC PX proximity switches”. 2017, Disponible en internet: <https://www.automation.siemens.com/simatic-sensors-static/ftp/e20001-a120-p872-x-7600.pdf>

Siemens Technical Education Program en California’s Leader in Automation (2010), Siemens Courses Online Basics of PLCs.

SIEMENS, “SIMATIC HMI”, Paneles de operador Basic Panels by Siemens AG Industry Sector Postfach 2012.

FESTO, “ Actuadores estándar” Catálogo, 2017. Disponible en Internet: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17218/Standardantriebe_es.pdf

Estudio de validez y confiabilidad para instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución

TALAVERA-RUZ, Marianela†*

Universidad Autónoma de Querétaro

Recibido Abril 10, 2017; Aceptado Mayo 19, 2017

Resumen

En la comunidad de negocios mundial se considera, por una variedad de autores, que, dentro de los activos intangibles de una compañía, el capital intelectual formado fundamentalmente por el conocimiento y la cultura organizacional es un valor estratégico (Frappaolo, 2006; Fuenzalida, 2004; Hunter, 2006; Kaplan y Norton, 2006; Kao, 2007; Stewart, 1998; Sveiby, 1997). Es por ello que desarrollar el capital intelectual puede aumentar el valor de las compañías y contribuir a la creación de riqueza a través de la capacidad de crear nuevo conocimiento (Martínez, 2004; Briceño y Bernal, 2010) y/o gestionarlo (Liberona & Ruiz, 2013). Desde la perspectiva de las capacidades dinámicas, las capacidades de absorción se presentan como aquellas que permiten que una organización adquiera, asimile y pueda explotar comercialmente el conocimiento adquirido del exterior por diferentes medios (Cohen & Levintal, 1980). El presente estudio busca determinar la validez y confiabilidad de un instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución y de esta manera, poder ser utilizado como parte de un proceso de investigación más profundo.

Diagnóstico, Absorción Potencial, Conocimiento

Abstract

In the global business community, it is considered by a variety of authors that, within the intangible assets of a company, intellectual capital formed primarily by knowledge and organizational culture is a strategic value (Frappaolo, 2006; Fuenzalida, 2004; Hunter, 2006; Kaplan y Norton, 2006; Kao, 2007; Stewart, 1998; Sveiby, 1997). This is why developing intellectual capital can increase the value of companies and contribute to the creation of wealth through the capacity to create new knowledge (Martínez, 2004, Briceño and Bernal, 2010) and manage it, which is the objective that is been pursued by the current knowledge management methodologies (Liberona & Ruiz, 2013). From the perspective of dynamic capacities, absorption capacities are presented as those that allow an organization to acquire, assimilate and be able to commercially exploit the knowledge acquired from abroad by different means (Cohen & Levintal, 1980). The present study seeks to determine the validity and reliability of an instrument for the diagnosis of potential absorption capacities and performed in an institution and in this way, to be used as part of a deeper investigation process.

Diagnosis, Potential Absorption, Knowledge

Citación: TALAVERA-RUZ, Marianela. Estudio de validez y confiabilidad para instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución 2017. 4-11: 13-29

*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: marianela.talavera.ruz@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la comunidad de negocios mundial se considera, por una variedad de autores, que el capital intelectual formado fundamentalmente por el conocimiento y la cultura organizacional de las empresas es sin duda un valor estratégico dentro de sus activos intangibles (Frappaolo, 2006; Fuenzalida, 2004; Hunter, 2006; Kaplan y Norton, 2006; Kao, 2007; Stewart, 1998; Sveiby, 1997). Es por ello que desarrollar el capital intelectual puede aumentar el valor de las compañías y contribuir a la creación de riqueza a través de la capacidad de crear nuevo conocimiento (Martínez, 2004; Briceño y Bernal, 2010) y gestionarlo, siendo este el objetivo que persiguen las actuales metodologías de gestión del conocimiento (Liberona & Ruiz, 2013).

La gestión del conocimiento es una disciplina que facilita la creación, el almacenamiento, la transferencia y la aplicación de conocimientos en las organizaciones (Liberona & Ruiz, 2013), buscando potenciar y desarrollar sus prácticas a través de la habilidad de aprender, adaptarse y cambiar rápidamente para obtener una ventaja competitiva importante (Argote e Ingram, 2000; Calantone, Cavusgil y Zhao, 2002; Kao, 2007).

Por ejemplo, en las empresas, los resultados de las innovaciones son generalmente aplicaciones de nuevos conocimientos o combinaciones de conocimientos ya existentes que, en el proceso de innovación, crean nuevo conocimiento basado en el conocimiento disponible. Este conocimiento necesita ser capitalizado y transferido a los trabajadores que participen en el proceso de tal manera que pueda ser útil para la empresa en el momento de su generación o captación así como en momentos posteriores, y por los mismos o diferentes trabajadores.

La gestión del conocimiento, como metodología, permite colaborar en la administración y el desarrollo de dicho conocimiento, logrando que la información genere acciones que creen valor, y de esta manera, se obtenga ventaja competitiva (Liberona & Ruiz, 2013).

Desde la perspectiva de las capacidades dinámicas, las capacidades de absorción se presentan como aquellas que permiten que una organización adquiera, asimile y pueda explotar comercialmente el conocimiento adquirido del exterior por diferentes medios (Cohen & Levintal, 1980). El presente estudio busca determinar la validez y confiabilidad de un instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución y de esta manera, poder ser utilizado como parte de un proceso de investigación más profundo.

Marco Teórico**Gestión del conocimiento y sus fases**

En el mundo económico, los productos están hechos conocimiento (Hausmann, Hidalgo, Bustos, Coscia, Simoes, y Yildirim, 2014). Cuando se habla del conocimiento hay que diferenciar claramente los componentes de lo que se conoce como la pirámide ó embudo del conocimiento.

La base está conformada por los datos, el cual es una representación simbólica (numérica, alfabética, etc.), atributo o característica de una entidad. El dato no tiene valor semántico (sentido) en sí mismo, pero puede ser procesado para utilizarse en la relación de cálculos o toma de decisiones. En el siguiente nivel se encuentra la información, que se define como un conjunto organizado de datos, que constituyen un mensaje sobre un determinado ente o fenómeno.

El nivel a continuación es el del conocimiento, que es la capacidad para actuar y para producir resultados, el entendimiento, la inteligencia y la razón natural. El último nivel es el de la sabiduría, considerado como el grado más elevado del conocimiento. A partir de dicha pirámide, se utiliza comúnmente la metáfora del embudo para denotar un proceso de filtrado desde los datos hasta obtener el conocimiento destilado para las empresas en forma de nuevos productos, nuevos servicios o nuevos procesos.

Los datos están localizados en el entorno, en tanto que el conocimiento está localizado en cualquier agente, sean personas u organizaciones. La información es el mediador entre ambos conceptos.

El conocimiento es inherente a la persona humana, es una capacidad que se adquiere a través de la experiencia vivida y es componente primordial del capital intelectual de las organizaciones. Para Davenport y Prusak (2000) el conocimiento es una mezcla de experiencia, valores, información y “saber hacer” que sirve como marco para la incorporación de nuevas experiencias e información, y es útil para la acción e implica identificar, estructurar y utilizar la información para obtener un resultado (ver Tabla 1). Davenport y Prusak (2000) consideran que el conocimiento en las organizaciones con frecuencia no sólo se encuentra dentro de documentos o almacenes de datos, sino que también está en rutinas organizativas, procesos, prácticas, y normas.

Dogdson, Gann y Salter (2008) establecieron que, al igual que el aprendizaje, el conocimiento se ha descrito como una característica central que define las empresas y su capacidad para competir. Según Kogut y Zander (1993), "las empresas son comunidades sociales que se especializan en la creación y transferencia interna de conocimiento".

Las empresas intensivas en capital y mano de obra, y el trabajo de rutina, son reemplazadas por empresas y actividades intensivas en conocimiento y por el trabajo del conocimiento (Amin y Cohendet 2004).

Considerando al conocimiento como parte de los activos intangibles de una organización, y que están integrados por el capital humano representado por el conjunto de conocimientos y capacidades de sus colaboradores; dichos conocimientos se manifiestan en el “know-how” de los empleados, patentes, marcas, etc.; y el conjunto de relaciones que mantienen con el exterior, tales como clientes, proveedores, otros agentes económicos, etc.

Este manejo del conocimiento, desde su absorción hasta su aplicación, forma parte de las capacidades dinámicas de la empresa.

Por capacidades dinámicas se consideran las habilidades de la organización para alcanzar nuevas formas de ventajas competitivas, que, de acuerdo con Teece et al. (1997) se logra mediante la adaptación, integración o reconfiguración de las capacidades organizacionales tanto internas como externas, de sus habilidades, recursos y/o competencias funcionales a los requerimientos del cambio del ambiente en el que se encuentra la organización.

Es la potencialidad de la empresa para generar nuevos saberes organizacionales, que, de acuerdo con Garzón (2015), surgen a partir de una continua creación, ampliación, mejoramiento, protección, integración y reconfiguración, entre otros, de sus competencias núcleo, para poder responder a los cambios en mercados y tecnologías.

Dentro de dichas capacidades se incluyen, entre otras, la absorción de conocimiento externo e interno y la habilidad de la empresa de configurar el entorno en el que opera, desarrollando nuevos o redefinidos modelos de negocio que le permitan ampliar sus ventajas competitivas.

Garzón (2015) considera, tras un estudio en el que integra y fusiona enfoques de diversos autores, cuatro capacidades dinámicas: capacidad de absorción, de innovación, de aprendizaje y de adaptación que contribuyen en la propuesta de valor para la empresa.

Capacidad de absorción se refiere al mecanismo interno de la organización que analiza diversos aspectos del conocimiento externo e interno y determina cuánto conocimiento externo es capaz de asimilar en función de los conocimientos que ya posee la empresa (Cohen y Levinthal, 1990).

La capacidad de innovación, de acuerdo con Wang y Ahmed (2004) citado en Garzón (2015) se refiere a “la habilidad de la organización para el desarrollo de nuevos productos y servicios, el desarrollo de nuevos métodos de producción, la identificación de nuevos mercados, el descubrimiento de nuevas fuentes de suministros y el desarrollo de nuevas formas organizativas, alineada a una orientación estratégica apropiada”. Capacidad de adaptación se define como el “ajuste estratégico organizacional y la estructura para adecuarse a las condiciones contextuales de la organización” (Garzón, 2015).

Las capacidades de aprendizaje son “la suma del aprendizaje individual y colectivo, que a su vez son resultado de procesos sociales, de interacción y reflexión, al compartir y explorar, dentro y fuera de la organización” (Garzón, 2015). Este estudio pretende el análisis de la capacidad dinámica de absorción.

Capacidad dinámica de absorción

Al referirse a la capacidad de absorción, diversos autores han propuesto dimensiones de análisis; en este sentido, Camisón y Forés (2014), tras un proceso de revisión de la literatura existente, coincide con Zahra y George (2002) y Camisón y Forés (2010) y destacando 4 dimensiones de análisis: 1) adquisición, 2) asimilación, 3) transformación y, 4) explotación; considerando a las primeras como capacidades de absorción potencial, y a las últimas, como capacidades de absorción realizada. Estas capacidades se desarrollan a partir de procesos iterativos de intercambio que generan “rentas relacionales” o, en otras palabras, beneficios generados por la interacción y los procesos de colaboración entre socios de diferentes organizaciones y entre miembros de una misma organización (Dyer y Singh, 1998), considerando que las empresas operan en sistemas abiertos en los que constantemente interactúan con agentes de su entorno intercambiando conocimiento (Chesbrough, 2003).

En el análisis de estos factores, resulta relevante destacar la importancia del diagnóstico interno en cuanto al conocimiento que se tiene, pero también en el comparativo en cuanto al conocimiento del que se carece, y la brecha que se forma, así como la conformación de procesos adecuados para detectar esas brechas, sus distancias y las posibilidades de las empresas para acercarse a lo que los procesos de vigilancia tecnológica apuntan como tendencias con grandes probabilidades de éxito.

Metodología

Objetivo

Determinar la validez y confiabilidad de un instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución para ser utilizado como parte de un proceso de investigación diagnóstica sobre grado de capacidad de absorción.

Justificación

La importancia de este estudio radica en que al obtener un instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada válido y confiable, con congruencia interna y garantizando con una alta confiabilidad la representatividad de las variables y su aportación a la aceptación del constructo. cuando menos a nivel exploratorio con el instrumento propuesto es posible obtener respuestas consistentes con un instrumento que si puede validar el constructo.

Se propone que con resultados que validen la hipótesis alternativa del estudio, el instrumento pueda ser utilizado en un estudio más profundo con un instrumento más completo que pueda evidenciar y contribuir a diagnosticar las capacidades de absorción inherentes en la institución, y de esta manera y en el largo plazo poder proponer mecanismos y políticas que mejoren las oportunidades de desarrollo de capacidades de absorción en beneficio de la organización. Esta investigación, aún sin ser un estudio concluyente, deja abierta la puerta a la mejora del instrumento. Se reconoce la necesidad de ser consistentes con un enfoque de Gestión del Conocimiento que trascienda la perspectiva funcionalista de la institución.

Hipótesis

- H0 El instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción no es estadísticamente confiable.
- H1 El instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción es estadísticamente confiable y válido con un α de Cronbach superior a 0.8 y una validación de juicio experto.
- H2 Todos los ítems incluidos en el instrumento contribuyen a representar el constructo aumentando la confiabilidad.

De acuerdo con Briones, G. (2002), el tipo de diseño del estudio que se propone es descriptivo, de validez y confiabilidad, ya que busca obtener un documento que permita detectar la percepción de los empleados sobre las etapas iniciales de la capacidad de absorción en la Institución objeto de estudio. De igual manera permite obtener un diagnóstico inicial que oriente sobre las características de gestión del conocimiento de la organización. Para ello, en esta investigación se realizaron los siguientes pasos:

1. *Indagación sobre los aspectos generales a considerar sobre etapas tempranas de la capacidad de absorción*

Se realizó una indagación exploratoria sobre las fases de la capacidad de absorción y los aspectos a considerar para determinar capacidad de absorción, así como delimitación de dimensiones e indicadores para la determinación de ítems y la escala adecuada para medir la percepción de los empleados.

2. *Determinación de variables representativas de las causas de abandono*

Derivado del análisis inicial y del marco referencial del estudio, se proponen los dimensiones e indicadores a considerar en el análisis, que sirvieron de base para la redacción de los ítems del cuestionario a utilizar. La siguiente tabla muestra el desglose de descriptores propuestos, incluyendo para cada dimensión entre 16 y 19 ítems:

Dimensión	Variables	Indicadores	Codificación
		Capacidad de absorción potencial	
Capacidad de absorción potencial	Adquisición	Interacción con la Coordinación General	InteraccionCGUT
		Interacción con otras Universidades del Subsistema	InteraccionOtrasUT
		Interacciones con otras Universidades fuera del Subsistema	InteraccionOtrasEx
		Visitas a otras Universidades	VistaUniversidad
		Utilización de medios informales para recopilación de información	InfoIndustrialInformal
		Utilización de medios formales para recopilación de información	InfoIndustriaformal
		Asistencia a eventos para recopilar nuevos conocimientos	FeriasCongresos
		Organización de eventos para recopilar nuevos conocimientos	Eventospropios
		Experiencia previa del empleado	Experiencia
		Conocimientos documentados sobre experiencia previa	Experiencia Documentada
	Asimilación	Utilización de la experiencia previa para mejora de servicios	ExperienciaUtilizada
		Comparación de visitas con otras Universidades	VisitasOtras
		Reuniones especiales con externos para adquirir nuevos conocimientos	Reunion Conocimientos
		Acercamiento a terceros para escuchar necesidades	Terceros Necesidad
		Acercamiento a terceros para adquisición de conocimientos	Terceros Conocimiento
		Acercamiento personal para adquisición de información	Especialistas Adquisición
		Reconocimiento de la Institución sobre los cambios en el mercado	CambiosRec Mercado
		Entendimiento rápido de nuevas oportunidades	Oportunidades
		Análisis e interpretación rápida de las necesidades del mercado	CambiosMercado
		Capacidad de absorción realizada	Transformación
Existencia de sistema de información para documentar conocimientos generados externamente	Sistema		
Registro y almacenaje de conocimientos adquiridos	Registro Conocimiento		
Repositorio de información sobre grupos de interés para referencias futuras	ConsultaInfoExterior		
Reconocimiento de la Institución sobre la utilidad de los conocimientos externos	Utilidad Conocimientos		
Conocimiento externo como impulsor de mejora de la oferta de servicios	Uso Conocimiento		
Compartición de experiencias prácticas	Experiencia Compartida		
Conocimientos externos trabajados para aprovechar oportunidades de mejora de oferta de servicios	MejorarOferta		
Reuniones periódicas de la Institución para análisis de tendencias y desarrollo de nuevos productos	ReunionTendencias		

Exploatación	Actividades descritas claramente	Actividades Descripción
	Conocimiento sobre como utilizar información del exterior en actividades internas	UtilizarInformacion
	Escucha activa sobre quejas	Quejas
	División clara de roles y responsabilidades	Roles
	Consideraciones constantes para explotar mejor el conocimiento en el área de trabajo	ExplotarConocArea
	Consideraciones constantes para explotar mejor el conocimiento en la Institución	ExplotarConocUni
	Constancia en acciones para explotar mejor el conocimiento	Acciones Explotar
	Dificultades para implementar nuevos productos y servicios	Dificultades
	Lenguaje común sobre servicios ofrecidos	Lenguaje
	Rotación de personal en la Institución	Rotacion
	Impacto de la rotación del personal en la calidad de los procesos de la Institución	RotacionCalidadUni
	Rotación de personal en el área	RotacionDivision
	Impacto de la rotación del personal en la calidad de los procesos del área.	Rotacion DivisionCalid

Tabla 1 Dimensiones y variables de análisis

3. Elaboración de instrumento

Las variables descriptoras constituyeron la base para la redacción de cada ítem del cuestionario, el cual fue realizado en forma de preguntas cerradas con respuesta en escala tipo Likert de 7 valores (*Totalmente en desacuerdo a Totalmente de acuerdo*).

El cuestionario incluyó dos secciones: 1) Información general del empleado, 2) Preguntas sobre las dos dimensiones de análisis.

En la segunda sección no se mencionan de manera evidente los temas para evitar desviaciones en las respuestas.

Dicha sección incluyó una serie de 41 ítems, divididos en 22 ítems para la primera dimensión de análisis y 19 para la segunda.

Dimensión		Variables	Ítem
Capacidad de absorción potencial	Adquisición		Nuestra Universidad tiene interacciones frecuentes con la CGUT para adquirir nuevos conocimientos
			Nuestra Universidad tiene interacciones frecuentes con otras Universidades del Subsistema de UT's y Politécnicas para adquirir nuevos conocimientos.
			Nuestra Universidad tiene interacciones frecuentes con otras Universidades que no pertenecen al Subsistema de UT's y Politécnicas para adquirir nuevos conocimientos.
			Los empleados de nuestra Universidad visitan regularmente otras Universidades
			Recopilamos información de la industria a través de medios informales (por ejemplo, almuerzo con amigos de la industria, conversaciones con socios comerciales)
			Recopilamos información de la industria a través de medios formales (por ejemplo, AST's, reuniones con empresarios, trabajos colaborativos)
			La Universidad regularmente asiste a ferias, Congresos, exposiciones o eventos que proporcionan nuevos conocimientos.
			La Universidad regularmente lleva a cabo eventos como Congresos, exposiciones o talleres que proporcionan nuevos conocimientos
			Los empleados contratados cuentan con experiencia previa del sector industrial
			Los conocimientos de los empleados con experiencia previa en el sector industrial son documentados.
			Los conocimientos de los empleados con experiencia previa en el sector industrial son utilizados para mejorar los servicios que se ofrecen.
			Otras Universidades de nuestro sistema se visitan poco.
			Nuestra Universidad organiza periódicamente reuniones especiales con clientes o terceros para adquirir nuevos conocimientos.
			Los empleados se acercan regularmente a terceros tales como contadores, consultores, Ingenieros de Sistemas, Ingenieros de Producción, Ingenieros de Logística, Ingenieros de Mantenimiento, etc. para escuchar sus necesidades.
			Los empleados se acercan regularmente a terceros tales como contadores, consultores, Ingenieros de Sistemas, Ingenieros de Producción, Ingenieros de Logística, Ingenieros de Mantenimiento, etc. para adquirir nuevos conocimientos
			Yo me acerco regularmente a personal de otras empresas o instituciones tales como contadores, consultores, Ingenieros de Sistemas, Ingenieros de Producción, Ingenieros de Logística, Ingenieros de Mantenimiento, etc. como parte de mi labor de adquisición de información
		Asimilación	
			Cuando surgen nuevas oportunidades para servir a nuestros clientes, son rápidamente entendidas por nosotros
			Rápidamente analizamos e interpretamos las cambiantes demandas del mercado

Capacidad de absorción realizada	Transformación		Nuestra Universidad considera regularmente las consecuencias de las cambiantes demandas del mercado en términos de nuevos productos y servicios
			Existe un sistema de información en el que se documentan los conocimientos generados por fuentes externas a la Universidad.
			Los empleados registran y almacenan los conocimientos recién adquiridos para referencia futura
			La información que adquirimos del exterior puede ser consultada posteriormente (contamos con un repositorio sobre información de nuestros grupos de interés)
			Nuestra Universidad reconoce rápidamente la utilidad de nuevos conocimientos externos para mejorar el conocimiento existente
			El conocimiento obtenido del exterior es usado constantemente para mejorar nuestra oferta de servicios
			Los empleados comparten poco sus experiencias prácticas
			Trabajamos laboriosamente en las oportunidades de nuestra Universidad a partir de nuevos conocimientos externos para mejorar nuestra oferta de servicios
			Nuestra Universidad se reúne periódicamente para discutir las consecuencias de las tendencias del mercado y el desarrollo de nuevos servicios
		Explotación	
			Se sabe claramente cómo debe utilizarse la información del exterior en las actividades dentro de nuestra Universidad
			Las quejas de los clientes caen en oídos sordos en nuestra Universidad
			Nuestra Universidad tiene una clara división de roles y responsabilidades.
			En mi área, constantemente consideramos cómo explotar mejor el conocimiento
			En la Universidad, constantemente consideramos cómo explotar mejor el conocimiento
			En nuestra Universidad se realizan acciones constantes para explotar mejor el conocimiento
			Nuestra Universidad tiene dificultades para implementar nuevos productos y servicios
			Los empleados tienen un lenguaje común con respecto a los servicios que ofrece la Universidad
			En nuestra Universidad la rotación del personal es mínima
		El impacto en la calidad de los procesos de nuestra Universidad por la rotación del personal es mínimo	
	En nuestra División/Departamento la rotación del personal es mínima		
	El impacto en la calidad de los procesos de nuestra División/Departamento por la rotación del personal es mínimo		

Tabla 2 Ítems del cuestionario

Una vez obtenido el instrumento de medición, se realizó un prueba piloto para determinar la confiabilidad del instrumento a través del análisis de Alfa de Cronbach, debido a que, tanto las escalas como todos los instrumentos de medición deben ser plenamente válidos y confiables, o en otras palabras, mostrar altos valores de validez y de confiabilidad.

Entiéndase por validez la capacidad del instrumento de medir el constructo que pretende cuantificar y la confiabilidad, como la propiedad de mostrar resultados similares libres de errores en repetidas mediciones.

En este caso asumimos que las condiciones de aplicación de la escala y de los atributos investigados (capacidad de absorción) cuantificado se mantienen estables en el tiempo.

La confiabilidad es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar la validez de un instrumento, son necesarios otros elementos, como el análisis de juicio experto.

4. Selección de la muestra y aplicación del instrumento

El estudio fue realizado en la División Industrial de la Universidad Tecnológica de Querétaro, aplicando el cuestionario de manera digital a través de un formulario electrónico con personal de diferentes áreas y con diferentes niveles jerárquicos, seleccionando a los participantes a través de un muestreo por conveniencia, por lo que la técnica de muestreo fue no probabilística. Se tuvo un total de 11 participantes en la prueba.

Resultados y discusión

Para el procesamiento y análisis estadístico, se utilizaron los programas de Microsoft Excel y SPSS. Se realizaron estadísticos descriptivos y estadística inferencial.

Estadística descriptiva

	Media	Desviación estándar	N de análisis
InteraccionCGUT	3.9091	1.97254	11
InteraccionOtrasUT	3.7273	1.90215	11
InteraccionOtrasEx	3.1818	1.83402	11
VistaUniversidad	2.7273	1.10371	11
InfoIndustriaInformal	3.6364	1.12006	11
InfoIndustriaformal	6.0909	1.51357	11
FeríasCongresos	4.9091	1.81409	11
Eventospropios	5.9091	1.57826	11
Experiencia	5.0909	1.44600	11
ExperienciaDocumentada	3.3636	2.15744	11
ExperienciaUtilizada	3.3636	1.91169	11
VisitasOtras	4.4545	1.69491	11
ReunionConocimientos	4.55	1.753	11
TercerosNecesidad	3.8182	1.94001	11
TercerosConocimiento	3.6364	1.80404	11
EspecialistasAdquisición	5.7273	1.79393	11
CambiosRecMercado	3.6364	1.96330	11
Oportunidades	3.6364	1.85864	11
CambiosMercado	2.9091	1.44600	11
CambiosProductos	3.0909	1.64040	11
Sistema	3.2727	2.14900	11
RegistroConocimiento	3.0909	2.42712	11
ConsultaInfoExterior	2.4545	1.86353	11
UtilidadConocimientos	2.9091	1.70027	11
UsoConocimiento	3.3636	1.80404	11
ExperienciaCompartida	5.2727	2.32770	11
MejorarOferta	3.0000	1.26491	11
ReunionTendencias	2.7273	1.90215	11
ActividadesDescripcion	3.1818	1.53741	11
UtilizarInformacion	2.3636	1.12006	11
Quejas	4.0909	2.21154	11
Roles	3.3636	1.74773	11
ExplotarConocArea	5.2727	1.79393	11
ExplotarConocUni	3.4545	1.57249	11
AccionesExplotar	3.6364	1.36182	11
Dificultades	5.4545	1.29334	11
Lenguaje	3.6364	1.91169	11
Rotacion	3.4545	2.42337	11
RotacionCalidadUni	3.8182	2.40076	11
RotacionDivision	4.0000	2.40832	11
RotacionDivisionCalid	4.6364	2.24823	11

Tabla 3 Estadísticos descriptivos

Como se puede observar, la percepción de los participantes señala que hay muy poca utilización de información provenientes del exterior para mejorar el conocimiento, debido a que se consulta poco la información externa, que se reúnen poco a nivel institucional para analizar tendencias y ajustar productos y servicios a las necesidades del mercado.

Se observa mucha variación, dada por una desviación estándar alta, en la perspectiva de los encuestados sobre la capacidad para explotar el conocimiento y las dificultades para responder a las necesidades del mercado.

Estadística Inferencial

Se realizó un análisis por coeficiente alfa de Cronbach para comprobar la confiabilidad y consistencia interna del instrumento y se obtuvo un α de 0.817, considerado como muy confiable (Herrera, 1998; George y Mallery, 2003). Nunnally(1967) señala que para una investigación básica se necesita al menos 0.8 y en investigación aplicada entre 0.9 y 0.95.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.817	.895	42

Tabla 4 Estadístico de fiabilidad Alfa de Cronbach

La confiabilidad tipo consistencia interna se refiere al grado en que los ítems que hacen parte la escala se correlacionan entre ellos, la magnitud en que miden el mismo constructo. Si los puntos que componen una escala teóricamente miden el mismo constructo, deben mostrar una alta correlación, es decir, la escala debe mostrar un alto grado de homogeneidad. La fiabilidad mediante el alfa de Cronbach asume que los ítems medidos en escala tipo Likert miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados (Welch y Corner, 1988). Cuanto más cerca se encuentre el valor de alfa a 1, mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. Para comprobar la validez del constructo que se propuso, se realizó un análisis de componentes con análisis factorial, es decir un análisis de no dependencia, incluyendo una prueba de esfericidad de Bartlett para comprobar la adecuación muestral y rotación VARIMAX, que dio como resultado la validación del modelo referencial propuesto.

Por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la Hipótesis alternativa: H1 El instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción es estadísticamente confiable y válido con un α de Cronbach superior a 0.8 y una validación de juicio experto.

Con respecto a la: H2 Todos los ítems incluidos en el instrumento contribuyen a representar el constructo aumentando la confiabilidad.

Se realizó un análisis de Estadísticos de total elemento, cuya finalidad es encontrar aquellos ítems que pueden causar que la prueba de fiabilidad se vea impactada de mayor manera y que por lo tanto, afecten la consistencia interna.

Este estadístico considera la varianza de escala si el elemento fuera suprimido así como la correlación total de elementos corregida.

La columna *Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido* de la Tabla 5, muestra que para los elementos marcados en amarillo, si son suprimidos, el Alfa aumenta, por lo que se apunta a modificaciones en el instrumento a través de suprimir dichos ítems o modificarlos mediante juicio experto.

En otras palabras, los ítems *Experiencia Compartida*, *Quejas* y *Dificultades* son los que, en caso de eliminarse provocarían que el α fuera mayor, y por lo tanto aumentaría la consistencia interna del instrumento, por lo que en una posterior iteración, se consideraría su eliminación una vez sea validado en contraste con la Teoría o partir de un juicio experto para modificar la redacción del reactivo y que este contribuya en la validación del constructo que se analiza en este trabajo.

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Correlación múltiple al Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
InteraccionCGUT	158.5455	1109.073	.196	.816
InteraccionOtrasUT	158.7273	1084.418	.404	.811
InteraccionOtrasEx	159.2727	1095.018	.332	.813
VistaUniversidad	159.7273	1090.618	.642	.810
InfoIndustrialInformal	158.8182	1125.964	.152	.817
InfoIndustrialFormal	156.3636	1081.655	.550	.809
FeriasCongresos	157.5455	1067.873	.569	.807
Eventospropios	156.5455	1084.673	.495	.810
Experiencia	157.3636	1098.655	.396	.812
ExperienciaDocumentada	159.0909	1089.691	.311	.813
ExperienciaUtilizada	159.0909	1082.891	.414	.811
VisitasOtras	158.0000	1094.000	.373	.812
ReunionConocimientos	157.9091	1083.291	.453	.810
TercerosNecesidad	158.6364	1112.255	.175	.816
TercerosConocimiento	158.8182	1055.964	.678	.805
EspecialistasAdquisición	156.7273	1101.218	.288	.814
CambiosRecMercado	158.8182	1048.364	.680	.804
Oportunidades	158.8182	1085.164	.409	.811
CambiosMercado	159.5455	1059.673	.817	.804
CambiosProductos	159.3636	1072.655	.589	.808
Sistema	159.1818	1072.164	.440	.809
RegistroConocimiento	159.3636	1017.455	.745	.799
ConsultaInfoExterior	160.0000	1077.600	.471	.809
UtilidadConocimientos	159.5455	1056.873	.714	.805
UsoConocimiento	159.0909	1057.491	.664	.805
ExperienciaCompartida	157.1818	1194.964	-.383	.832
MejorarOferta	159.4545	1105.873	.371	.813
ReunionTendencias	159.7273	1053.818	.658	.805
ActividadesDescripcion	159.2727	1070.618	.653	.807
UtilizarInformacion	160.0909	1080.891	.768	.808
Quejas	158.3636	1178.655	-.296	.829
Roles	159.0909	1114.291	.183	.816
ExplotarConocArea	157.1818	1135.564	-.001	.820
ExplotarConocUni	159.0000	1076.200	.582	.808
AccionesExplotar	158.8182	1091.564	.503	.811
Dificultades	157.0000	1178.000	-.462	.826
Lenguaje	158.8182	1101.564	.264	.814
Rotacion	159.0000	1075.800	.359	.811
RotacionCalidadUni	158.6364	1076.655	.357	.811
RotacionDivision	158.4545	1067.073	.418	.809
RotacionDivisionCalid	157.8182	1151.764	-.119	.825
PersonasCargo	157.8182	1019.164	.044	.886

Tabla 5 Estadísticas de total de elemento

Recomendaciones

Esta investigación, aún sin ser un estudio concluyente, deja abierta la puerta a la mejora del instrumento. Por ejemplo, los ítems señalados en la tabla 5, al ser suprimidos o modificados a través del análisis de juicio experto, pueden incrementar la confiabilidad del instrumento.

Los reactivos a considerar para su mejora son: Experiencia Compartida mediante sistemas de información (*ExperienciaCompartida*), Quejas, Explotar Conocimientos del área (*ExplotarConocArea*), *Dificultades* e Impacto en la calidad por la rotación del personal en una División (*RotaciónDivisionCalid*). Se reconoce la necesidad de ser consistentes con un enfoque de Gestión del Conocimiento que trascienda la perspectiva funcionalista de la institución, para articularse mejor con un enfoque más integrador de fortalecimiento de capacidades dinámicas que favorezca mejores condiciones de absorción, explotación del conocimiento y adecuación a las demandas de la sociedad del conocimiento.

Conclusiones

En conjunto, se puede observar que los factores analizados presentan consistencia interna y que cuando menos a nivel exploratorio con el instrumento propuesto es posible obtener respuestas consistentes con un instrumento que si puede validar el constructo.

Se propone, derivado de estos primeros resultados un estudio más profundo con un instrumento más completo que pueda evidenciar y contribuir a diagnosticar de manera profunda y veraz, las capacidades de absorción inherentes en la institución, y de esta manera y en el largo plazo poder proponer mecanismos y políticas que mejoren las oportunidades de desarrollo de capacidades de absorción en beneficio de la organización.

De la experiencia surgida de este estudio, aplica también la idea de asumir un proceso más explícito de construcción de capacidades y habilidades para plantear cada vez mejor los retos y los propósitos de la absorción en beneficio de la institución y todos sus grupos de interés.

Referencias

- AHUJA, G. y KATILA, R. (2001): Technological acquisitions and the innovation performance of acquiring firms: a longitudinal study. *Strategic Management Journal*, 22(3), 197-220.
- Alecke, B., Alsleben, C., Scharr, F. y Untiedt, G. (2006). Are there really high-tech clusters?: The geographic concentration of German manufacturing industries and its determinants. *Annals Regional Science*, 40, 19-42
- ARBUSSÀ, A y COENDERS, G. (2007): Innovation activities, use of appropriation instruments and absorptive capacity: evidence from Spanish firms. *Research Policy*, 36, 1545-1558.
- Barney, J. (1991). Firms resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17, 99-125.
- Barney, J. (2001). Resourced-based theories of competitive advantages: A ten-year retrospective on the resourced-based view. *Journal of Management*, 27 (6), 643-650.
- Becerra, F., y Naranjo, J.C. (2008) "La innovación tecnológica en el contexto de los clusters regionales." *Revista Cuadernos de Administración* 21.37 : 133+. Informe Académico. Web. Recuperado de: [http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA191856873&v=2.1&u=pu&it=r&p=IFME&sw=w&asid=a26652bd065bd648f8d9360471ea471e.\(24-06-16\)](http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA191856873&v=2.1&u=pu&it=r&p=IFME&sw=w&asid=a26652bd065bd648f8d9360471ea471e.(24-06-16))
- Beesley, L. (2004). Multi-level complexity management of knowledge networks. *Journal of Knowledge Management*, 8 (3), 71-88.
- Black, G., Church, H. y Holley, D. (2004). Empirical estimation of agglomeration economies associated with research facilities. *Atlantic Economic Journal*, 32 (4), 320-328.
- Blasio, G. y Di Addario, S. (2005). Do workers benefit from industrial agglomeration? *Journal of Regional Science*, 45 (4), 797-827.
- Boutilier, R. (2007). Social capital in firm-stakeholder networks: A corporate role in community development. *Journal of Corporate Citizenship*, 26, 121-134.
- Brenner, T. y Greiff, S. (2006). The dependence of innovativeness on the local firm population- An empirical study of German patents. *Industry and Innovation*, 13 (1), 21-39.
- Buitelaar, R. (2001). ¿Cómo crear competitividad colectiva? En *Productividad y competitividad: la estrategia económica del Tolima* (pp. 1-24). Ibagué: Centro de Productividad del Tolima.
- Burgelman, R., Christensen, C., Wheelwright, S. (2009) *Strategic Management of Technology and Innovation*, McGraw-Hill Irwin, Boston, 5a. Edición.
- CALOGHIROU, Y.; KASTELLI, I y Tsakanikas, A. (2004): Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance? *Technovation*, 24(1), 29-39.
- CAMISÓN, C. ; FORÉS, B. y Puig, A. (2009): Effect of shared competences in industrial districts on knowledge creation and absorptive capacity. *International Journal of Social and Human Sciences*, 3, 1307-1321.

Camisón, C., Forés, J. (2014) Capacidad de absorción: antecedentes y resultados, *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 391, 2014 págs. 13-22

Camisón C., y Forés, B. (2010): Knowledge absorptive capacity: New insights for its conceptualization and measurement. *Journal of Business Research*, 7(63), 707-715.

Camisón, C., Lapiedra, R., Segarra, M. y Boronat, M. (2003). Marco conceptual de la relación entre innovación y tamaño organizativo. Madrid+D, 19. Recuperado en febrero de 2008, de <http://www.madrimasd.org/revista/revista19/tribuna/tribuna1.asp>.

Callejón, M. (1998). *Concentración geográfica de la industria y economías de aglomeración*. Barcelona: Universidad de Barcelona Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales-Free Press.

Carroll, A. (1993). *Business and society: Ethics and stakeholder management*. Cincinnati: South-Western Publishing.

Cepeda-Carrión, G.; Cegarra-Navarro, J.G. Y Jimenezjimenez, D. (2012): The effect of absorptive capacity on innovativeness: Context and information systems capability as catalysts. *British Journal of Management*, 23(1), 110-129.

COHEN, W.M. y LEVINTHAL, D.A. (1990): Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.

Cooke, P. (2001). Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, 10 (4), 945-974.

Charmaz, K. (2014). *Constructing Grounded Theory* (2nd ed.): Sage Publications

Chávez, J.C., García, K. (2015) Identificación de Clusters Regionales en la Industria Manufacturera Mexicana . Banco de México, Documentos de Investigación,. Working Papers N° 2015-19,

Chesbrough, H. (2003) *Open Innovation: The new imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Press.

Cohen W.M. & Levinthal D.A. (1990) Absorptive Capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35(1) pp. 128-152

Corrales, S. (2007). “Importancia del cluster en el desarrollo regional actual”, *Frontera Norte*, núm. 37. Tijuana, México: El Colegio de la Frontera Norte, enero-junio, pp. 173-201.

DECRETO POR EL QUE SE CREA EL PREMIO NACIONAL DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, (2010) (Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de diciembre de 2010), Distrito Federal

Dodgson, M., Gann, D., & Salter, A. (2008). *The Management of Technological Innovation (2nd ed.)*: Oxford University Press.

Dyer, J.H. y Singh, H. (1998): The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *Academy of Management Review*, 23(4), 660-679.

Eraydin, A. y Armatli-Köroglu, B. (2005). Innovation, networking and the new industrial cluster: The characteristics of networks and local innovation capabilities in the Turkish industrial cluster. *Entrepreneurship and Regional Development*, 17 (4), 237-266.

ERRAMILI, M.K.; AGARWAL, S. y DEV, C.S. (2002): Choice between non-equity modes: An organizational capability perspective. *Journal of International Business Studies*, 33, 223-242.

ESCRIBANO, A.; FOSFURI, A. y TRIBÓ, J.A. (2009): Managing external knowledge flows: The moderating role of absorptive capacity. *Research Policy*, 38(1), 96-105.

Farrukh, R. Phaal, D.R. Robert, P. (2001) Industrial practice in technology planning—implications for a useful tool catalogue for technology management, in: D.F. Kocaoglu, T.R. Anderson (Eds.), *Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, Portland,

Fernández, V.R., y Vigil, J.I. (2007). “Clusters y desarrollo territorial. Revisión teórica y desafíos metodológicos para América Latina”, *Economía Sociedad y Territorio*, núm. 24. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México, mayo-agosto, pp. 859-912.

FOSFURI, A. y TRIBÓ, J.A. (2008): Exploring the antecedents of potential absorptive capacity and its impact on innovation performance. *Omega*, 36, 173-187.

FRANCALANCI, C. y MORABITO, V. (2008): IS integration and business performance: The mediation effect of organizational absorptive capacity in SMEs. *Journal of Information Technology*, 23(4), 297-312.

Frappaolo, C. (2006). *Knowledge Management*. West Sussex: Captstone Publishing.

Fuenzalida, D. (2004). *E-Learning, una herramienta para la educación ejecutiva*. Santiago de Chile: Palo Alto.

Garzón, M.A. (2015). Modelo de capacidades dinámicas. *Revista Dimensión Empresarial*, vol. 13, núm. 1, p. 111-131. **DOI:** <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v13i1.341>

Gereffi, Gary (2001). “Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización”, *Problemas del desarrollo*, núm. 125, México: IIEc-unam, abril-junio.

González, O. (2012) Sistemas productivos locales en América Latina: revisión de alcances y límites *Espiral*, vol. XIX, núm. 53, enero-abril, 2012, pp. 9-31, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México

Gregory, M. Technology management: a process approach, *Proc. Inst. Mech. Eng.* 209 (1995) 347–356

Huerta, P., Navas, J. y Almodóvar, P. (2004). La diversificación desde la teoría de recursos y capacidades. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, 14, 87-104.

Huggins, R. (2000). The success and failure of policy-implanted inter-firm network initiatives: motivations, processes and structure. *Entrepreneurship & Regional Development*, 12, 111-135.

Hunter, A. (2006). Contouring of knowledge for intelligent searching for arguments. In *Proceedings of the 17th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'06)*. IOS Press. *elInnovationRoadmapping* propuesto por la Universidad de Leipzig en su *Handbook en su TechnologyRoadmapping* (2009)

Instituto de Normalización y Certificación. (2007). *Sistema de Gestión de la Tecnología: Terminología, Referencia* NMX-GT-001-IMNC-2007

Jamrog, J., Vickers, M. y Bear, D. (2006). Building and sustaining a culture that supports innovation. *Human Resources Planning*, 29 (3), 9-19.

JANSEN, J.; VAN DEN BOSCH, F. y VOLBERDA, H. (2005): Managing potential and realized absorptive capacity: how do organizational antecedents matter. *Academy of Management Journal*, 48(6), 999-1015.

KAMIEN, M.I. y ZANG, I. (2000): Meet me half-way: research Joint Ventures and absorptive capacity. *International Journal of Industrial Organization*, 18, 995-1015.

KIM, L. (1998): Crisis construction and organizational learning: capability building in catching-up at Hyundai Motor. *Organization Science*, 9(4), 506-521.

KOSCHATZKY, K. (2002): Networking and knowledge transfer between research and industry in transition countries: empirical evidence from the Slovenian Innovation System. *Journal of Technology Transfer*, 27(1), 27-38.

KOSTOPOULOS, K. ; PAPALEXANDRIS, A.; PAPACHRONI, M. y IOAN NOU, G. (2011): Absorptive capacity, innovation, and financial performance. *Journal of Business Research*, 64(12), 1335-1343.

KUMAR, S. y SETH, A. (2001, August): Knowledge, absorptive Capacity, and the theory of the diversified firm. *Academy of Management Proceedings*, 1, E1-E6.

Lafourcade, M. y Mion, G. (2007) Concentration, agglomeration and the size of plants. *Regional Science and Urban Economics*, 2007, vol. 37, issue 1, 46-68.

Lagendijk, A. y Charles, D. (1999). Clustering as a new growth strategy for regional economies?: A discussion of new forms of regional industrial policy in the United Kingdom. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Boosting innovation: The cluster approach* (pp. 127-154). París.

LANE, P.J.; KOKA, B. y PATHAK, S. (2006): The reification of absorptive capacity: a critical review and rejuvenation of the construct. *Academy of Management Review*, 31(4), 833-863.

LANE, P.J., SALK, J.E. y LYLES, M.A. (2001): Absorptive capacity, learning, and performance in international joint ventures. *Strategic Management Journal*, 22, 1139-1161.

LANE, P.J. y LUBATKIN, M. (1998): Relative absorptive capacity and interorganizational learning. *Strategic Management Journal*, 19, 461-477.

LAVIE, D. (2006): Capability reconfiguration: an analysis of incumbent responses to technological change. *Academy of Management Review*, 31, 153-174.

LENOX, M. y KING, A. (2004): Prospects for developing absorptive capacity through internal information provision. *Strategic Management Journal*, 25, 331-345.

LEV, S.; FIEGENBAUM, A. y SHOHAM, A. (2009): Managing absorptive capacity stocks to improve performance: Empirical evidence from the turbulent environment of Israeli hospitals. *European Management Journal*, 27(1), 13-25.

LEWIN, A.Y. y VOLBERDA, H.W. (1999): Prolegomena on coevolution: A framework for research on strategy and new organizational forms. *Organization science*, 10(5), 519-534.

- LIAO, J.; WELSCH, H. y Stoica, M. (2003): Organizational absorptive capacity and responsiveness: an empirical investigation of growth-oriented SMEs'. *Entrepreneurship Theory & Practice*, 28(1), 63-86.
- LIAO, S-H.; FEI, W-C. y Chen, C-C. (2007): Knowledge sharing, absorptive capacity, and innovation capability: an empirical study of Taiwan's knowledge-intensive industries. *Journal of Information Science*, XX, 1-20.
- LICHTENTHALER, U. (2009): Absorptive capacity, environmental turbulence, and the complementarity of organizational learning processes. *Academy of Management Journal*, 52(4), 822-846.
- Lira, L. (2003). "La cuestión regional y local en América latina". Serie Gestión Pública N° 44, ILPES/CEPAL. Santiago de Chile.
- MAHNKE, V.; PEDERSEN, T. y VENZIN, M. (2005): The impact of knowledge management on MNC subsidiary performance: The role of absorptive capacity. *Management International Review*, 45(special issue), 101-119.
- Manual de Oslo, Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. (2005). OCDE, Tercera Edición.
- MALIPIERO, A.; MUNARI, F. y SOBRERO, M. (2005): Focal firms as technological gatekeepers within industrial districts: knowledge creation and dissemination in the Italian packaging machinery industry. In the *Danish Research Unit for Industrial Dynamics (DRUID) Academy Winter 2005 PhD Conference*. Aalborg: University, Aalborg.
- MARTÍNEZ COSTA, M. y JIMÉNEZ JIMÉNEZ, D. (2008): Are companies that implement TQM better learning organisations? An empirical study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 19(11), 1-15.
- Merchand, M.A. (2009) Reflexiones en torno a la nueva geografía económica en la perspectiva de Paul Krugman y la localización de la actividad económica., *Reflexiones en torno a la nueva geografía... - pp. 206-223, Breves Contribuciones del I.E.G. - N° 21 - Año 2009/10 - ISSN 2250-4176.*
- Minbaeva, D. (2005): HRM practices and MNC knowledge transfer. *Personnel Review*, 34, 125-144.
- Minbaeva, D.; Pedersen, T.; Björkman, I.; Fey, C.F. y Park, H.J. (2003): MNC knowledge transfer, subsidiary absorptive capacity and HRM. *Journal of International Business Studies*, 34, 586-599.
- Molina, L.M.; Llorens-Montes, J. y Ruiz-Moreno, A. (2007): Relationship between quality management practices and knowledge transfer. *Journal of Operations Management*, 25(3), 682-701.
- MOWERY, D.C. y OXLEY J.E. (1995): Inward technology transfer and competitiveness: the role of national innovation systems. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 67-93.
- Muscio, A. (2006). Patterns of innovation in industrial districts: an empirical analysis. *Industry and Innovation*, 13, 291-312.
- Murovec, N. y Prodan, I. (2009): Absorptive capacity, its determinants, and influence on innovation output: Cross-cultural validation of the structural model. *Technovation*, 29(12), 859-872.
- Navarro, M. (2003). *El análisis y la política de los clusters*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Nieto, M. y Quevedo, P. (2005): Absorptive capacity, technological opportunity, knowledge spillovers, and innovative effort. *Technovation*, 25(10), 1141-1157.

Oliveira, E. y Fensterseifer, J. (2003). Use of resource-based view in industrial cluster strategic analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 23 (9), 995-1009.

Organización para el Desarrollo Económico (OCDE) (1999). *Boosting innovation: The cluster approach*. París: OECD.

Porter, M. (2007) Clusters and Economic Policy: Aligning Public Policy with the New Economics of Competition. ISC White Paper November 2007 Rev. 10/27/09

Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004a) Technological Forecasting & Social Change 71 (2004a) 5–26 [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)

Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004b; p. 8). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution.

Parr, J. (2004). Economies of scope and economies of agglomeration: The Goldstein-Gronberg contribution revisited. *Annals Regional Science*, 38, 1-11.

Perdomo, J. y Malaver, F. (2003). *Metodología para la referenciación competitiva de clusters estratégicos regionales*. Bogotá: Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID)-Universidad Nacional de Colombia.

Porter, M. (1999), "Cúmulos y competencia", en *Ser competitivos: nuevas aportaciones y conclusiones*, Bi bao, Deusto, 203-288.

Porter, M. (2003) The economic performance of regions, *Regional Studies* 37, No. 6-7 (Agust/October 2003) 549-578.

Porter, M. (2007) Clusters and Economic Policy: Aligning Public Policy with the New Economics of Competition. ISC White Paper November 2007 Rev. 10/27/09

Pöyhönen, A. y Smedlund, A. (2004). Assessing intellectual capital creation in regional clusters. *Journal of Intellectual Capital*, 5 (3), 351-365.

ROBERTS, N.; GALLUCH, P.S.; DINGER, M. y Grover, V. (2012): Absorptive capacity and information systems research: Review, synthesis, and directions for future research. *Information Systems*, 6(1), 25-40.

Rothwell, R. (1994) Towards the fifth-generation innovation process. *International Marketing Review*, 11, 1, 7–31.

Schumpeter, J. (1934) *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

SIMONIN, B.L. (1999): Ambiguity and the knowledge transfer in strategic alliances. *Management Journal*, 20, 595-623.

SORENSEN, J.B. y STUART, T.E. (2000): Aging, obsolescence, and organizational innovation. *Administrative Science Quarterly*, 45, 81-112.

STOCK, G.N.; GREIS, N.P. y FISCHER, W.A. (2001): Absorptive capacity and new product development. *The Journal of High Technology Management Research*, 12, 77-91.

SZULANSKI, G. (1996): Exploring internal stickiness: impediments to the transfer of best practice within the firm. *Strategic Management Journal*, 17, 27-43.

Teece, D., Pisano, G. y Shuen, A. (1997): Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18, 509-533.

TODOROVA, G. y DURISIN, B. (2007): Absorptive capacity: valuing a reconceptualization. *Academy of Management Review*, 32(3), 774-786.

VAN DEN BOSCH, F.A.; VAN WIJK, R. y VOLBERDA, H.W. (2003): Absorptive capacity: antecedents, models and outcomes, en Easterby-Smith, M. y Lyles, M.A. (eds.), *Handbook of Organizational Learning and Knowledge Management*, Blackwell Publishing, 278-301.

VEGA-JURADO, J.; GUTIÉRREZ-GRACIA, A. Y FERNÁNDEZ DE LUCIO, I. (2008): Analyzing the determinants of firms absorptive capacity: beyond R&D. *R&D Management*, 38, 392-405.

Yin, R. (2003) *Case Study Research: Design and Methods*, 3rd edn. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Zahra, S. y George, G. (2002): Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185-203.

Tendencias de la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo en la industria 4.0: Potencialidades y beneficios

YNZUNZA, Carmen †*, IZAR, Juan †, LARIOS, Martín †, AGUILAR, Felipe †, BOCARANDO, Jacqueline † y ACOSTA, Yuliana †

†Universidad Tecnológica de Querétaro

†Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Recibido Abril 09, 2017; Aceptado Junio 08, 2017

Resumen

La Industria 4.0 es una iniciativa tecnológica producto del desarrollo de tecnologías de la información emergentes y otras, como el Internet de las cosas (IoT), el Internet de los Servicios (IoS), el cómputo en la nube, el cómputo móvil, el Big data, los sistemas ciberfísicos, etc., y su integración a las tecnologías de la fabricación, con resultados significativos en la productividad, competitividad y en la cadena de valor. Asimismo, en la gestión de los activos y la producción. Por otro lado, una de las funciones primordiales del mantenimiento es maximizar la disponibilidad de los activos, a través de diversas técnicas, entre ellas algunas predictivas que permitan anticipar las fallas y reducir los tiempos muertos en las instalaciones de manufactura, por lo que, el uso de estas tecnologías para monitorear y determinar el estado de los equipos "en tiempo real" representa un enorme potencial para optimizar el mantenimiento, alargar la vida de los activos y alcanzar un mayor retorno sobre la inversión. De ahí, que el objetivo de este estudio sea explorar las Tendencias hacia el Mantenimiento Predictivo y la Gestión de los Activos en la Industria 4.0, sus potencialidades y beneficios. La contribución principal del mismo es aportar elementos para su conocimiento y aplicación, al igual que presentar una visión general sobre los cambios que resultarán de esta transformación tecnológica. En la realización de este trabajo, se siguió el enfoque planteado por Webster and Watson, (2002) respecto de la revisión de literatura para identificar la investigación más relevante y rigurosa almacenada en bases de datos reconocidas en la Web of Science and Google Scholar. Como resultados principales, se identificaron las potencialidades de la Industria 4.0 para el mantenimiento y la gestión de los activos, las diferencias entre el mantenimiento predictivo tradicional y bajo la industria 4.0; así como los beneficios asociados. Se concluye sobre la importancia de difundir estas tecnologías y sensibilizar a los empresarios sobre la necesidad de adoptar tempranamente las mismas para la mejora no solo del mantenimiento, sino sobre todo para la supervivencia y competitividad de sus organizaciones.

Industria 4.0, Cuarta Revolución Industrial, Mantenimiento Predictivo

Abstract

Industry 4.0 is a technological initiative resulting from the potential that can be achieved through the development of emerging information technologies and others, such as the Internet of Things (IoT), the Internet of Services (IoS), cloud computing, mobile computing, Big Data, cyberphysical systems, etc., and their integration in the manufacturing technologies, with significant results in the value chain, productivity and competitiveness of organizations. On the other hand, it has sought on maintenance through various predictive techniques, anticipate failures and reduce downtime in manufacturing facilities, so the use of these technologies to monitor and determine the state of the equipment "in real time" represents an enormous potential to optimize maintenance, maximize the life of fixed assets and reach a better return on assets investment. Therefore, the objective of this study is to explore the Maintenance Predictive and Asset Management Trends in Industry 4.0, its potentialities and benefits. Its main contribution is to provide elements for its knowledge and application, as well as presenting an overview of the changes that will result from this technological transformation. In this work, we followed the approach proposed by Webster and Watson, (2002) regarding the literature review to identify the most relevant and rigorous research stored in databases recognized in the Web of Science and Google Scholar. As main results, potentials of Industry 4.0 for predictive maintenance and asset management were identified; as well as the changes and benefits that Industry 4.0 will bring to maintenance and assets management. The differences between traditional and Industry 4.0 predictive maintenance techniques were also pointed out; It concludes on the importance of disseminating the knowledge of these technologies and raising the awareness of entrepreneurs about the need to adopt them early, for the improvement not only of maintenance but for the survival and competitiveness of their organizations.

Industry 4.0, Fourth Revolution, Predictive Maintenance

Citación: YNZUNZA, Carmen, IZAR, Juan, LARIOS, Martín, AGUILAR, Felipe, BOCARANDO, Jacqueline y ACOSTA, Yuliana. Tendencias de la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo en la industria 4.0: Potencialidades y beneficios 2017. 4-11: 30-43

*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: bynzunza@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El desarrollo tecnológico a lo largo del tiempo ha tenido un impacto significativo en los sistemas de fabricación y por supuesto en el mantenimiento. Primeramente, en la manufactura, con la máquina de vapor y la mecanización de los procesos, luego con la producción en masa, la automatización y la robótica; y más recientemente, con la que ha sido llamada “Industria 4.0” y es considerada como la Cuarta Revolución Industrial. Debido a sus potencialidades y a los beneficios asociados con la integración, innovación y autonomía de los procesos, que es posible lograr a través de ella y sus tecnologías.

Por otra parte, está el mantenimiento, en un inicio meramente reactivo o correctivo, el cual consistía en reparar las fallas conforme se presentaban o llevar a cabo un mantenimiento planeado que garantizará el funcionamiento de los activos productivos.

La detección temprana de una avería o el cambio anticipado de un componente con alto potencial de falla en una máquina, dieron paso al mantenimiento preventivo, el cual se basa en la realización de inspecciones periódicas para anticipar la falla. Esto último, de acuerdo a un programa de mantenimiento y parámetros de operación previamente establecidos.

El monitoreo periódico de estos parámetros propició el desarrollo del mantenimiento predictivo al hacer uso de tecnologías predictivas como la termografía, la alineación láser, el análisis de vibraciones, el balanceo dinámico y el análisis de lubricantes, etc., para diagnosticar el estado real de los equipos de producción y asegurar las intervenciones de mantenimiento antes de que fallas se presenten (Zhen et al, 2010).

Se sabe que un mantenimiento óptimo prolonga la vida de los activos, garantiza su funcionamiento, la seguridad y un mejor desempeño, lo que incide en la confiabilidad y productividad. También, que la falta de una gestión óptima o una actividad de mantenimiento inadecuada pueden causar daños a los activos y al medio ambiente e igualmente poner en riesgo a las personas que los operan, mantienen o laboran en la planta y de igual forma, generar gastos innecesarios. De ahí, que exista un creciente interés por el desarrollo de nuevas técnicas que asistan a la gestión y el quehacer del mantenimiento y contribuyan a un uso más eficiente de los recursos, la reducción de los costos y a incrementar los niveles de producción; aunado a que la efectividad y eficiencia de la función de mantenimiento tiene un papel significativo en el desempeño de la empresa (Macaulay, 1988; Teresko, 1992).

También, es un hecho que las técnicas actuales de mantenimiento (reactivas y correctivas), no satisfacen totalmente las necesidades de los empresarios, debido a la presencia de paros no planeados y al deterioro anticipado de los equipos, por lo que las empresas buscan implementar nuevas estrategias de mantenimiento que les permitan alcanzar mayores niveles desempeño (Telang, 1998; Swanson, 2001).

Bajo esta perspectiva, el uso de técnicas predictivas de mantenimiento se ha incrementado en las últimas décadas debido a la disponibilidad, y accesibilidad de las tecnologías asociadas y a los beneficios que se han atribuido a las mismas relacionados con el tiempo de vida de los activos; la reducción de piezas de reemplazo, los costos de mano de obra, energía entre otros. Asimismo, como resultado del desarrollo de nuevas estrategias de mantenimiento (preventivas y predictivas), (Nguyen et al, 2008; Nabaidaca, 2012).

Hasta ahora, los equipos de mantenimiento predictivo se han utilizado, por ejemplo, para monitorear los rodamientos, medir la vibración, el ruido, la temperatura, etc., con el fin de detectar y anticipar fallas, identificar las condiciones reales de operación y evitar el reemplazo de componentes que todavía tienen una vida útil (Orhan et al, 2006; Debray et al, 2004; Bogard et al, 2002). También, para una gestión más eficiente de los activos, dado que se ha encontrado una conexión entre ésta y el mejoramiento de la eficiencia y rentabilidad, razón por la cual, la gestión del mantenimiento y el monitoreo de los equipos asume un papel importante en la productividad y competitividad de las empresas (Casttejon, et al, 2006).

Aunado al hecho de que los responsables del mantenimiento tienen que decidir, por ejemplo, entre maximizar la vida útil de un componente con riesgo de que la máquina pare, o intentar alargar el tiempo de operación mediante el reemplazo anticipado de piezas mucha veces aún en buen estado, o incluso en algunos casos recurriendo al conocimiento y experiencia previa para anticipar la ocurrencia de falla y actuar proactivamente (Deloitte, 2017).

Desde esta perspectiva, el mantenimiento basado en condición ha sido la estrategia de mantenimiento más efectiva, pero también la de mayor costo.

Sin embargo, a través del uso de tecnologías de la Industria 4.0, como el sensado inteligente, puede mejorarse e igualmente facilitar la integración de nuevas capacidades y servicios de valor agregado en los equipos por parte de los fabricantes (Ferreira, 2016). Bajo este entorno, es posible contar con tecnologías digitales y una nueva generación de activos, en los cuales se han integrado, sensores, sistemas ciberfísicos y capacidades de comunicación que facilitarán el mantenimiento basado en las condiciones reales de uso.

También, que los datos que puedan ser enviados, procesados y almacenados en medios físicos o virtuales. Y que mediante el monitoreo y análisis de estos datos sea posible determinar la probabilidad de falla, predecir el paro y eficientar la gestión del mantenimiento (Deloitte, 2017).

Además, que a través de estas nuevas tecnologías, las empresas puedan tener un mayor conocimiento sobre las operaciones de los equipos, los procesos de gestión y fabricación; para la toma de decisiones y el establecimiento de estrategias de actuación. Por lo cual, el objetivo de investigación es explorar el entorno de la Industria 4.0 y las tecnologías asociadas y evaluar sus implicaciones en la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo. Para lo cual, se analizan las investigaciones y publicaciones relacionadas con el campo de la Industria 4.0 y se identifica como soporta ésta el mantenimiento predictivo.

Para lo cual, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué es la Industria 4.0? ¿Qué tecnologías se asocian a la Industria 4.0? ¿Cómo se relaciona la Industria 4.0 con la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo? y ¿Cuál es su potencial y beneficios futuros?

Metodología

La metodología que se llevó a cabo para esta investigación se describe brevemente a continuación. Primeramente, se hizo la revisión de bibliografía sobre Industria 4.0 siguiendo el enfoque propuesto por Webster y Watson, (2002), el cual consiste en identificar la investigación más relevante y rigurosa almacenada en bases de datos reconocidas para asegurar la calidad y veracidad de los artículos revisados. Se exploraron diversas definiciones sobre Industria 4.0 y las tecnologías asociadas con el fin de conceptualizar la misma.

De igual manera, se hicieron algunas aproximaciones sobre el estado actual de éstas y se analizó la relación de la Industria 4.0 con el mantenimiento predictivo. Específicamente, cómo a través de esta plataforma tecnológica soportada por la automatización, los sensores, sistemas ciberfísicos y el Internet de las cosas (IoT) es posible contar con máquinas inteligentes capaces de comunicarse, monitorearse y automantenerse. También, el Internet de los Servicios, ha hecho posible la prestación de servicios inteligentes de fácil costo y acceso que facilitan el procesamiento, análisis y almacenamiento de los grandes volúmenes de datos generados de los equipos y en la planta.

Los temas referenciados fueron ampliamente estudiados y explorados considerando sus potencialidades y beneficios. Con base en el análisis realizado en el apartado de resultados se presentan algunos esquemas que sintetizan los componentes de la Industria 4.0 y del Mantenimiento Predictivo. Asimismo, se elaboraron algunos cuadros comparativos donde se plasman las características de las máquinas inteligentes; y las diferencias y beneficios del mantenimiento predictivo con métodos tradicionales y bajo el entorno de la Industria 4.0. La Figura 1 esquematiza la metodología realizada para la formulación del presente trabajo.

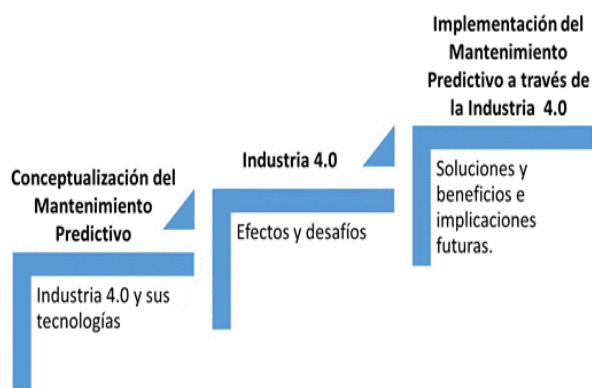


Figura 1 Aproximación metodológica

Fuente: *Elaboración propia*

Resultados

Los hallazgos encontrados se presentan a continuación. En los mismos, se detalla la conceptualización existente en la literatura revisada sobre la Gestión de Activos y el Mantenimiento Predictivo. En un segundo momento, se exhibe el soporte teórico y tecnológico sobre el que se sustenta la Industria 4.0. y, finalmente, se expone el impacto que tendrá la Industria 4.0 en el Mantenimiento Predictivo enfatizando las diferencias existentes entre las técnicas tradicionales y bajo la Industria 4.0 para el mantenimiento predictivo y la gestión de activos.

La gestión activos y el mantenimiento predictivo

Respecto de la gestión de activos, se encuentra que es una tarea compleja que comprende, además, de las acciones para dirigir a la gente y que los activos sean mantenidos, la gestión de los sistemas de control, aunado al establecimiento de estrategias para realizar estas actividades en coordinación con el área de producción (Gouws y Trevelyan, 2006), con el objetivo único de optimizar el rendimiento de los activos, minimizar su costo y brindar mejores servicios. Y, un proceso de gestión apropiado, que además de otras actividades vinculadas con la producción, incluye el mantenimiento y reparación, así como el proceso para la disposición de los activos dañados, obsoletos o innecesarios; el registro y la emisión de reportes sobre el estado de los activos, al igual que el monitoreo y evaluación de los mismos para futuras decisiones de inversión (Baez, 2004).

El proceso incide en la disponibilidad de los activos y asegura a la empresa un mayor retorno sobre la inversión, dado que su mayor valor está en maximizar el uso de los activos, prevenir gastos innecesarios y proveer una capacitación adecuada para la realización óptima de las actividades de mantenimiento.

Bajo esta perspectiva, en la gestión de activos, los sistemas de información asumen un rol predominante, ya que por ejemplo, para la implementación de un programa de mantenimiento basado en condición o predictivo, se requiere que los datos sean colectados, procesados y analizados para la toma de decisiones relacionadas con el establecimiento de políticas eficientes de mantenimiento (Jardine, et al., 2005).

Por lo anterior, se considera fundamental, la integración de tecnologías al proceso, como los sistemas informáticos y el desarrollo de bases de datos que garanticen que los datos estén disponibles y sean confiables.

Al mismo tiempo, a través de estas herramientas de software se facilita la automatización del proceso y el acceso a datos de valor acerca de los activos gestionados (Baez 2004) para la planeación de las actividades de mantenimiento periódicas y el establecimiento de acciones que anticipen el riesgo de daños potenciales, como resultado de un diagnóstico, historial o patrón de comportamiento que antecede a una probable condición de falla.

Los sistemas de información para la gestión del mantenimiento (MMS) o para la planeación de los recursos empresariales (ERP) son recursos importantes para la gestión y junto con otras tecnologías como las de sensado (inteligente) y análisis de datos (en la nube), cada vez más poderosas y accesibles, potencializan el que cada vez más empresas implementen programas de mantenimiento basados en condición o predictivos, soportando todo ello, en estas nuevas tecnologías, en una toma de decisiones óptima y en una planeación efectiva de los recursos humanos y materiales (Jardine et al, 2005).

Así, el mantenimiento predictivo es considerado como una técnica que permite monitorear y evaluar la operación de los equipos mediante la detección de “síntomas”, como la vibración, el calentamiento, ruido, cambios en la presión, etc., que comúnmente se presentan durante la operación (Saranga, 2002).

Su objetivo es incrementar la disponibilidad de los equipos de proceso, prolongar la vida útil, asegurar la seguridad y la reducción de los costos de mantenimiento (Saranga, 2002; Carnero, 2005; Savsar, 2006). Este tipo de mantenimiento enfatiza la función del estado real de los componentes de la máquina a través de un diagnóstico correcto; y busca que la ejecución de las operaciones de mantenimiento se lleve a cabo de forma oportuna antes de que el equipo se deteriore, durante la operación de producción ahorrando así tiempo y dinero (Castejon, et al, 2006; Zhen, 2006).

Las técnicas de diagnóstico y las herramientas necesarias para la aplicación de un programa de mantenimiento predictivo se seleccionan de acuerdo a criterios específicos y su uso ha facilitado la toma de decisiones para la gestión del mantenimiento y ha favorecido al desarrollo de técnicas de predicción (Carnero, 2005; Savsar, 2006). En éstas, es posible tomar en cuenta los diferentes tipos de equipos para los procesos de la planta, las recomendaciones de los fabricantes y la experiencia de los usuarios con equipos similares (Mobley, 1990; Shikary et al, 2010). También, se halla que el mantenimiento predictivo, con frecuencia hace referencia al mantenimiento basado en condición (CBM), el cual es posible gracias a la toma de mediciones “externas” con equipo portátil, las que son procesadas posteriormente con algún software especializado; mientras que la evaluación de la condición de los equipos en tiempo real, hace uso de sensores embebidos (Velmurugan and Dhingra, 2015).

Los datos que se generan sobre el mantenimiento se utilizan para detectar las fallas y conocer la condición de los equipos, principalmente para estimar la efectividad global de los equipos (OEE) con el objetivo de reducir desperdicios y mejorar la gestión de la producción. Actualmente, muchos programas de mantenimiento predictivo aplican métodos novedosos para el monitoreo y diagnóstico de los equipos, por ejemplo, la termografía para detectar calentamientos.

Entre las ventajas del mantenimiento predictivo se señalan: la reducción del número de paros no programados, lo cual comprende la interrupción de la producción y altos costos de mantenimiento; la disminución de los intervalos entre las acciones de mantenimiento y la prolongación del tiempo de vida de los equipos resultado de la detección y corrección de las fallas (Nabadaica et al., 2012). Sin embargo, también se sabe que el uso de estas técnicas predictivas “externas” requiere: además de una fuerte inversión en los equipos, un alto nivel de especialización y competencia por parte de los técnicos de mantenimiento y en algunos casos esto incluye el conocimiento sobre el manejo de otras herramientas “manuales” y estadísticas; por ejemplo, para graficar patrones de comportamiento, etc. En consecuencia, los sistemas de información y análisis han venido a apoyar el proceso de gestión y facilitar el que las organizaciones puedan contar con información oportuna sobre el estado de sus activos, las condiciones de falla, los costos, mano de obra y otros, lo que sin duda alguna ha contribuido a la gestión de los activos y la implementación de estrategias para optimizar su uso.

Industria 4.0

Con relación a Industria 4.0, se encuentra que el concepto fue acuñado en Alemania en 2011 para hacer referencia a una política económica basada en estrategias de alta tecnología (Mosconi, 2015).

La Industria 4.0 representa un enfoque novedoso para la creación de nuevos productos y procesos a través de fábricas inteligentes, totalmente integradas en redes de trabajo a lo largo de la cadena de valor, que dan lugar a nuevas formas de colaboración, donde el internet de las cosas, de la gente y de los servicios forman parte de la estructura de soporte para la construcción de las actividades de valor agregado que permiten a las empresas responder y adaptarse rápidamente a los cambios del entorno (Kagerman et al, 2014).

La industria 4.0 describe una producción orientada a los sistemas ciberfísicos (CPS) que integran las instalaciones de producción, los sistemas de almacenamiento y logística, así como al establecimiento de redes de trabajo para la construcción otras capacidades (Riedl et al., 2014; Zhang et al, 2014; Frazzon 2013).

Esta iniciativa está marcada por la automatización de los procesos, la digitalización de los sistemas de información y producción, el uso de las tecnologías de la electrónica, las tecnologías de la información emergentes y por las capacidades de interacción e intercambio de información (entre máquinas y humanos) para el monitoreo y control de los procesos (Sommer, 2015; Lasi, et al., 2014; Ning y Liu, 2015; Cooper y James, 2009; Almada, 2016; Schlechtendahl et al., 2015). Igualmente, por el desarrollo de tecnologías para la simulación, la impresión 3D, la ingeniería inversa, etc. (Sommer, 2015).

Aunque, la Industria 4.0 está aún en desarrollo, ha sido conceptualizada por algunos, como una maquinaria física y dispositivos con sensores y software que trabaja en red, que puede ser utilizada para predecir, controlar y planear mejor los negocios y los resultados organizacionales (Consortium II, 2013).

O como un nivel de la cadena de valor y gestión de la organización a través el ciclo de vida de los productos o un término empleado para hacer referencia al uso de las tecnologías digitales en la fabricación (Henning et al., 2013; Hermann, et al., 2015). La idea nuclear en torno a ella, es el uso de tecnologías de la información emergentes para implementar el internet de las cosas y de los servicios para que los procesos de negocio e ingeniería estén totalmente integrados y la producción opere de forma flexible, eficiente y sustentable con una alta calidad y a un bajo costo (Wang, et al, 2016).

La visión de la Industria 4.0 es el surgimiento de fábricas inteligentes caracterizadas por redes de trabajo inteligentes, movilidad, flexibilidad, integración de clientes y nuevos modelos de negocios (Jazdi, 2014). Entre las tecnologías asociadas a la misma, se refieren la simulación de los procesos de producción, la fabricación aditiva, los sistemas de integración horizontal y vertical, la ciberseguridad, la realidad aumentada, el computo en la nube, los robots autónomos y por supuesto, el internet industrial de las cosas, el Big Data y Analytics (Rüßmann, et al, 2016). También, se señalan las tecnologías sociales, los sistemas ciberfísicos, los dispositivos móviles, las plataformas tecnológicas y los servicios en línea (Fundación Coteq, 2015; Deloitte AG, 2014; Council of Advisors on Science and Technology Report, 2010).

No obstante, que no existe un consenso al respecto, el internet de las cosas, el cómputo móvil, el cómputo en la nube y el Big data parecen ser las tecnologías más importantes, ya que de ellas depende que la capacidad de cómputo sea escalable; que los servicios que se presten puedan ser accesados globalmente vía Internet y que se cuente con las plataformas de soporte para la creación de nuevos procesos, productos y modelos de negocio (Schmidt et al, 2015).

A través del IoT los CPS pueden interactuar entre sí y con los humanos en tiempo real; el internet de los servicios (IoS) facilita el ofertar éstos y que puedan ser utilizados por todos los que interactúan dentro de la cadena de valor (Hermann, 2016). Mientras, que el Big data, el cómputo en la nube y la inteligencia artificial son facilitadores de la Industria 4.0 y junto con la automatización industrial forman parte de las tecnologías que están transformando totalmente la manufactura; contribuyen a su mejoramiento (Kagermann, 2014; Wang et al., 2016).

También, a que las empresas pueden contar con procesos totalmente automatizados e interconectados, los cuales facilitan el flujo de información, la descentralización de la manufactura, la creación de procesos de manufactura avanzada, la toma de decisiones y un enfoque hacia las competencias nucleares que agregan valor a las organizaciones (Bloom, et al., 2012; Chryssolouris, et al., 2009), incidiendo en la innovación de productos y procesos; la creación de fábricas inteligentes y el surgimiento de nuevos modelos de negocio (Lasi et al., 2014).

En el entorno de la Industria 4.0, las fábricas son inteligentes, están conscientes del contexto, son soportadas por sistemas ciberfísicos y el Internet de las Cosas, cuentan con altos niveles de automatización y optimización para asistir a la gente y máquinas en la ejecución de las diversas tareas relacionadas con la manufactura (Schlick, 2014; Romero.2016; Lucke et al, 2008) y otras como el mantenimiento.

Estas fábricas, también están integradas por máquinas inteligentes, con mecanismos de aprendizaje capaces de interactuar con su medio ambiente de forma autónoma; predecir y corregir situaciones probables de falla, es decir autodiagnosticarse, autogestionarse y automantenerse (Jain et al., 2007).

Mantenimiento predictivo en la Industria 4.0

Los sistemas ciberfísicos, sensores y microprocesadores que las componen, al igual que las tecnologías de inteligencia artificial para el análisis de grandes volúmenes de datos y sistemas de monitoreo (Wang, 2016; Dutton, 2014) facilitan el diagnóstico de degradación y probabilidad de falla (Hashemian, 2011) así como, la planeación del mantenimiento en función de las condiciones reales de uso de los equipos, lo que evitará las paradas de producción imprevistas y redundará en una mayor productividad.

Dicho de otro modo, en las fábricas inteligentes, las máquinas y sus dispositivos simplificarán el monitoreo continuo de la condición de los equipos durante la operación y el uso de estos datos para la predicción y gestión del mantenimiento. Tomando en cuenta, estos antecedentes, en la Figura 2 se esquematiza el entorno y componentes bajo los que yace la Industria 4.0 y su vínculo con el mantenimiento.

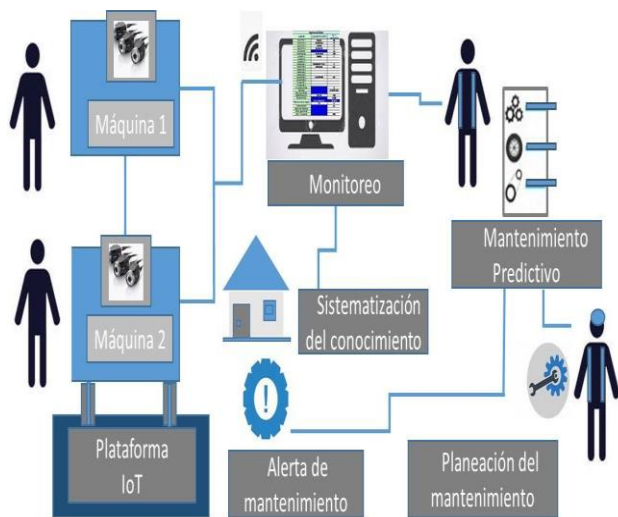


Figura 2 El Entorno de la Industria 4.0 y el mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Una de las áreas más prominentes de aplicación para las tecnologías del IoT es la industria inteligente, donde los sistemas de producción, las máquinas e instalaciones de producción están interconectadas y son referidas bajo el termino Industria 4.0 (Wortmann & Fluchter, 2015), la cual considera la integración de un amplio rango de tecnologías de la información y comunicación en la forma de hardware y software (Wortmann & Fluchter, 2015). Una característica importante de la fábrica inteligente, es la integración vertical y los sistemas de fabricación en red para la producción inteligente. También, lo es el desarrollo de dispositivos inteligentes (capaces configurarse y optimizarse) que permiten el flujo de comunicación entre máquinas, humanos y productos; al igual que el procesamiento y análisis de datos, favoreciendo así una producción más flexible y eficiente (Wang et al., 2016; (Lee et al., 2014).

Las tecnologías IoT permiten también que los dispositivos puedan ser accedidos a nivel global y que las máquinas sean controlables vía remota (Kartlum, 2011). Bajo esta perspectiva, los sistemas ciberfísicos fortalecen la implementación de programas de mantenimiento predictivo, ya que hacen facilitar el que se pueda contar con información en tiempo real y capacidades predictivas (Lee y Bagheri, 2015). Igualmente, los dispositivos y sensores inteligentes han sido el medio idóneo para monitorear los activos productivos, los cuales en combinación con otras herramientas para la gestión del mantenimiento asistido por computadora y sistemas inteligentes para la predicción de fallas han hecho posible el anticipar los paros de producción para que los componentes de una máquina puedan ser reparados o reemplazados. Sin duda alguna, el desarrollo de sensores inteligentes ha facilitado la colección de los diferentes tipos de datos.

Mientras que, las tecnologías de comunicación inalámbricas han sido una solución viable, efectiva y de bajo costo para el intercambio de información (Austerlitz, 2003; Kirianaki, et al., 2002).

Es gracias a estos desarrollos tecnológicos, que las empresas pueden tener hoy un mayor acceso a la información para la toma de decisiones, emitir reportes de los incidentes en tiempo real; analizar los datos recolectados, por ejemplo para conocer el estado de los motores, determinar su nivel de degradación y planear las tareas de mantenimiento o el reemplazo de los activos. También, han favorecido las actividades de diagnóstico y predicción, mediante el desarrollo de tecnologías y modelos para el procesamiento, análisis de datos y la toma de decisiones, haciendo uso, tanto de datos históricos sobre la instalación, los paros; las causas y acciones de mantenimiento (reparaciones mayores menores o mayores), así como otros relacionados con el tiempo de vida de los componentes, las condiciones de uso y manutención de los equipos. En virtud de ello, es manifiesto el creciente interés de los gerentes (de mantenimiento) de recurrir cada vez más al uso de sistemas de mantenimiento soportados en el uso sensores inteligentes y software de evaluación de datos para anticipar el mantenimiento, reducir los tiempos muertos y los costos asociados.

La inclusión de este conjunto novedoso de tecnologías de sensado, monitoreo de condición, análisis predictivo y sistemas de distribución también han favorecido, el que se puede llevar a cabo y proveer asistencia técnica remota basada en el monitoreo continuo y al mismo tiempo contar con soporte de mantenimiento a distancia (Ferrero, et al, 2016). A la par de otras tecnologías de la información emergentes como lo son el internet de las cosas y de los servicios que están incidiendo fuertemente en la generación y prestación de servicios en la nube asociados con el mantenimiento y otros.

La Figura 3 resume los componentes principales de la Industria 4.0. que soportan las fábricas inteligentes.

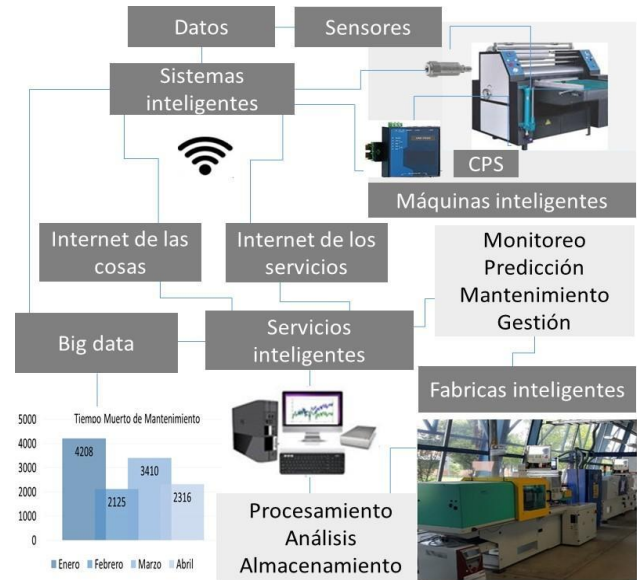


Figura 3 Componentes de la Industria 4.0 en la fábrica inteligente

Fuente: *Elaboración propia*

Bajo estas consideraciones y respaldado en el análisis de las mismas, en las Figuras 4 y 5 se detalla el impacto que se considera tiene la Industria 4.0 en las llamadas máquinas inteligentes y en los sistemas predictivos de mantenimiento.

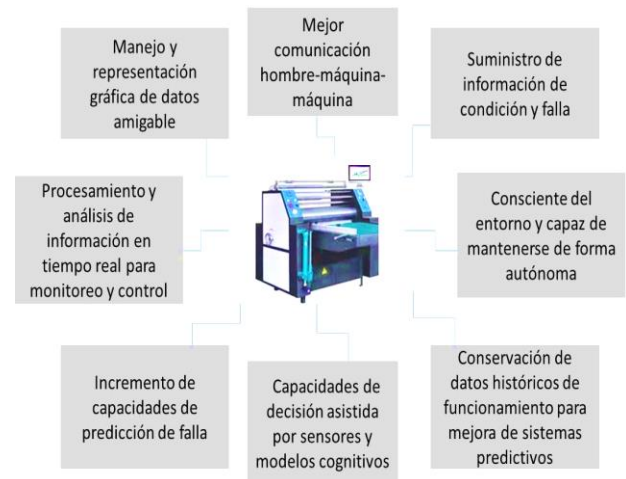


Figura 4 El impacto de la Industria 4.0 en las máquinas

Fuente: *Elaboración propia*

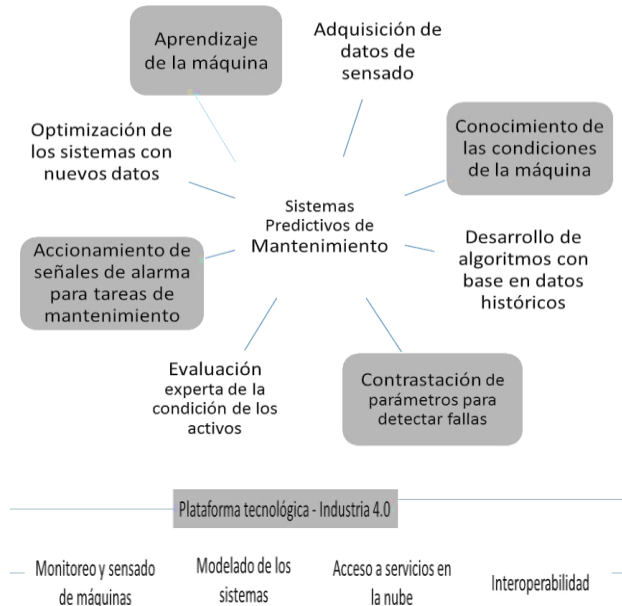


Figura 5 El impacto de los sistemas predictivos en el mantenimiento

Fuente: Elaboración propia con base en Ferreira, 2016

La Tabla 1 exhibe algunas de las principales diferencias encontradas entre las técnicas de mantenimiento predictivo tradicionales y en la Industria 4.0. Mientras que, en la Tabla 2 se muestran algunos de las potencialidades y beneficios que se generarán para el mantenimiento y la empresa a través de la Industria 4.0.

Mantenimiento tradicional	Mantenimiento en la Industria 4.0
Diagnóstico y monitoreo basado en condición.	Monitoreo predictivo soportado en sistemas conscientes del contexto, autónomos y con capacidades para compararse, autodiagnosticarse y automantenerse.
Inspección periódica y toma de múltiples mediciones para determinar la probabilidad de falla.	Determinación de probabilidad de falla con base en historial, diagnóstico y mantenimiento basado en condición.
Experiencia de los trabajadores de mantenimiento para aplicar técnicas predictivas	Sistematización del conocimiento y aprendizaje para la realización de análisis predictivos.

Uso de equipos predictivos externos para la generación de datos sobre el estado de los activos	Máquinas integradas con sensores inteligentes y sistemas embebidos capaces de generar datos sobre el estado de los activos.
Determinación de la probabilidad de falla con base en el diagnóstico y monitoreo continuo.	Uso de modelos y técnicas de inteligencia artificial para determinar la probabilidad de falla.
Conocimiento y manejo de técnicas y herramientas estadísticas complejas para el análisis de las mediciones y predicciones de falla	Sistemas en línea capaces de procesar y analizar los datos y hacer predicciones de falla.
Toma de mediciones para procesamiento posterior con ayuda de software.	Procesamiento de las mediciones en tiempo real a través de sistemas inteligentes.
Inspección física como técnica de monitoreo.	Monitoreo a distancia a través de la virtualización de los procesos.

Tabla 1 Diferencias en el mantenimiento predictivo bajo un sistema tradicional y en la Industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento	Empresa
Incremento del desempeño de los activos	Mayor eficiencia de producción
Reducción de tiempos muertos por paros y fallas	Disponibilidad de los activos para producción
Mejor planificación del mantenimiento	Aumento de la eficiencia global de los activos
Maximización del uso de los activos	Incremento del retorno sobre la inversión de los activos
Mejor interacción hombre-máquina	Mejoramiento de la seguridad, comunicación y productividad
Reemplazo de componentes cuando es necesario	Uso más eficiente de los recursos
Mejoramiento de las capacidades predictivas	Optimización de la gestión del mantenimiento
Análisis avanzado de datos en tiempo real	Mejora la toma de decisiones y la intervención del mantenimiento
Monitoreo, rastreabilidad y control de los activos	Gestión de activos más eficiente
Uso de servicios en la nube	Menor inversión en hardware y software
Aumento en la vida útil de los equipos	Mayor disponibilidad de información para la toma de decisiones

Tabla 2 Beneficios y Potencialidades para el Mantenimiento y la Empresa en la Industria 4.0

Fuente: Elaboración propia con base en Deloitte, 2017

Discusión y conclusiones

Los hallazgos presentados evidencian la existencia de un vínculo positivo entre el mantenimiento y la Industria 4.0. La adopción de estas tecnologías aporta soluciones a muchas de las problemáticas que enfrentan las empresas en el área de mantenimiento relacionadas con la inversión en equipos predictivos, las necesidades de capacitación del recurso humano para el manejo y aplicación de técnicas predictivas; la asignación de recursos para las tareas de inspección; los tiempos de paro producto del mantenimiento y la adquisición de componentes críticos en ocasiones innecesarios, etc.

De igual forma, resuelve los problemas asociadas con la modelación estadística para el análisis de datos de mantenimiento con fines de predicción, etc. y la necesidad de información oportuna para una gestión óptima y el reemplazo de los activos.

Por otro lado, la adopción de estas tecnologías evidencia que el adoptar la Industria 4.0 trae enormes beneficios a las empresas no solo en la manufactura sino en el desempeño de los activos, la prolongación de su vida útil y el retorno sobre la inversión de los activos. A la par de aquellos asociados con la productividad, la toma de decisiones y el desempeño organizacional.

Tanto la fabricación como el mantenimiento se mejoran significativamente a través de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0. Por lo que, es de esperar, que conforme avance el desarrollo tecnológico de los sistemas ciberfísicos, sensores inteligentes, controladores y otros relacionados, aunado a nuevas aplicaciones de las tecnologías de la información y comunicación en la fabricación y el mantenimiento se multiplicarán las potencialidades y alcances de la Industria 4.0.

Asimismo, el surgimiento de nuevos servicios vinculados a la Industria 4.0, como aquellos para el manejo y análisis de grandes volúmenes de los datos alojados en la nube, que permitan monitorear los equipos desde cualquier parte del mundo y contribuyen a mejorar la actuación del mantenimiento.

Sin embargo, aún y cuando se cuenten con todos estos y otros beneficios, un aspecto importante a considerar estará relacionado con la capacidad de los fabricantes para desarrollar sistemas que consideren los niveles de desgaste de los equipos con base distintas condiciones de operación, probables fallas y actividades de mantenimiento; asimismo, esquemas de retroalimentación y monitoreo que permitan optimizar el aprendizaje, la predicción y el diagnóstico.

Se concluye con la importancia que tiene el desarrollo de las tecnologías de información emergentes como el Internet de las Cosas y de los servicios para la digitalización de los procesos de producción, la interconexión de máquinas, la analítica avanzada, el monitoreo basado en condición y por supuesto el aprendizaje de las máquinas. También, la necesidad de incluir los requerimientos de ciberseguridad en la interconexión de los sistemas informáticos.

Al igual que, el incremento en la competencias del personal de las empresas para trabajar con sistemas electrónicos inteligentes y el manejo de grandes volúmenes de datos. Como áreas futuras de investigación está profundizar en el conocimiento de los modelos de predicción y sistemas de aprendizaje basados en inteligencia artificial y manejo de grandes volúmenes de datos usando técnicas de analítica avanzada.

Ello permitiría encontrar correlación de variables "insospechadas" (por ejemplo, grados de desgaste de una máquina contra altitud sobre el nivel del mar o materiales de fabricación vs. partículas de polvo suspendidas en el aire, entre otras muchas) que generen aprendizaje impactante en la predictibilidad del mantenimiento.

Referencias

- Austerlitz, H. (2003). *Data Acquisition Techniques using PCs*. Academic Press.
- Baez, M. (2004). *New fixed assets management process design for Pontifica Universidad Catolica Madre y Maestra (PUCMM)*. Thesis. Rochester Institute of Technology. Accessed from <http://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1540&context=these>.
- Bloom, N., Sadun, R., & Van Reenen, J. (2012). Americans do I.T. better: US multinationals and the productivity miracle. *American Economic Review*, 102, 167-201.
- Bogard, F., Debray, K., Guo, Y.Q. (2002). Determination of optimum sensor positions for defect detection on revolving machines by a Finite Element vibration analysis, *Int J Solids Struct*, 39 (12) 2002, p. 3159-3173.
- Carnero, M.C. (2005). Selection of diagnostic techniques and instrumentation in a predictive maintenance program. A case study, *Decision Support Systems*, 38 (4), 539 - 555.
- Chryssolouris, G., Mavrikios, D., Papakostas, N., Mourtzis, D., Michalos, N. y Georgoulas, K. (2009), *Digital manufacturing: history, perspectives, and Outlook*. *Proc. IMech. E.*, 223 (5), 451-462.
- Coleman, Ch., Damadaran, S. y Deuel, D. (2017). *Predictive maintenance and smart Factory*. Deloitte.
- Debray, K., Bogard, F., Guo, Y. Q. (2004). Numerical vibration analysis on defect detection in revolving machines using two bearing models. *Archive of Applied Mechanics*, 74 (1 – 2), 45 - 58.
- Dutton, H. (2014). *Putting things to work: Social and policy challenges for the internet of things*. *Info*, 16, 1-21.
- Ferreiro, S., Konde, E., Fernández, S. y Prado, A. (2016). *Industry 4.0: Predictive Intelligent Maintenance for Production Equipment*. *European Conference of the Prognostics and Health Management Society*, 1-8.
- Gouws L., Trevelyan J. (2006) *Research on Influences on Maintenance Management Effectiveness*. In: Mathew J., Kennedy J., Ma L., Tan A., Anderson D. (eds) *Engineering Asset Management*. Springer, London.
- H. M. Hashemian, H. y Bean, W. (2011). *State-of-the-Art Predictive Maintenance Techniques*. *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, 60 (10), 3480-3492.
- Hermann, M., Pentek, T. y Otto, B. (2016). *Design principles for Industrie 4.0 scenarios*. *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) IEEE*, 3928-3937.
- Jain, L., Quteishat, A., y Peng, Ch. (2007). *Intelligent Machines: An Introduction*, *Studies in Computational Intelligence*. SCI, Springer, 70, 1-9.
- Jardine, A., Lin, D. y Banjevic, D., (2006). *Review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance*. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20 (7), 1483-1510.
- Jazdi, N. (2014). *Cyber physical systems in the context of Industry 4.0*. *IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*, 1-4.

- Kagermann, H. (2014). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B. Vogel-Heuser, eds. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien und Migration*, 603–614.
- Kirianaki, N., Yurish, S., Shpak, N. y Deynega, V. (2002). *Data Acquisition and Signal Processing for Smart Sensors*. Wiley, Chichester, West Sussex, England.
- Lasi, H., Fettke, P., Feld, T; and Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering*, 6 (4), 239-242.
- Lee, J. y Bagheri, B. (2015). *Cyber-Physical Systems in Future Maintenance*. In 9th WCEAM Research Papers, 299-305.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2014a). Recent advances and trends of cyberphysical systems and big data analytics in industrial informatics. In *International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 1-6.
- Mazioud, A., Durastanti, J.F., Ibos, L., Surugue, E., Candau, Y. (2004). *Detection of rolling bearing degradation using infrared thermography*, Laboratoire CERTES (EA 3481) IUT of Sénart, Lieusaint, France.
- Mobley, K. R., *Introduction to Predictive Maintenance*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- Nabadaica, D., Nedeff, V. y Bibire, L. (2012). Theoretical study about the influence of predictive maintenance on process equipment lifetime. *Journal of Engineering Studies and Research*, 18 (2), 57-65.
- Nguyen, D.Q., Brammer, C., Bagajewicz M. (2008). New tool for the evaluation of the scheduling of preventive maintenance for chemical process plants, *Industrial & engineering chemical research*, 47 (6), 1910 - 1924.
- Orhan, S., Akturk, N., Celik, V. (2006). *Vibration monitoring for defect diagnosis of rolling element bearings as a predictive maintenance tool: Comprehensive case studies*, *NDT&E International*, 39 (4), 293-298.
- Romero, D., y Vernadat, F. (2016). *Enterprise information systems state of the art: past, present and future trends*. *Comput. Ind.*, 79, 3-13.
- Saranga, H. (2002). *Relevant condition-parameter strategy for an effective condition-based maintenance*, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8 (1), 92 - 105.
- Savsar, M. (2006). *Effects of maintenance policies on the productivity of flexible manufacturing cells*, *Omega. International Journal of Manufacturing Research*, 334 (3), 274 - 282.
- Schlick, J., Stephan, P., Loskill, M. y Lappe, D. (2014): *Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung* In: Bauernhansl, T., M. ten Hompel and B Vogel-Heuser, eds 2014. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik Anwendung. Technologien und Migration*, 57-84.
- Shikari, B., Sadiwala, C.M., Dwivedi, R. (2004). *Automation in condition based maintenance using vibration analysis*, Department of Mechanical Engineering, Maulana Azad National Institute of Technology, Bhopal, India.
- Swanson, L. (2001), *Linking maintenance strategies to performance*. *International Journal of Production Economics*, 70, 237-244.
- Teodorescu, N. (2008). *Mentenanță generală în domeniul ingineriei mecanice*, Editura AGIR, București
- Velmurugan, R. S. and Dhingra, T. (2015), *Maintenance strategy selection and its impact in maintenance function*. *International Journal of Operations & Production Management*, 35 (12), 1622-1661.

Wang, S., Wan, J., Li, D., y Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 1-10.

Webster, J. y Watson, R. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *MIS Q.*, 26 (2), 18-23.

Wortmann, F., & Flüchter, K. (2015). Internet of things. *Business & Information Systems Engineering*, 57(3), 221-224.

Zhen, Z., Fu-li, W., Ming-xing, J., Shu, W., (2010). Predictive maintenance policy based on process data, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 103 (2), 137 - 143.

Instrucciones para Autores

[Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envio: Mes, Dia, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman
y Negritas No.11**

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper.
Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico:)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Titulo en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Articulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el titulo en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

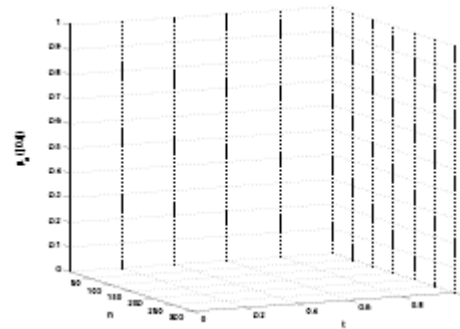


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

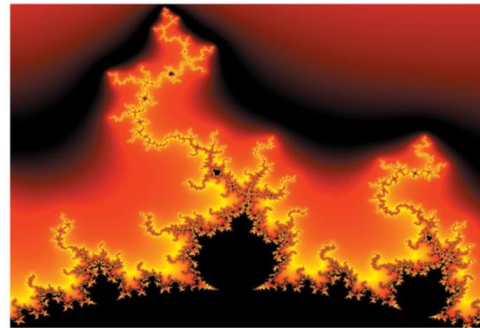


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para Autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberan ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Formato de Originalidad



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Aplicaciones de la Ingeniería

“Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano”

ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra,
TALAVERA-RUZ, Marianela y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia
Universidad Autónoma de Querétaro

“Estación de trabajo PLC- HMI Simatic con conectividad Ethernet en la Educación en Automatización de acuerdo a la industria 4.0”

JAMAICA-GONZÁLEZ, Alejandro & ORTEGA-ZERTUCHE, Gerardo
Universidad Autónoma de Querétaro

“Estudio de validez y confiabilidad para instrumento de diagnóstico de capacidades de absorción potencial y realizada en una institución”

TALAVERA-RUZ, Marianela
Universidad Autónoma de Querétaro

“Tendencias de la gestión de los activos y el mantenimiento predictivo en la industria 4.0: Potencialidades y beneficios”

YNZUNZA, Carmen´, IZAR, Juan´´, LARIOS, Martín´, AGUILAR, Felipe´,
BOCARANDO, Jacqueline´ y ACOSTA, Yuliana´
Universidad Autónoma de Querétaro
Universidad Autónoma de San Luis Potosí



www.ecorfan.org