



# ENTORNO ACADÉMICO

REVISTA DE  
DIVULGACIÓN  
CIENTÍFICA

AÑO 12 / No. 15 / Julio de 2015

# EDITORIAL



La comunicación científica es esencial a la propia naturaleza y práctica de la ciencia, y se encuentra presente en todas las etapas del proceso de investigación, es inherente particularmente y con mayor vigor a las instituciones de educación superior, las cuales tienen la responsabilidad social de promover y desarrollar investigaciones, divulgarlas y difundirlas como un bien público, de uso y beneficio general, que produzca impacto en el desarrollo tecnológico y permita innovación en el entorno en el que ejercen influencia; para comprobar esto último las propias instituciones deben evaluar la rigurosidad, la retribución social y la innovación de dichas investigaciones.

En el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme el impulso de la investigación y el apoyo a la innovación se convierten en un aspecto relevante para el desarrollo y crecimiento económico del país o la región; por tanto, los investigadores se ven en la necesidad de promover y dar a conocer sus avances e investigaciones, recurriendo a diferentes medios, para divulgar, difundir y validar sus trabajos, contribuyendo a lograr un mayor crecimiento y desarrollo en el contexto específico.

En ese sentido, Entorno Académico involucra tanto la divulgación como la difusión del conocimiento, permite a la comunidad académica la generación y socialización oportuna y responsable de los resultados de sus investigaciones, fortaleciendo su quehacer investigativo, su aporte en los procesos de innovación y aumentando el impacto de las publicaciones en la sociedad, mediante

impacto de las publicaciones en la sociedad, mediante procesos de retroalimentación que permitan la evaluación del desarrollo de sus programas educativos y el aumento de su impacto regional.

Dado que el conocimiento científico es un producto social, teniendo en cuenta que la ciencia de por sí es una actividad social, se hace evidente la importancia de las tareas de divulgación y difusión del mismo.

La innovación, que puede entenderse como el proceso mediante el cual la sociedad extrae del conocimiento beneficios sociales y económicos, se ha convertido en un tema obligado en cualquier organización o institución, y aún más en países en desarrollo en donde la adopción de este concepto es fundamental para el crecimiento económico y social. Su importancia se debe a que hoy en el mundo, el principal factor de competitividad es la innovación, como una de las manifestaciones fundamentales de la creatividad humana que convierte el conocimiento científico y tecnológico en valor agregado para la sociedad para lo cual, se requieren investigaciones que permitan entender las condiciones sociales e intelectuales que estimulan el desarrollo económico.

El Instituto Tecnológico Superior de Cajeme destaca, entonces, cómo la divulgación y la difusión del conocimiento se convierten en una etapa fundamental en el proceso de innovación.

Respetuosamente,  
"Casa Abierta al Tiempo y las Ideas"

M.I. Paulino Antonio Sánchez López

Director del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

# DIRECTORIO

## DIRECTORIO GENERAL

- Lic. Emilio Chuayffet Chemor  
Secretario de Educación Pública
- Dr. Fernando Serrano Migallón  
Subsecretario de Educación Superior
- M.A. Manuel Quintero Quintero  
Director General de Educación Superior Tecnológica
- M.C. David Rafael Trigueros  
Director de Institutos Tecnológicos Descentralizados
- Mtro. Jorge Luis Ibarra Mendivil  
Secretario de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Sonora
- C. Gustavo De Unanue Galla  
Subsecretario de Educación Media Superior y Superior de la SEC del Estado de Sonora
- C.P. José Alberto Ruibal Santa Ana  
Subsecretario de Planeación y Administración de la SEC del Estado de Sonora
- Profr. Fausto Lara Aguirre  
Encargado de la Subsecretaría de Educación Básica de la SEC en el Estado de Sonora

## DIRECTORIO INSTITUCIONAL

- M.I. Paulino Antonio Sánchez López  
Dirección General
- Lic. Miguel Medina Saldaña  
Dirección Académica
- Ing. Florentino Ruiz Cervantes  
Dirección de Vinculación
- Mtra. Lucrecia Valenzuela Segura  
Subdirección Académica
- C. Dr. María Lourdes Sánchez Cruz  
Subdirección de Posgrado e Investigación
- Lic. Obed Valenzuela Frajjo  
Subdirección de Vinculación
- Lic. Christopher Alberto Navarro Fregoso  
Subdirección de Servicios Administrativos
- Mtra. Ana Luisa Aguilar Mendivil  
Subdirección de Planeación
- Mtro. Marco Antonio Brambilla Ramírez  
Departamento de Desarrollo Académico
- Mtro. Leobardo Rodríguez Contreras  
Dpto. de Tecnologías de la Información y Comunicación
- Mtra. Nora Iveth Torres Salazar  
Departamento de Planeación y Programación
- Lic. María Consuelo Domínguez Haros  
Departamento de Personal
- Mtra. Guadalupe Vásquez Chávez  
Departamento de Calidad
- Lic. Luis Alfonso López Martínez  
Departamento de Operación y Control Escolar
- Mtra. Fabiola Morales Ortega  
Departamento de Recursos Financieros
- Lic. Reyna Isabel Ramírez Corral  
Departamento de Vinculación
- Ing. Octavio Ibarra Zayas  
Departamento de Recursos Materiales y Servicios
- Mtro. Clemente Humberto Grijalva Angulo  
División de Arquitectura
- Dr. Martín Villa Ibarra  
División de Ingeniería Ambiental
- Mtro. José Lionso Salazar Huerta  
División de Ingeniería Electrónica
- Mtro. Hiram Álvarez Velázquez  
División de Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Mtra. Norma Aideé Ríos Lugo  
División de Ingeniería Industrial
- Mtra. Teresita Burgos Ochoa  
División de Ingeniería Mecánica
- Mtro. Alberto Limón Valencia  
División de Licenciatura en Administración
- Mtra. Lylia Elsa Olea Vidaurrázaga  
División de Ingeniería en Gestión Empresarial
- Dra. Socorro del Rivero Jiménez  
División de Ciencias Básicas
- Mtro. Bruno García Llanes  
Coordinación de Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana
- Dr. Baldomero Lucero Velázquez  
Coordinación de Maestría en Ing. Mecatrónica
- Mtra. Carla Olimpya Zapuche Moreno  
Coordinación de Maestría en Administración
- Dr. Ernesto Carlos Martínez  
Coordinación de Maestría en Educación
- Lic. Adelisa Machado Acosta  
Coordinación de Idiomas
- Mtra. Maribel Alvarado Valdez  
Coordinación de Servicios Estudiantiles
- Mtra. Mariela Rubí Navarro Valdez  
Coordinación de Educación a Distancia
- Mtro. Ricardo Alonso Hernández  
Coordinación de Cultura

## CONSEJO DE PUBLICACIONES

- M.I. Paulino Antonio Sánchez López  
Presidente
- Lic. Miguel Medina Saldaña  
Secretario Académico
- Mtro. Florentino Ruiz Cervantes  
Secretario de Relaciones Internas y Externas
- Lic. Obed Valenzuela Frajjo  
Secretario de Finanzas y Comercialización
- Mtra. Lucrecia Guadalupe Valenzuela Segura  
Secretario Técnico
- Mtra. María de Lourdes Sánchez Cruz  
Jefe de Edición y Producción
- Mtro. Leobardo Rodríguez Contreras  
Jefe de Edición Digital
- Lic. Christopher Navarro Fregoso  
Jefe de Resguardo y Distribución de Publicaciones

## COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Alberto Ramírez Treviño  
Dr. Carlo Rosa  
Dr. Ernesto Alonso Carlos Martínez  
Dr. Martín Villa Ibarra

## COMITÉ DE PRODUCCIÓN

- M.I. Gisela Ruiz Regalado  
Editor en Jefe
- Lic. Jonathan Monteverde López  
Responsable de Diseño y Producción Digital

## COLABORADORES

- Mtro. Alejandro Jacobo Castelo  
Dr. Bruno Pablos Lugo  
Dr. Ernesto Alonso Carlos Martínez  
Dr. Alberto Ramírez Treviño  
Mtra. Ana Mayra Luna Rodríguez  
Mtro. Iván Oswaldo Luna Rodríguez  
Mtro. Rubén Navarro García  
Mtro. Francisco Javier Ochoa Estrella  
Dr. René Daniel Fornés Rivera  
Mtro. Marco Antonio Conant Pablos  
Mtro. Adolfo Cano Carrasco  
Ing. Mariana Espinoza Espinoza  
Mtra. Carla Olimpya Zapuche Moreno  
C.Dr. María de Lourdes Sánchez Cruz  
Mtro. Juan Enrique Palomares Ruiz  
Mtro. Francisco Javier Guardado  
Mtro. Gilberto Carlos Dicochea  
Ing. Ignacio Vázquez  
Mtra. Manuela Ruiz Castro  
Dra. Celia Velázquez Reyna

# ÍNDICE

<b>Propiedades psicométricas del cuestionario de vivencias académicas (qva-r)</b>	<b>5</b>
<b>Diseño y elaboración de un circuito electrónico medidor de Frecuencia Cardíaca y Detector de Golpes para un peto de TaeKwonDo</b>	<b>15</b>
<b>Procedimiento para diseñar un dispositivo micro generador de energía eléctrica aplicable en fuentes de vibración asociadas a un auto en marcha</b>	<b>21</b>
<b>Programa Interno de Protección Civil en un Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario</b>	<b>28</b>
<b>Diseño de un mecanismo expulsor de piezas metálicas en una banda transportadora de materia prima para el proceso de trituración</b>	<b>37</b>
<b>Gestión del conocimiento a través de un Centro de Inteligencia de Negocios</b>	<b>44</b>

# Propiedades psicométricas del cuestionario de vivencias académicas (qva-r)

**Alejandro Jacobo Castelo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Profesor Investigador Titular A.**

**Bruno Pablos Lugo. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Profesor Investigador Titular B.**

**Ernesto Alonso Carlos Martínez. Instituto Tecnológico Superior de  
Cajeme. Profesor Investigador Titular C.**

## Resumen

Con la finalidad de probar la estructura factorial de un cuestionario de vivencias académicas de origen portugués, traducido y adaptado para población estudiantil colombiana y de obtener medidas indicadoras del grado en que los estudiantes se ajustan al transitar del nivel medio superior al superior de educación, a una muestra de 397 estudiantes provenientes de dos instituciones de educación superior del Sur de Sonora, México, se les aplicó la versión traducida y adaptada del Cuestionario de Vivencias Académicas, reducido (QVA-r). Se obtuvo la estructura factorial válida y confiable para medir las variables implicadas en el proceso de adaptación de los estudiantes al nivel universitario. Se construyó un baremo para interpretar los resultados.

## Palabras clave

Adaptabilidad general, educación superior, validez de constructo, confiabilidad, dimensiones de adaptabilidad.

## Abstract

In order to test the factor structure of a questionnaire of academic experiences of Portuguese origin, translated and adapted to Colombian student population and to obtain indicator measures the degree to which students are set to move from high school to higher education, to a sample of 397 students from two colleges in Southern Sonora, Mexico, we applied the translated and adapted version of the Academic Experiences Questionnaire, reduced (QVA-r). Valid and reliable to measure the variables involved in the process of adaptation of students to college-level factorial structure was obtained. A scale was constructed to interpret the results.

## Keywords

General adaptability, higher education, construct validity, reliability, adaptability dimensions.

## Antecedentes

Las políticas de acceso a la educación superior mexicana de los últimos años, han favorecido la incorporación cada vez mayor de estudiantes provenientes de diversos sectores sociales y con características personales diferentes, que son condicionantes de las formas en que se incorporan y adaptan al nuevo nivel educativo (Soto, 2011). Esta situación, aunada a las exigencias provenientes de los cambios que se están introduciendo en los sistemas escolares, pone a los estudiantes de nivel superior en una situación que requiere formas de adaptación que favorezcan la transición exitosa al nuevo nivel educativo.

## Establecimiento del problema

El estudiante que llega a la universidad trae consigo un conjunto amplio y variado de experiencias que condicionarán su adaptación y tránsito por el nivel educativo. El conocimiento acerca de los factores que atañen a su adaptación puede obtenerse a través de instrumentos idóneos como cuestionarios y escalas que aplicadas a grandes poblaciones permiten obtener perfiles de la manera en que los alumnos enfrentan el proceso de transición del bachillerato a la universidad e incluso en su tránsito por éste nivel. Los factores asociados a ese proceso son diversos y, por lo general relacionados estrechamente con variables académicas importantes como el rendimiento escolar. De hecho, estudiosos de fenómenos educativos como Entwistle (1988: 105-122) indican que el rendimiento escolar así como los procesos y estrategias de aprendizaje del nivel superior de educación están influidos por diversos

factores provenientes del hogar, la escuela, los maestros y del propio estudiante.

El interés en la problemática de la adaptación de los estudiantes al nivel superior de educación y el desarrollo de instrumentos adecuados para obtener datos acerca de ese proceso motivó la realización de este estudio. Se parte de utilizar el Cuestionario de Vivencias Académicas reducido (QVA-r, por sus siglas en portugués) desarrollado en Portugal (Almeida, Soares y Ferreira, 2000, 2001, 2002; Soares, Guisande, Almeida y Páramo, 2009) y validado con población colombiana (Márquez, Ortiz y Rendón, 2009) para obtener las propiedades psicométricas, confiabilidad y validez, al aplicarlo en población estudiantil universitaria del sur de Sonora, México.

#### Objetivo

Obtener las propiedades psicométricas del Cuestionario de Vivencias Académicas (QVA-r) utilizando una muestra de estudiantes de educación superior del Sur del estado de Sonora.

#### Justificación

La transición del bachillerato a la universidad ha sido objeto de preocupación de diversos investigadores educativos. Durante esa etapa en la cual los estudiantes ingresan a una carrera, se presentan fenómenos tales como la deserción y la reprobación, ambos asociados por lo general a otros factores psicosociales y personales que van desde la influencia de la familia y los pares, hasta problemas individuales en el desarrollo del adolescente. La medición del fenómeno de transición del bachillerato a la universidad se ha realizado utilizando instrumentos aplicables a poblaciones de universitarios de diversas latitudes de Europa y América. Sin embargo, no existe en la actualidad un instrumento validado para su utilización con población mexicana. Por ello, el contar con un instrumento confiable y válido será de utilidad para analizar los factores asociados al fenómeno de la transición académica del bachillerato a la universidad, en Sonora.

#### Marco teórico

La forma en que el estudiante se adapta al contexto universitario constituye una línea de investigación acerca del fenómeno de la transición y motivo de preocupación de investigadores españoles (Rodríguez y Torrado, 2004; González, Núñez, Álvarez, Rocés, González-Pumariega, González, Muñiz, Valle, Cabanach, Rodríguez y Bernardo, 2003) y en especial, portugueses (Almeida, Soares y Ferreira, 2000, 2001, 2002;

Soares, Guisande, Almeida y Páramo, 2009). Sus estudios intentan clarificar las variables implicadas en la adaptación de los jóvenes, buscando probar modelos explicativos que incluyen variables contextuales y personales para predecir su interacción con variables escolares y del desarrollo psicosocial.

Así, los estudios reportados por Almeida y cols. (2000 y 2001) señalan que los estudiantes en transición al nivel superior se enfrentan a tareas asociadas a los dominios académico, social, personal y vocacional, las cuales requieren competencias adaptativas para enfrentar una amplia gama de situaciones: nuevos ritmos de aprendizaje, evaluación y estudio, relaciones más maduras con pares, profesores y autoridades, sentido de identidad y autoestima, identidad profesional y vocacional, toma de decisiones y compromiso con un proyecto de vida y carrera. En esa misma línea, Soares, Guisande, Diniz y Almeida (2006) construyeron y validaron un modelo de ajuste psicosocial donde propusieron que los procesos adaptativos están relacionados con las características preuniversitarias de los estudiantes, corroborando con ello que en el proceso adaptativo tienen importancia desde las características sociodemográficas, académicas y del desarrollo, hasta las de la calidad de las instituciones de donde provienen los estudiantes, tales como infraestructura, recursos educativos y servicios.

A la vez de la caracterización del fenómeno y la conceptualización de sus alcances, la investigación ha requerido el desarrollo de métodos e instrumentos necesarios para recabar los datos que permitan probar los modelos adaptativos de los estudiantes (Almeida, Soares, Ferreira y Tavares, 2004).

Entre los instrumentos desarrollados para estudiar las variables académicas, personales, psicosociales y personales relacionadas con los procesos de adaptación de los estudiantes universitarios se encuentra el Cuestionario de Vivencias Académicas (QVA), cuya versión original fue desarrollada por Almeida y Ferreira (1997). La versión original constaba de 170 ítems distribuidos en 17 subescalas. En el 2002, Almeida, Soares y Ferreira reportaron una versión reducida a 60 ítems distribuidos en cinco subescalas. La versión reducida de ese instrumento (el QVA-r) se validó con una muestra de 1889 estudiantes portugueses de diversas carreras en la Universidad de Minho. En ese proceso emergieron cinco constructos que representan diversos aspectos de adaptación en el

proceso de transición: Personal, Interpersonal, Estudio, Carrera e Institucional. Así, el instrumento ayuda a obtener un perfil de adaptabilidad medido en una escala tipo Likert. Con este tipo de escala se obtiene una medición sumativa de nivel ordinal que expresa el grado de acuerdo o desacuerdo con los reactivos que componen la escala. Puntuaciones altas son indicadores de una adecuada adaptación en cada una de las cinco dimensiones.

La versión reducida QVA-r se tradujo del portugués al español por Abella y cols. (Citado por Márquez y cols., 2009) y se utilizó con población estudiantil universitaria chilena. Esta versión, a su vez, fue adaptada y validada para su aplicación con estudiantes universitarios de una universidad de Bogotá, Colombia, por Márquez y cols. (2009). El estudio reportado por Márquez y cols. (2009, p. 37), realizado con estudiantes colombianos, confirmó la estructura factorial de la versión reducida del QVA-r propuesta por Almeida y cols. (2002).

Tanto en el estudio de Almeida y cols. (2002) como en el de Márquez y cols. (2009) las muestras estudiantiles eran predominantemente del género femenino y, en el caso colombiano, los estudiantes eran de la carrera de psicología y de posición socioeconómica media. La muestra analizada en el estudio colombiano estuvo conformada por 297 estudiantes de psicología de los semestres 1 al 9. De ellos el 84% eran mujeres; por otra parte, el estudio reportado por Almeida y cols. (2002: 83) se realizó con 1889 estudiantes. Éstos cursaban el primer año en carreras de Ciencias naturales y exactas, Ingeniería, Humanidades y letras y Ciencias económicas y sociales. El 59.1% eran de género femenino.

El QVA-r adaptado por Márquez y cols. (2009), al igual que el original, exhibe una alta consistencia interna en las dimensiones Personal, Interpersonal y Estudio (coeficiente alpha de Cronbach de 0.81, 0.82 y 0.88, respectivamente) y consistencia interna media en las dimensiones de Carrera e Institucional (alpha de Cronbach de 0.77 y 0.65, respectivamente) y sólo pequeños cambios en la ubicación de los reactivos. El estudio de Almeida y cols. (2002: 88) explicó el 41.7% de la varianza con esos cinco factores; el estudio de Márquez y cols. (2009) el 40.5% de la varianza total fue explicada por esos factores y se observaron diferencias en la varianza explicada por cada uno de los factores; los reactivos 5, correspondiente a Carrera, y 50, correspondiente a la dimensión institucional, no cumplieron con el requisito de

saturación de 0.30 en el factor, por lo que fueron excluidos de las dimensiones (Márquez y cols., 2009: 38-39). El cuestionario quedó reducido a 58 reactivos.

En este estudio se utilizó la versión del QVA-r adaptada por Márquez y cols. (2009) a partir de la consideración de hay similitudes culturales y lingüísticas entre la población colombiana y la mexicana, y para probar y confirmar la estructura factorial subyacente del instrumento con población mexicana.

## Método

### Participantes

Se utilizó una muestra intencional de 397 estudiantes de dos instituciones de nivel superior de Ciudad Obregón, Sonora, una pública y otra privada. El 82% del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA) y el 18% de la Universidad la Salle Noroeste (ULSA Noroeste). El 52% Hombres y el 48% mujeres, cursando sus carreras en los semestres 1 al 8, el 57% matriculados en carreras económico-administrativas, el 38% en Ingenierías y el 5% en psicología y ciencias humanas. La edad promedio fue 19.3 años (D.E. 1.63).

### Instrumento

Se utilizó el Cuestionario de Vivencias Académicas (QVA-r), versión reducida, adaptada y validada por Márquez y cols. (2009) con el total de 60 reactivos. En el presente estudio se utilizaron para responder opciones tipo Likert con 6 puntos de anclaje. Lo anterior se hizo con la finalidad de forzar las respuestas hacia los extremos de la escala y obtener una mayor variabilidad de las respuestas. Se adicionaron al instrumento otras variables como género, edad, el semestre y año cursado, carrera en curso, y la procedencia (externo o local) del estudiante con la finalidad de estudiar la relación entre las puntuaciones de cada escala con esas variables. El anexo muestra ejemplos de reactivos y opciones de respuesta.

### Procedimiento

El instrumento se aplicó durante las sesiones de clase con el consentimiento de los profesores y de los participantes, manteniendo el anonimato y confidencialidad de las respuestas. La aplicación se realizó en los semestres comprendidos entre enero y junio de 2010 y agosto y diciembre de 2010.

Los datos se analizaron cuantitativamente con auxilio del paquete estadístico SPSS versión 17. Para obtener las propiedades psicométricas del instrumento se analizó la confiabilidad de las medidas con el enfoque de la consistencia interna (Coeficiente Alpha de Cronbach) y se obtuvo la validez de constructo mediante el análisis factorial de los componentes principales de la escala y la correlación bivariada entre ítems y escalas.

## Resultados

### Confiabilidad de la escala

Una de las principales propiedades psicométricas de un instrumento de medición es la confiabilidad. Un instrumento que posee esa propiedad permite obtener medidas estables, precisas y carentes de distorsión (Kerlinger y Lee, 2002). Referida a una escala de medición, Pardo y Ruiz (2002, p. 591) la definen como “la capacidad de la escala para medir de forma consistente, precisa y sin error, la característica que se desea medir”. Entre los diversos enfoques para obtener una medida de la confiabilidad se encuentra aquella que se enfoca a la consistencia interna de las medidas. Así, cuanto mayor consistencia tengan las medidas obtenidas por un instrumento, menor será su error y mayor estabilidad, precisión y confiabilidad tendrán. Un coeficiente de confiabilidad expresa el grado de consistencia de las medidas como la correlación entre la totalidad de las medidas. Cuanto más alto el coeficiente hay mayor confiabilidad y por ende, menor error en la medida. Así el coeficiente obtenido puede ser un valor entre 0 y 1, donde cero indica ausencia de correlación y uno (1) la correlación perfecta. No hay una regla que permita definir qué tan alto se requiere que sea un coeficiente para ser aceptado, pues dependerá del uso que se le de a la medida. Una regla de bolsillo expresa que .70 es un índice moderado y más de .90 se considera alto en instrumentos de medida de atributos psicológicos, educativos y sociales.

Un índice utilizado frecuentemente como medida de la consistencia interna es el llamado coeficiente alfa de Cronbach obtenido con el siguiente modelo:

$$\alpha = \frac{k\bar{r}}{1 + (k-1)\bar{r}} \quad \text{donde}$$

$k$  es el número de ítems de la escala

$\bar{r}$  es el promedio de las correlaciones de una matriz formada con los ítems.

El cálculo con SPSS se realiza en forma relativamente fácil. Al calcularlo para el conjunto de datos de este estudio se obtuvo un coeficiente Alfa de Cronbach estandarizado = 0.93. De acuerdo con la regla de bolsillo, es un coeficiente que se puede considerar alto y, por consiguiente, afirmar que la escala mide con un mínimo de error. En la Tabla 1 se muestran los descriptivos por dimensión, así como los coeficientes alfa de Cronbach en cada dimensión y en la totalidad del instrumento.

Tabla 1. Dimensiones, número de reactivos y coeficientes Alfa de Cronbach del instrumento.

DIMENSIONES	n reactivos	Media	D.E.	Alfa
PERSONAL	15	4.33	.89	0.88
INTERPERSONAL	15	4.64	.73	0.87
CARRERA	9	4.71	.79	0.79
ESTUDIO	16	4.21	.69	0.85
INSTITUCIONAL	4	5.02	.98	0.72
TODO EL INSTRUMENTO	59	4.49	.57	0.93

### Validez de constructo

La validez es otra de las propiedades psicométricas de un instrumento de medición. Se trata de responder a la pregunta “¿estamos midiendo lo que creemos que estamos midiendo?” (Kerlinger y Lee, 2002, p. 604). En general, se afirma que un instrumento mide válidamente cuando las medidas obtenidas con él corresponden a la realidad que se intenta medir. Hay diversas formas de aproximarse a la validez, tales como la validez de contenido, la predictiva y la de constructo. En este estudio el interés se centra en la validez de constructo, pues interesa saber si el instrumento de medición mide adecuadamente los constructos teóricos relacionados con la adaptabilidad y sus diversas dimensiones. En esencia, cuando se investiga la validez de un constructo lo que se desea saber es qué propiedades o atributos subyacentes explican la varianza de los ítems del instrumento.

Para aproximarnos a la validez de constructo se utilizó el análisis factorial exploratorio. Este método de análisis permite reducir y extraer los factores subyacentes en el conjunto de datos recogidos por un instrumento. Antes de analizar los datos se probó la adecuación de la muestra para el análisis. Se utilizaron la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. El coeficiente KMO resultó igual a 0.889. Un valor cercano a uno es indicador de una buena adecuación de la muestra para realizar el análisis

factorial. La prueba de esfericidad de Bartlett permite conocer si las relaciones de la matriz de correlación de los datos son significativas para merecer el análisis factorial. Valores de significación menores que 0.05 se consideran significativos. El cálculo resultó ser menor que el valor de ese criterio por lo cual la matriz puede analizarse mediante el análisis factorial.

Se extrajeron cinco factores con el criterio de valor propio (eigenvalue) igual o mayor que uno y la matriz se rotó con el método promax a fin de clarificar la extracción de factores. Los cinco factores que explican el 42.25% de la varianza total del instrumento.

La tabla 2 exhibe los factores y los montos de varianza explicada. Se obtuvo una matriz que muestra la saturación de cada reactivo en los factores correspondientes. Para formar parte del factor, se estableció como criterio de retención una saturación de .30 o mayor en cada ítem.

Para apoyar la validez de constructo, se calcularon coeficientes de correlación lineal entre el Constructo Adaptabilidad y cada uno de las cinco dimensiones que la componen.

Así mismo, las correlaciones entre cada reactivo que forma parte de la dimensión con la propia dimensión. Es de esperar que las correlaciones entre las dimensiones componentes del constructo y el constructo mismo sean altas y significativas. Y lo mismo se espera de las correlaciones entre los reactivos y su correspondiente dimensión.

La Tabla 3, muestra correlaciones altas y significativas ( $p < .005$ ) entre las dimensiones componentes de adaptabilidad, lo cual significa que el constructo tiene referentes en la realidad. Las Tablas 4 a 8 exhiben las correlaciones de cada ítem con su respectiva dimensión. Aunque todos los coeficientes son significativos ( $p < .005$ ) se observa que los coeficientes más altos corresponden a la dimensión institución.

Tabla 2. Factores extraídos, descripción, reactivos componentes y porcentaje de varianza explicada.

Factores	Descripción	Reactivos	% Varianza explicada
Personal	Percepción de bienestar físico y psicológico	4, 9, 11, 13, 17, 21, 26, 28, 30, 31, 35, 39, 45, 52 y 55	21.55
Interpersonal	Relación con pares, relaciones significativas, involucramiento en actividades extracurriculares	1, 2, 5, 6, 19, 23, 24, 27, 33, 36, 38, 40, 42, 43 y 59	7.10
Estudio	Competencias de estudio, hábitos de trabajo, organización del tiempo y uso de recursos de la escuela	10, 15, 20, 25, 29, 32, 34, 41, 44, 47, 48, 49, 50, 53, 57 y 58	5.33
Carrera	Adaptación a la licenciatura, proyecto vocacional y profesional	3, 7, 8, 14, 22, 37, 54, 56, 60	5.10
Institucional	Interés hacia la escuela y deseos de continuar en ella	12, 16, 46 y 51	3.18
Totales			42.25

Tabla 3. Correlación entre Adaptabilidad y cada uno de las dimensiones.

Dimensión	r de Pearson
Personal	.755**
Interpersonal	.797**
Carrera	.613**
Estudio	.749**
Institucional	.542**

\*\* . p<.005.

Tabla 4. Correlación entre ítems y Dimensión Personal.

Núm. Ítem	r de Pearson
4	.564**
9	.714**
11	.722**
13	.650**
17	.714**
21	.539**
26	.583**
28	.662**
30	.491**
31	.582**
35	.546**
39	.726**
45	.621**
52	.581**
55	.542**

\*\* . p<.005.

Tabla 5. Correlación entre ítems y Dimensión Interpersonal

Núm. Ítem	r
1	.671**
2	.587**
5	.362**
6	.471**
19	.530**
23	.563**
24	.683**
27	.667**
33	.676**
36	.540**
38	.554**
40	.670**
42	.628**
43	.701**
59	.591**

\*\* . p<.005.

Tabla 6. Correlación entre ítems y Dimensión Estudio

Núm. Ítem	r de Pearson
10	.637**
15	.500**
20	.620**
25	.563**
29	.383**
32	.616**
34	.657**
41	.567**
44	.591**
47	.604**
48	.425**
49	.644**
50	.433**
53	.586**
57	.474**
58	.528**

\*\* . p<.005.

Tabla 7. Correlación entre ítems y Dimensión Carrera

Núm. Ítem	r de Pearson
3	.552**
7	.716**
8	.619**
14	.560**
22	.600**
37	.635**
54	.646**
56	.533**
60	.529**

\*\* . p<.005.

Tabla 8. Correlación entre ítems y Dimensión Institución

Ítem	r
12	.710**
16	.760**
46	.767**
51	.724**

\*\* . p<.005.

### Adaptabilidad general

Se calcularon los promedios obtenidos en cada uno de los factores o dimensiones así como en la totalidad de los 59 reactivos. Así se obtuvieron promedios que expresan la adaptabilidad en cada una de las cinco dimensiones y una puntuación promedio que expresa la adaptabilidad general. El valor promedio de adaptabilidad fue igual a 4.43 (D.E. = 0.568). Mediante el estadígrafo de Kolmogorov-Smirnov, se probó la hipótesis acerca de la normalidad de la población de donde proviene la muestra estudiada. Se rechazó la hipótesis de normalidad porque se cumplió el criterio de rechazarla cuando la probabilidad es menor que 0.05 ( $K-S = 0.56$ , gl 394,  $p = 0.004$ ). Las puntuaciones promedio de adaptabilidad general no se distribuyen de acuerdo con la normal.

### Baremo provisional

Con la finalidad de generar un baremo que permita la interpretación de los puntajes como bajos, medios y altos se obtuvieron los percentiles y rangos-percentiles y se calcularon las bisagras de Tukey. El 25% de los casos tuvieron puntuaciones promedio menores o iguales que 4.10 (Baja adaptabilidad); el 25% superior tuvo puntuaciones promedio superiores a 4.93 (alta Adaptabilidad) y, el 50% alrededor de la mediana con puntuaciones entre 4.10 y 4.93 (Adaptabilidad Normal). A partir de este baremo se clasificaron los puntajes individuales.

Aquellas personas cuyas puntuaciones totales son iguales o menores que 4.10 se clasificaron como de baja adaptabilidad, lo cual indica que se perciben con malestar físico y psicológico, no tienen buenas relaciones con sus compañeros, sus hábitos de trabajo y competencias para el estudio son deficientes, son poco adaptados al proyecto vocacional y profesional en el que están involucrados y su interés es bajo respecto a la continuación de estudios en la escuela. Quienes se ubican en esta categoría son estudiantes que pueden estar en riesgo de transitar adecuadamente por la universidad. En el extremo opuesto, por encima de 4.93 se ubican quienes tienen una adecuada percepción de su bienestar físico y psicológico, sus relaciones interpersonales son excelentes, tienen buenos hábitos de trabajo, organización del tiempo y usan los recursos de la escuela en su beneficio, están muy contentos con su carrera profesional y tienen un gran interés e identidad con la escuela. Todos los casos que caen entre 4.10 y 4.93 se consideran de adaptabilidad

normal en las cinco dimensiones: personal, interpersonal, estudio, carrera e institucional.

### Discusión

Respecto del objetivo planteado, el instrumento es confiable y válido para medir las vivencias académicas relacionadas con los procesos de adaptación al superior de educación. El coeficiente Alfa de Cronbach es una medida de la consistencia interna de las respuestas al instrumento; cuanto mayor consistencia tenga, menor es el error de las medidas. El coeficiente de 0.93 calculado en este estudio, es considerado alto y avala la utilidad del instrumento. En el presente estudio se obtuvieron coeficientes de consistencia mayores que los reportados por Almeida y cols. (2000 y 2001) y por Márquez y cols. (2009), tanto el general como los correspondientes a los factores extraídos, como se mostró en la tabla 1.

En cuanto a la validez de constructo, el instrumento mostró una estructura subyacente de factores similar a la reportada por Almeida y cols. (2000 y 2001) para la versión original del QVA-r y por el reportado por Márquez y cols. (2009) para la versión traducida y adaptada. En el presente estudio la varianza general explicada es mayor que la de los estudios portugués y colombiano. Al igual que lo reportado por Márquez y cols. (2009), en el presente estudio la estructura factorial tuvo diferencias tanto en el orden de los factores como en los reactivos que saturaron en ellos. En el presente estudio sólo se eliminó un reactivo que no alcanzó el criterio de retención. Es de destacar que los mayores montos de varianza explicada corresponden a los factores personal e interpersonal, por lo que el instrumento es idóneo para explorar las variables personales y psicosociales que se han propuesto en modelos explicativos del proceso adaptativo de los estudiantes (Soares y cols., 2009; Almeida y cols. 2000; Almeida y cols. 2000). La variación explicada por la estructura factorial encontrada en el presente estudio se mostró en la Tabla 2, la cual contiene significativamente menos reactivos en la dimensión Carrera y más en Estudio, Personal e Interpersonal probablemente obedezca en parte a la traducción y adaptación colombiana.

La figura 1 muestra la estructura validada.

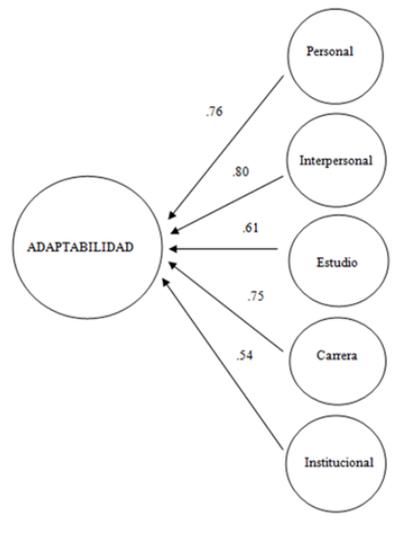


Figura 1. Estructura factorial del QVA-r, las flechas indican que las dimensiones saturan al constructo adaptabilidad. Los valores son coeficientes de correlación significativos ( $p < .005$ )

#### Conclusiones

Se obtuvieron las propiedades psicométricas, confiabilidad y validez, así como un baremo para interpretar las puntuaciones el cual podrá utilizarse en aplicaciones subsecuentes del instrumento. El instrumento será útil para obtener medidas de la manera en que los estudiantes mexicanos atraviesan el proceso de transición a la universidad. Los resultados que se obtengan serán de ayuda para la toma de decisiones acerca de las estrategias necesarias para el mejoramiento y desarrollo de los estudiantes.

#### Referencias

- Almeida, L.S. y Ferreira, J.A.(1997). Questionário de Vivências Acadêmicas. Braga: Universidade do Minho.
- Almeida, L.S.,Soares, A. P. y Ferreira, J. A. (2000). Transição à universidade. Apresentação de um Questionário de Vivências Acadêmicas (QVA). *Psicologia*, XIV( 2), 189-208.
- Almeida, L.S.,Soares, A. P. y Ferreira, J. A. (2001). Adaptação, rendimento e desenvolvimento dos estudantes no ensino superior. Construção do Questionário de

Vivências Acadêmicas. *Methodus: Revista Científica e Cultural* 3(5), 3-20. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1822/12082>.

Almeida, L.S.,Soares, A. P. y Ferreira, J. A. (2002). Questionário de Vivências Acadêmicas (QVA-r): Avaliação do ajustamento dos estudantes universitários. *Avaliação Psicológica*, 1 (2), 81-93.

Almeida, L.S.,Soares, A. P., Ferreira, J. A. y Tavares, J (2004). Transição e adaptação à universidade: Apresentação de alguns instrumentos de medida. En: Machado, C., Almeida, L.S., Gonçalves, M. y Ramalho, V. (Organizadores). *Avaliação Psicológica. Formas e contexto. X Congresso Internacional*. Braga: Psiquilibrios edições.(487-495).

Entwistle, N. (1988). *La comprensión del aprendizaje en el aula*. Barcelona: Paidós ibérica.

González, J., Núñez, J.C., Alvarez, L. Rocés, C. González, S., González, P. Muñiz, R., Valle, A. Cabanach, R.G., Rodríguez, S. y Bernardo, A. (2003). Adaptabilidad y cohesión familiar, implicación parental en conductas autorregulatorias, autoconcepto del estudiante y rendimiento académico. *Psicothema*, 15( 3), 471-477.

Kerlinger, F. N. y Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento* (4ª. Edic). México: McGraw-Hill.

Márquez, P.P., Ortiz, S.C. y Rendón, M.I. (2009). Cuestionario de vivencias académicas en su versión reducida (QVA-r): un análisis psicométrico. *Revista Colombiana de Psicología*, 18( 1), 33-52.

Martínez, M., Buelga, S. y Cava, M.J. (en prensa). La satisfacción con la vida en la adolescencia y su relación con la autoestima y el ajuste escolar. *Anuario de Psicología*. Disponible en [http://www.ince.mec.es/revistaeducacion/re3334/re3334\\_22.pdf](http://www.ince.mec.es/revistaeducacion/re3334/re3334_22.pdf)

Pardo, A. y Ruiz, M. A. (2002). *Spss 11. Guía para el análisis de datos*. Madrid: McGraw-Hill.

Rodríguez, F.E. y Torrado, M. (2004). La transición académica del nivel de bachillerato a la universidad. *Revista educación*, 334, 391-334.

Soares, A.P., Guisande, A. Almeida, L.S. y Páramo, M.F. (2009). Academic achievement in first-year Portuguese college students: The role of academic preparation and learning strategies. *International Journal of Psychology*, 3(44), 204-212. Soares, A.P., Guisande, A., Diniz, A. M. y Almeida, L.S. (2006). Construcción y validación de un modelo multidimensional de ajuste de los jóvenes al contexto universitario. *Psicothema*, 18(2), 249-255.

Soto, A.K. (2011). La pertinencia de la educación superior mexicana. *Pampedia*, 7,19-30.

Contacto:

Mtro. Alejandro Jacobo Castelo. Es Licenciado en Psicología por el ITSON y tiene Maestría en Ciencias de la Educación por el CIIDET. Actualmente se encuentra en proceso de titulación en el Doctorado en Educación por la Universidad Kino.

ajacobo@itesca.edu.mx

Dr. Bruno Pablos Lugo. Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Monterrey y tiene Maestría en Calidad por la Universidad La Salle del Noroeste. Es Doctor en Planeación y Liderazgo Educativo por la Universidad del Valle de México.

bpablos@itesca.edu.mx

Dr. Ernesto Alonso Carlos Martínez. Doctor en Ciencias Sociales, Perfil Deseable PRODEP, Líder del Cuerpo Académico “Procesos Educativos y Evaluación”. Profesor Investigador Titular Nivel C del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

ecarlos@itesca.edu.mx

## ANEXO

### CUESTIONARIO DE VIVENCIAS ACADÉMICAS Versión reducida (QVA-r)

Fol. \_\_\_\_

Este es un cuestionario para detectar de qué forma se adaptan los estudiantes al ambiente académico. Por favor contesta sinceramente. Tus respuestas servirán para conocer mejor la situación de los estudiantes. Los datos serán tratados en forma confidencial y anónima.

Escuela \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ años. Género: \_\_ Hombre \_\_ Mujer Semestre \_\_\_\_

Carrera \_\_\_\_\_

Lugar de Procedencia: \_\_\_ Foráneo \_\_\_ Local Promedio general: \_\_\_\_\_

Número de materias reprobadas \_\_\_\_\_

Por favor rellena el número de la opción que mejor se adapte a tu situación en cada uno de los enunciados

#### OPCIONES DE RESPUESTA

- ① No tiene ninguna relación conmigo; totalmente en desacuerdo; nunca sucede.
- ② Tiene poca relación conmigo; bastante en desacuerdo; pocas veces sucede.
- ③ Algunas veces de acuerdo y otras en desacuerdo; algunas veces sucede, otras no.
- ④ Tiene relación conmigo; de acuerdo; sucede con frecuencia
- ⑤ Muy relacionado conmigo; muy de acuerdo; sucede bastantes veces.
- ⑥ Siempre relacionado conmigo; totalmente de acuerdo; siempre sucede.

1. Hago amistades con facilidad en mi universidad	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
2. Creo que puedo desarrollar nuevos aspectos personales (prestigio, estabilidad, solidaridad) por medio de la carrera que elegí.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
3. Aunque fuera posible no me cambiaría de universidad.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
4. Presento cambios en mi estado de ánimo (inestabilidad emocional).	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
5. Cuando pienso en mi pasado, consigo identificar las razones que me llevaron a elegir esta carrera.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
6. Habitualmente me encuentro poco acompañado por otros compañeros de la universidad.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
7. Elegí bien la carrera que estoy estudiando.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
8. Tengo capacidades y vocación para el área profesional que elegí.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
9. Me siento triste o abatido(a).	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
10. Organizo bien <u>mi</u> tiempo.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
11. Últimamente me he sentido confundido(a) y desorientado(a).	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
12. Me gusta la universidad en la que estudio.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
13. Hay situaciones en las que siento que pierdo el control.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
14. Me siento comprometido(a) con la carrera que elegí.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
15. Conozco bien los servicios que presta mi universidad.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
16. Me gustaría terminar mis estudios en la universidad en la que me encuentro actualmente.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
17. Últimamente me he sentido pesimista.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
18. Las notas que he obtenido han sido buenas y me han permitido avanzar en la carrera.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
19. Mis compañeros de curso son importantes para <u>mi</u> crecimiento personal.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
20. Cuento con capacidades de aprendizaje para responder a mis expectativas en el estudio.	① ② ③ ④ ⑤ ⑥

# Diseño y elaboración de un circuito electrónico medidor de Frecuencia Cardíaca y Detector de Golpes para un peto de TaeKwonDo

**Alberto Ramírez Treviño. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Coordinación del Centro de Tecnología Aplicada.**

**Ana Mayra Luna Rodríguez. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Electrónica.**

**Iván Oswaldo Luna Rodríguez. Instituto Tecnológico Superior de  
Cajeme. División de Ingeniería Electrónica.**

**Rubén Navarro García. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Ingeniería Electrónica.**

## Resumen

En este artículo se presenta la implementación de un sistema de telemetría para medir la frecuencia cardíaca de atletas que no pueden monitorear este parámetro mientras practican o compiten, como en el caso de los deportes de contacto. El propósito es el entrenador pueda visualizar la frecuencia cardíaca del atleta y tomar decisiones referentes al detener la actividad de entrenamiento si ésta excede los valores críticos.

## Palabras clave

Actividad bioeléctrica, frecuencia cardíaca, pulsómetro.

## Abstract

This paper shows the construction of a telemetry system to measure heart rate for athletes who can not monitor that parameter, such as the ones practicing contact sports. The purpose is to exhibit the heart rate to the trainer, in order to make the decision of stopping the training if the level is excessive.

## Keywords

Bioelectric activity, heart rate, pulse meter.

## Introducción

El taekwondo es un deporte de que presenta de forma intercalada fases de estudio y ejecución. El que estas fases se encuentren constantemente intercaladas sitúa a este deporte en un área me-tabólica mixta, siendo las ejecuciones ejercicios explosivos anaeróbicos y los momentos de estudio tiempos de recuperación activa. La medición de la frecuencia cardíaca proporciona información acerca del rendimiento físico de un atleta.

Durante el ejercicio la frecuencia no deberá exceder de un límite para no poner en riesgo la salud de un atleta (Pizarro, 2009).

En este proyecto se ha desarrollado el prototipo de un dispositivo adaptado a un peto de taekwondo, que permite monitorear la frecuencia cardíaca del deportista y al mismo tiempo detecta la cantidad de golpes recibidos.

## Desarrollo

### A. Generalidades

El prototipo fue elaborado considerando las etapas básicas que componen a un instrumento de medición; en la figura 1 se muestra el diagrama a bloques del sistema construido.



Figura 1. Diagrama a bloques de un medidor.

### B. Adquisición de la Señal

El registro de la señal cardíaca se realiza con electrodos de superficie (Ag-AgCl), los cuales son colocados en el tórax como se muestra en la figura 2. (Cifuentes, 2010). Se decidió colocar tres electrodos, dos de éstos proporcionan las muestras de voltaje que genera el corazón y el que se encuentra en el centro es referencia (tierra).

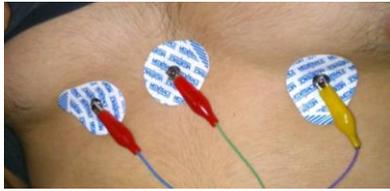


Figura 2. Colocación de electrodos.

### C. Adecuación de la Señal

La señal fue amplificada usando un amplificador de instrumentación, AD620. En la figura 3 se puede observar el circuito implementado en donde con una resistencia de 220 ohm se logró una ganancia de 225.54, obtenida de la ecuación 1, proporcionada en la hoja de datos.

$$Ganancia = 1 + \frac{49400}{R_{17}} = 1 + \frac{49400}{220} = 225.54 \quad (1)$$

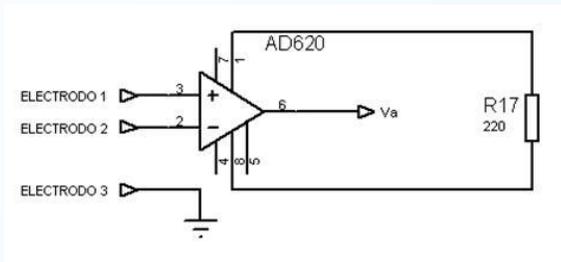


Figura 3. Amplificador AD620

Posteriormente, fue necesario realizar el filtrado de la señal, tomando como referencia lo mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Características de las señales electrofisiológicas

PARÁMETRO	FRECUENCIAS (Hz)	AMPLITUD
EEG	0 – 150	5 - 300 $\mu$ V
ECG	0.01 – 250	0.5 - 4 mV
EOG	0.1 – 10	1 $\mu$ V
EMG	50 - 5000	1 mV

Se utilizó un filtro Butterworth, de cuarto grado en configuración Sallen Key, lo que da una atenuación de 80 decibeles por década.

El diagrama eléctrico del filtro pasa altas se muestra en la figura 4, el cual fue sintonizado con una frecuencia de corte de 0.1 Hz y una ganancia de 2.53, estos valores están dados por las ecuaciones 2 y 3, respectivamente.

$$frecuencia\ corte = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi(150000)(0.00001)} = 0.1Hz \quad (2)$$

$$Ganancia = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \left(1 + \frac{R_8}{R_7}\right) = \left(1 + \frac{12000}{10000}\right) \left(1 + \frac{1500}{10000}\right) = 2.53 \quad (3)$$

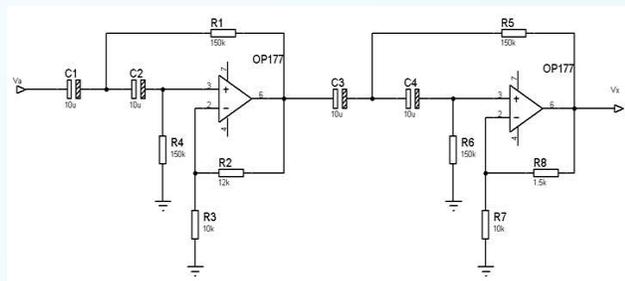


Figura 4. Filtro pasa altas.

En la figura 5 se observa el filtro pasa bajas, con una frecuencia de corte de 160 Hz y una ganancia de 2.53, obtenidos de las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

$$frecuencia\ corte = \frac{1}{2\pi R_9 C_5} = \frac{1}{2\pi(1000)(0.000001)} = 160Hz \quad (4)$$

$$Ganancia = \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{12}}\right) \left(1 + \frac{R_{15}}{R_{16}}\right) = \left(1 + \frac{12000}{10000}\right) \left(1 + \frac{1500}{10000}\right) = 2.53 \quad (5)$$

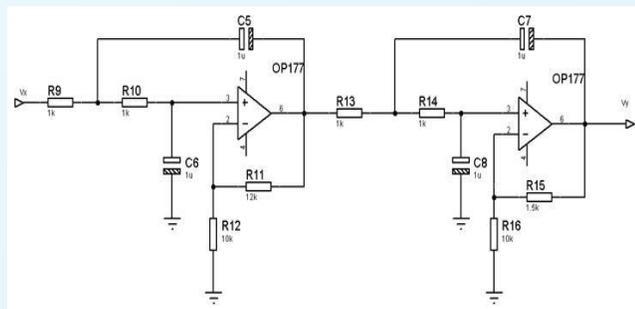


Figura 5. Filtro pasa bajas

Al multiplicar las ganancias del amplificador de instrumentación y de los filtros pasa altas y pasa bajas, se obtuvo una ganancia final de 1443.69, con lo que los voltajes de la señal ECG varían de 0.7V a 5.7V.

La última adecuación que se le realizó a la señal, fue la de generar pulsos cuadrados de 5 volts para poder transmitirla, para ello se construyó un comparador con un voltaje de referencia de 3 volts, en la figura 6 se muestra el diagrama eléctrico del comparador.

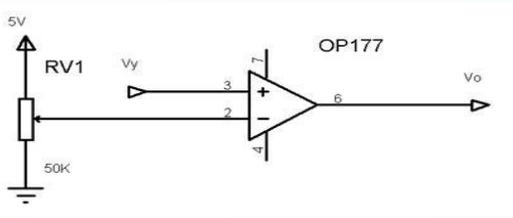


Figura 6. Comparador.

A la salida del comparador se agregó un circuito monoestable utilizando un 555, el diagrama se presenta en la figura 7, esto para dar una mayor duración en alto a la señal cuadrada y que ésta pueda ser transmitida.

$$\text{Constante carga} = (1.1)RV_2C_7 = (1.1)(23000)(0.00001) = 0.253 \text{ segundos} \quad (6)$$

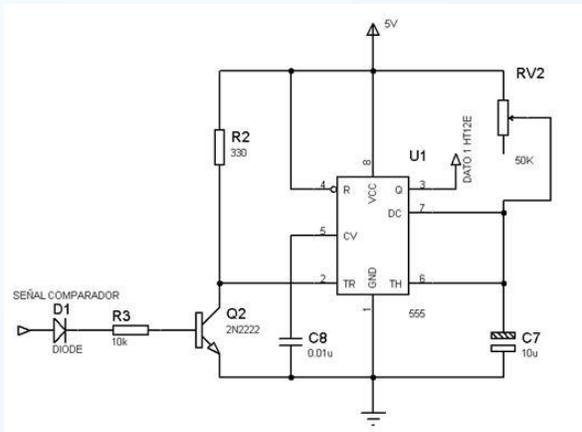


Figura 7. Circuito monoestable.

#### D. Transmisión de la Señal

Se utilizó la transmisión vía radiofrecuencia (RF), creada por el transmisor Wireless Hi Power

Transmitter Module (RF ASK) (TWS-BS) acoplado al circuito integrado codificador HT12E y el receptor Wireless Hi Sensitivity Receiver Module (RF ASK) (RWS-371) con el circuito integrado decodificador HT12D.

Este conjunto de transmisor- receptor, permite enviar hasta cuatro datos, a una distancia de 60 metros en condiciones óptimas, mediante la implementación de un circuito con valores específicos de resistencias; para el transmisor de 1MΩ y para el receptor de 47kΩ. Así el transmisor-receptor trabaja a una frecuencia de 438MHz, evitando cualquier interferencia.

Se realizaron pruebas de recepción correcta de los cuatro datos así como prueba de alcance, se alejaron el transmisor y el receptor en intervalos de 5 metros para comprobar que no hubiera pérdidas de datos hasta llegar a una distancia de 45 metros, los cuales son suficientes para la aplicación en la cual serán utilizados.

#### E. Procesamiento de la Señal

Una vez recibidos los pulsos cuadrados que corresponden a cada espiga de la señal ECG se utilizó un Arduino Nano. Para realizar el conteo del tiempo que existe entre cada pulso recibido, que corresponden a cada latidos. Se utilizó el modulo entrada por captura ICP, con el cual por medio de un temporizador, se midió el tiempo entre los flancos de subida de los pulsos cuadrados. Se toman las primeras 5 mediciones y se multiplican por doce para el cálculo de la frecuencia cardiaca.

#### F. Despliegue de la Frecuencia Cardiaca

Para el despliegue se requería de un módulo de visualización lo suficientemente grande, para que el entrenador pudiera verla fácilmente sin descuidar al deportista.

Se fabricaron 3 display de 7 segmentos de 15 cm de alto por 10 cm de ancho, cada segmento de estos display fue construido con 26 leds ultrabrillantes de 3 mm acomodados en tres filas, en la figura 8 se puede observar el display ya construido.



Figura 8. Módulo de despliegue.

Los segmentos fueron colocados en paralelo, con lo que se puede controlar los 3 display con sólo 10 salidas del microcontrolador seleccionado, el cual fue el Arduino Nano, mismo que fue seleccionado por su confiabilidad y rendimiento. De las 10 salidas 7 son para los segmentos y las otras 3 para los comunes. Con los comunes se selecciona qué display es el que se activa, por lo que se realiza un barrido para refrescar el número que está desplegando.

Además fue necesaria una etapa de potencia, ya que cada segmento al encender tiene un consumo de 0.4 amperes y el Arduino nano no puede suministrar esta cantidad de corriente. La etapa de potencia consistió en una configuración darlington entre un transistor de pequeña señal 2N2222 y un transistor de potencia TIP41, que se muestran en la figura 9, obteniendo una ganancia en corriente de alrededor de 4000.

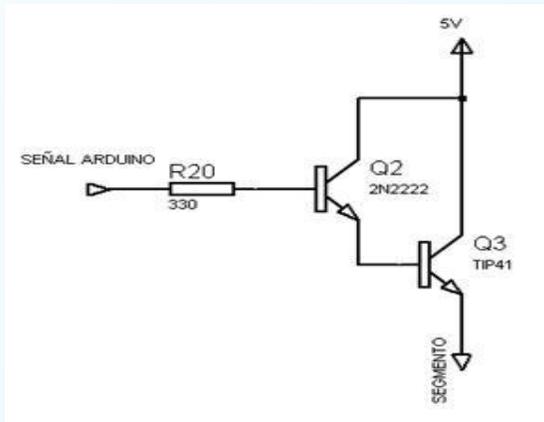


Figura 9. Configuración Darlington.

#### G. Detección de Golpes.

Para detectar los golpes que recibe el peto se colocó una serie de interruptores colocados en la parte posterior del peto y colocados sobre una

plantilla de foamy puesta sobre el atleta y sobre la misma, el peto protector.

Para detectar un golpe en el peto y evitar el efecto rebote de los interruptores se ocupó un comparador con histéresis, en configuración seguidora, con un ancho de ventana de 2 volts centrada en 2 volts.

Todos los interruptores están colocados en paralelo de tal modo que si uno es presionado se conecta a tierra y el voltaje de salida del circuito se vuelve cero. El voltaje de salida del comparador es detectado por un Arduino nano que se encarga de iluminar un LED ultrabrillante y activa una alarma audible (beep) que indica que uno de los atletas ha sido alcanzado por su adversario.

#### H. Etapa de Alimentación

Para suministrar el voltaje a los circuitos eléctricos que van colocados en el peto de taekwondo se requirió de dos baterías de nueve volts, además se utilizaron dos reguladores de voltaje 7805 para regular el voltaje de 9 a 5 volts. Para la unidad de procesamiento y despliegue fue necesario un suministro de 5 volts a 2 amperes, ya que este circuito presenta un alto consumo de corriente, por el uso de un gran número de leds para el despliegue, para lo que se adaptó la fuente de alimentación comercial modelo 2WIRE, que se muestra en la figura 10.



Figura 10. Fuente de Alimentación.

Para filtrar cualquier ruido eléctrico generado por la fuente de poder se colocó un capacitor de 2200 microfaradios a 25 volts en paralelo con la línea principal de alimentación; así también, para aislar la etapa de potencia de la de procesamiento se colocaron dos diodos 1n4001 en serie con la línea de alimentación y tierra de los transistores.

## Validación de resultados

Para validar el funcionamiento del dispositivo, se realizaron diversas pruebas en cada circuito, comenzando por obtener la señal cardíaca después la generación de los pulsos cuadrados y verificando que la transmisión inalámbrica se realizara correctamente, por último que el cálculo y despliegue de la frecuencia cardíaca fuera el correcto.

Se compararon las frecuencias cardíacas obtenidas de tres sujetos de prueba, contra las obtenidas con un instrumento de referencia.

El instrumento de referencia fue el medidor de presión arterial y frecuencia cardíaca de la marca OMRON modelo HEM-711ACINT que se muestra en la figura 11.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de los dos medidores de frecuencia cardíaca, expresados en pulsaciones por minuto, dando como resultado final que hay una variación promedio de 4 pulsaciones por minuto.



Figura 11. Medidor de referencia OMRON.

Tabla 2. Medición de pulsaciones por minuto.

Sujeto de Prueba	Medidor Diseñado	Medidor de Referencia
1	81	85
	79	84
	82	87
2	70	72
	73	76
	71	75
3	83	88
	80	85
	84	87

## Conclusiones

La mayor dificultad presentada en la realización de este proyecto fue el trabajar con una bioseñal (señal eléctrica obtenida del cuerpo humano) y a la vez transmitirla inalámbricamente, debido a que esta señal es muy pequeña y variante en sus valores de amplitud.

Como recomendación, se debe cambiar la técnica de elaboración de circuitos impresos utilizada, por la de montaje superficial, con ello se reducirá el tamaño del circuito eléctrico que porta el taekwondoin, además se debe implementar la circuitería necesaria para que solo se requiere una batería para la alimentación eléctrica del mismo circuito.

## Reconocimiento

La realización de este trabajo fue posible en gran medida gracias a la colaboración de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica con especialidad en Mecatrónica:

- Acosta Amparán Modesto
- González Murillo Antonio de Jesús
- Luzanilla González Tomás
- Vega Urías Adrian Alberto

## Referencias

N. Pizarro, "Frecuencia cardíaca y pulso" recuperado de:  
<http://4023moliner.files.wordpress.com/2009/09/frecuencia-cardiaca-y-pulso.pdf>, 2009, consultado el 24 de enero de 2014

Cifuentes, "Diseño y construcción de un sistema para la detección de señales electromiográficas" recuperado de:  
<ftp://ftp.uady.mx/pub/tmp/smagana/TESIS%20FINALIZADA.pdf> 2010, consultado el 17 de enero del 2014.

## Contacto:

Dr. Alberto Ramírez Treviño. Profesor investigador del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y Coordinador del Centro de Tecnología Avanzada (CETA), las líneas de investigación que maneja se relacionan con la instrumentación y el procesamiento de señales biológicas.  
[aramirez@itesca.edu.mx](mailto:aramirez@itesca.edu.mx)

M.I. Ana Mayra Luna Rodríguez. Maestra en Ingeniería en Administración de la Tecnología Eléctrica con acentuación en Instrumentación y Control, es maestra de tiempo completo en Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y es miembro de la Asociación Sonorense de Robótica y Mecatrónica (ASORMEC).

aluna@itesca.edu.mx

M.C. Iván Oswaldo Luna Rodríguez. Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, se desempeña como profesor investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y es propietario de la empresa Centro de Desarrollo Educativo y Capacitación Tecnológica (DECAT) que se dedica a impartir cursos de robótica LEGO y también proporciona servicios de consultorías en el área de automatización y robótica. Las líneas de investigación en las que ha participado se relacionan con la robótica y la mecatrónica, es vicepresidente de la Asociación Sonorense de Robótica y Mecatrónica (ASORMEC).

iluna@itesca.edu.mx

Mtro. Rubén Navarro García. Maestro en Administración de las Telecomunicaciones, actualmente se desempeña como maestro de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Las líneas de investigación en las que participa están relacionadas en el área de electrónica y las telecomunicaciones.

mnavarro@itesca.edu.mx

# Procedimiento para diseñar un dispositivo micro generador de energía eléctrica aplicable en fuentes de vibración asociadas a un auto en marcha

**Francisco Javier Ochoa Estrella. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. División de Ingeniería Electrónica.**  
**Alberto Ramírez Treviño. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Coordinación del Centro de Tecnología Aplicada.**

## Resumen

En el presente documento, se presentan los resultados teóricos y experimentales obtenidos en la detección de la frecuencia de resonancia de un auto en marcha con el propósito de establecer una propuesta de diseño de un sistema piezoeléctrico para la generación de energía eléctrica de baja potencia, a partir de las vibraciones mecánicas presentes.

En la primera fase de este trabajo, se determinan las frecuencias de mayor contenido energético a través de un software diseñado basado en la aplicación de la transformada de Fourier.

En la segunda fase se procede al diseño, análisis y simulación de la estructura generadora de potencia, a partir de la frecuencia de resonancia encontrada, para ello se utiliza el COMSOL.

Finalmente, se establecen los parámetros de desempeño considerando voltaje y densidad de corriente.

## Palabras clave

Piezoeléctrico, resonancia, Fourier.

## Abstract

Theoretical and experimental results obtained in the detection of the resonant frequency of a moving car in order to establish a design proposal for a piezoelectric system for generating electricity from low power are presented in this document, to from mechanical vibrations present.

In the first phase of this study, the frequency of higher energy content are determined by a software designed based on the application of the Fourier transform.

In the second step, proceed to the design, analysis and simulation of the power generating structure, from the found resonance frequency, for which the COMSOL is used.

Finally, the performance parameters considering voltage and current density are established.

## Keywords

Piezoelectric, resonant, Fourier.

## Introducción

En los últimos años, la captación de energía eléctrica a partir de vibraciones mecánicas ha llamado la atención como forma de alimentar pequeños dispositivos electrónicos. La piezoelectricidad parece resolver esta necesidad.

La clave reside en poder transformar la energía mecánica acumulada en el entorno en energía eléctrica que sea utilizada por dispositivos electrónicos.

La gran mayoría de estos dispositivos utilizan una estructura en forma de viga en voladizo sujeta solo por uno de sus extremos. Cuando una fuerza es aplicada en dirección vertical, la viga es capaz de experimentar un movimiento de balanceo, Figura 1. Si la frecuencia de resonancia de la estructura coincide con la frecuencia de excitación, la generación de energía es máxima.

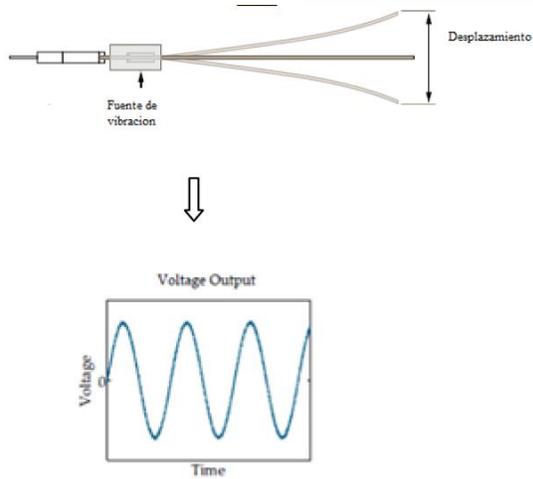


Figura 1. Movimiento de balanceo.

#### Desarrollo

En general, las fuentes de vibración en un auto son clasificadas en tres categorías:

- A) Grupo moto propulsor (GMP): motor, caja de cambios, transmisión.
- B) Rodadura: contacto rueda-terreno
- C) Aerodinámica: fricción del aire contra la carrocería.

En el presente trabajo, nos interesa la caracterización de las fuentes de vibraciones asociadas al grupo moto propulsor (GMP) y a la aerodinámica del auto.

Las lecturas de la aceleración de las vibraciones son tomadas en diferentes puntos del auto, considerando un desplazamiento dentro de la ciudad con una velocidad comprendida en el rango de 20 km/hr a 60 Km/hr y en carretera entre 80 y 100 Km/hr.

Vibraciones asociadas al grupo moto propulsor (GMP).

En la Figura 2 se observan los valores de la aceleración tomadas en el soporte del motor.

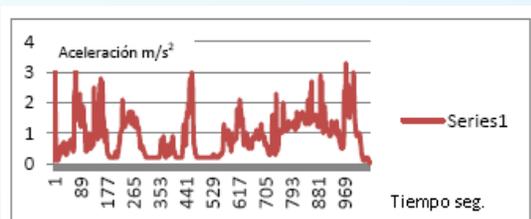


Figura 2. Vibración en GMP. Promedio  $0.92 \text{ m/s}^2$

Vibraciones asociadas a la aerodinámica del auto. Flujo de aire sobre contorno.

En la Figura 3 se observa la grafica de aceleración tomada en la parte delantera del techo.

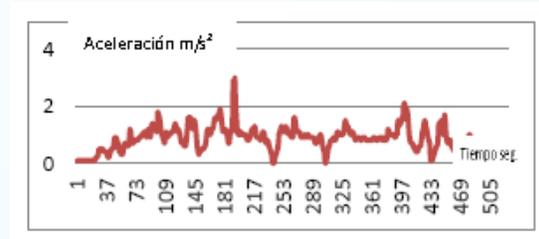


Figura 3. Vibración en parte delantera del techo. Promedio  $0.85 \text{ m/s}^2$

En la figura 4 se observa la grafica de aceleración tomada en la parte trasera del techo.

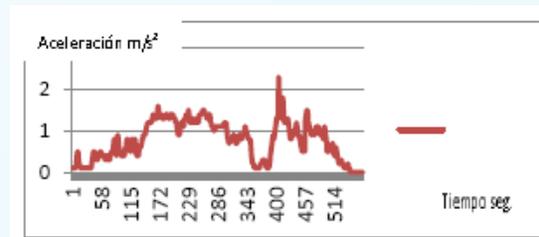


Figura 4. Vibración en parte trasera del techo. Promedio  $0.80 \text{ m/s}^2$

En la figura 5 se observa la grafica de aceleración tomada en la parte central del techo.

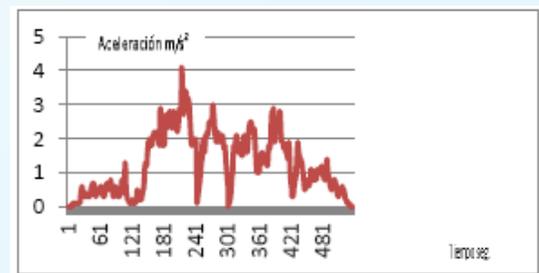


Figura 5. Vibración en la parte central del techo. Promedio  $1.27 \text{ m/s}^2$

En la Figura 6 se observa la grafica de aceleración tomada en el guardafangos.

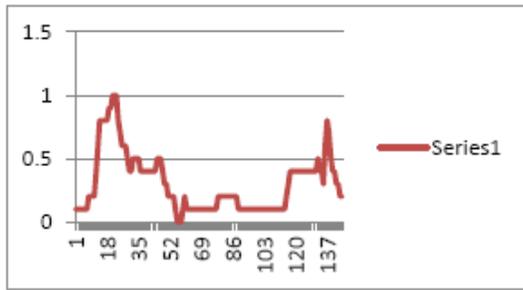


Figura 6. Vibración en el guardafangos.  
Promedio 0.30 m/s<sup>2</sup>

En la Tabla 1 se muestran los rangos de aceleración en cada una de las fuentes mencionadas.

Fuentes de vibración	Km/hr	Aceleración promedio
Grupo Moto propulsor	20-70	0.92 m/s <sup>2</sup>
Aerodinámica	20-70	1.27 m/s <sup>2</sup>

Tabla 1. Comparativo del valor de aceleración en m/s<sup>2</sup>

La vibración por la forma aerodinámica predomina con una aceleración de 1.27 m/s<sup>2</sup> por lo que sobre esta señal, se realiza el estudio de espectro de frecuencias.

Análisis de vibraciones, conversión del tiempo a la frecuencia.

Se utiliza la Transformada clásica de Fourier:

$$F\left(\frac{n}{NT}\right) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} m(kT) e^{-j\frac{2\pi nk}{N}} \quad (1)$$

$$n = 0, 1, 2 \dots N-1$$

Donde  $N$  es el número de muestras de la ventana que se va a analizar,  $T$  es el periodo de muestreo inverso a la frecuencia de muestreo  $f$ ,  $n$  es el Índice de la frecuencia cuyo valor queremos obtener y  $m(kT)$ , indica la muestra tomada en el instante  $kT$  (muestra  $K$ -ésima) de la ventana.

La transformada de Fourier de la expresión (1), se implemento en un lenguaje de alto nivel, la interfase elaborada principalmente se compone de dos partes: la primera demuestra la efectividad del

algoritmo para detectar las principales componentes de frecuencia de la señal analizada, aquí se establecen señales arbitrarias adicionadas entre sí mas una señal de ruido, este modulo puede ser utilizada con fines didácticos para explicar la naturaleza de la transformada de Fourier.

La segunda parte, aplica el mismo algoritmo a los datos reales que representan las lecturas de la vibración en el auto, de la misma manera se detectan las frecuencias principales de las componentes.

En la figura 7 se muestra la interfase de salida para señales arbitrarias con ruido.

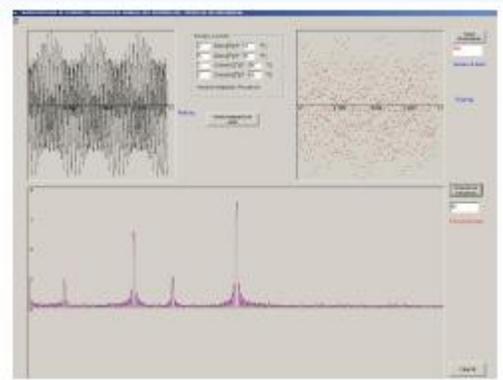


Figura 7. Significado de parámetros en la FT.

En la Figura 8 se observa la salida, donde se analizan los datos de aceleración de las vibraciones tomadas en el auto en marcha.

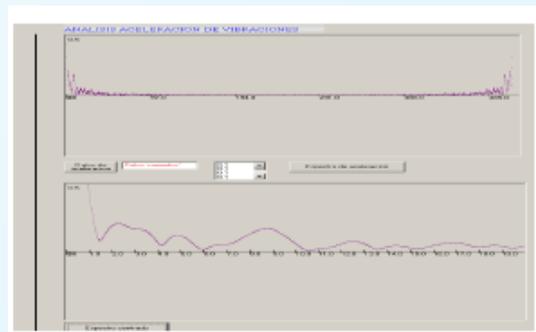


Figura 8. Salida de datos aplicando transformada F.

Los resultados obtenidos indican que las frecuencias de mayor contenido energético corresponden a los valores de 2.5 Hz y 9 Hz.

Un dispositivo resonador diseñado para estas frecuencias será el que genere el mayor voltaje al

ser instalado sobre la fuente generadora de dicha vibración.

Diseño de una estructura resonante de acuerdo con la frecuencia dominante en la vibración de un auto en marcha.

De acuerdo con la teoría de los materiales piezoeléctricos, estos generan el mayor nivel de voltaje cuando su frecuencia de resonancia corresponde a la principal frecuencia de vibración de la fuente sobre la cual se ubica.

La frecuencia de resonancia obtenida experimentalmente, fue de 9 Hz, (56.64 Rad/seg).

Método y estructura de Diseño.

La determinación teórica de la frecuencia de resonancia, está determinada por:

$$\omega n = \sqrt{k/m} \quad (2)$$

Donde:

$\omega n$  es la frecuencia de resonancia.

$m$  es la masa.

y  $K$  es la constante de rigidez.

$K$  está dada por:

$$K = \frac{3EI}{L^3} \quad (3)$$

Donde:

$E$  es el módulo de elasticidad.

$I$  es el momento de inercia

$L$  es la longitud de la barra.

Además  $I$  se determina por:

$$I = \frac{Ah^3}{12} \quad (4)$$

Donde:

$A$  es el ancho.

$h$  es el grosor.

Manipulando las expresiones (2), (3) y (4)

$\omega n$  puede expresarse como:

$$\omega n = \sqrt{3Eh^2/4l^4\rho} \quad (5)$$

En dicha expresión se observa que el parámetro  $b$  no requiere ser tomado en cuenta. La estructura resonante será diseñada utilizando el material piezoeléctrico PZT-5A el cual tiene las siguientes propiedades:

$$E = 7.7 \times 10^{10} \text{ Pa}$$

$$\rho = 7750 \text{ Kg/m}^3$$

Se propone una estructura de base rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

Considerando las anteriores propiedades y dimensiones y con base en la ecuación (5), se determina el espesor ( $h$ ) tal que la estructura presente una frecuencia de resonancia de 56.64 rad/seg (9 Hz).

$$h = 0.205 \text{ mm}$$

Así, las dimensiones y el modelo de la estructura resonante pueden apreciarse en la figura 9. realizada en COMSOL, donde  $L$ ,  $b$  y  $h$  se denominan width, depth y high respectivamente:

$$L = 100 \text{ mm}, b = 45 \text{ mm}, h = 0.205 \text{ mm}$$

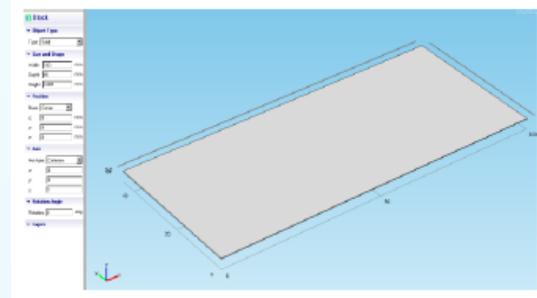


Figura 9. Geometría del dispositivo piezoeléctrico.

Estudios y parámetros de desempeño.

El diseño y análisis de la geometría propuesta, se realiza a través del software de elementos finitos COMSOL y la caracterización del desempeño se realiza a través del estudio de frecuencias propias, considerando:

- Valores y frecuencias propias (Hz).
- Desplazamiento (mm).
- Potencial eléctrico (V).
- Densidad de corriente (A/m<sup>2</sup>).

*Valores y frecuencias propias (Hz).*

Las frecuencias propias encontradas se muestran en la tabla 2.

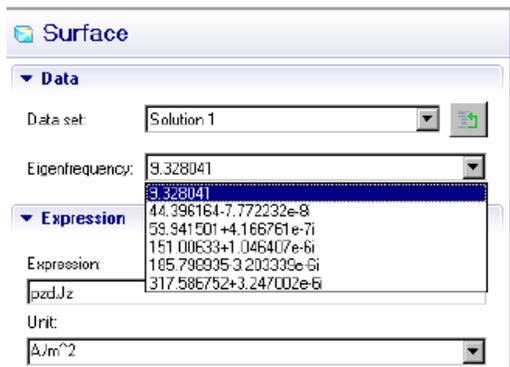


Tabla 2. Frecuencias propias

Donde puede apreciarse que la primera frecuencia propia corresponde a la frecuencia deseada de 9.3 Hz. Con este resultado se valida el procedimiento descrito en el párrafo anterior para la determinación de las dimensiones.

*Desplazamiento (mm).*

El estudio de la respuesta del dispositivo diseñado demuestra que la frecuencia a la cual se genera el mayor desplazamiento es en la de 9.3 hz, este desplazamiento es de 180 mm según se aprecia en la grafica de la figura 10.

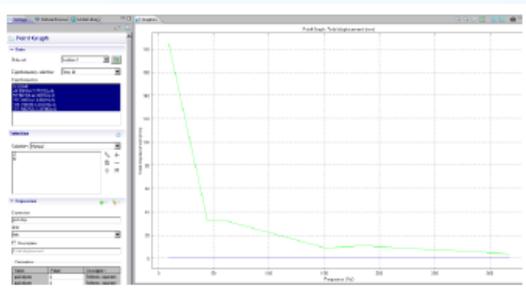


Figura 10. Desplazamiento correspondiente a cada frecuencia propia

*Potencial eléctrico (V).*

En la tabla 3 y figura 11 se aprecia el voltaje obtenido correspondiente a cada una de las frecuencias propias, el máximo valor ocurre en una frecuencia de 9.32 hz y es de 97.49 V.

<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Voltaje (V)</b>
9.32	97.49
44.39	60.25
59.94	50.411
151	56
185.79	18.1
317.58	40

Tabla 3. Relación frecuencia voltaje

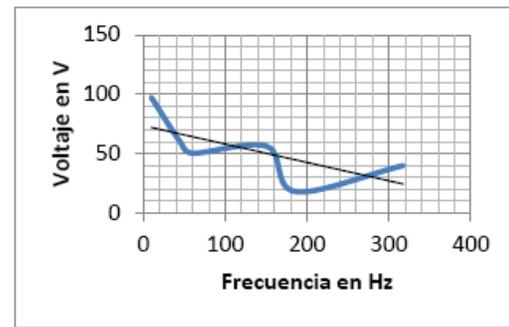


Figura 11. Relación frecuencia- voltaje.

*Densidad de corriente.*

En la tabla 4 y figura 12 se muestra el valor de densidad de corriente en  $A/m^2$  correspondiente a cada valor de frecuencia propia.

<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Densidad de corriente (<math>A/m^2</math>)</b>
9.32	3.42E-08
44.39	3.37E-05
59.94	1.62E-04
151	5.42E-05
185.79	8.18E-04
317.58	2.41E-03

Tabla 4. Relación frecuencia-densidad de corriente.

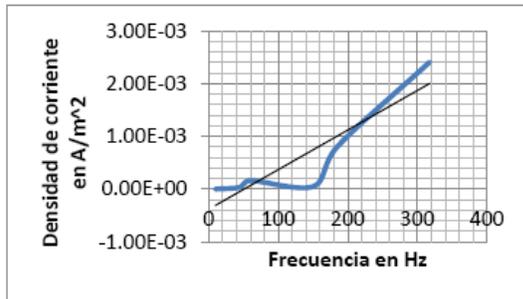


Figura 12. Relación frecuencia-densidad de corriente.

La figura 13 muestra la distribución de la densidad de corriente en el material piezoeléctrico, medida en  $A/m^2$ , para la frecuencia de resonancia obtenida.

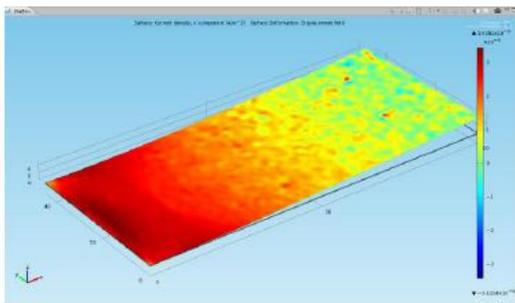


Figura 13. Densidad de corriente a 9.3 Hz.

### Resultados y conclusiones

En este trabajo teórico-experimental, se han logrado los siguientes objetivos:

- 1) Caracterizar las vibraciones de un auto en marcha a diferentes velocidades, considerando las fuentes de vibración del grupo moto propulsor y aerodinámica.
- 2) Obtener la frecuencia de la vibración de mayor aporte energético a través de la transformada clásica de Fourier.
- 3) Establecer un método para el diseño de una estructura piezoeléctrica resonante, con el propósito de transformar la energía mecánica de las vibraciones a energía eléctrica.
- 4) Diseño y caracterización de una estructura resonante con un desempeño en la generación de energía eléctrica de  $3.3 \mu W$  hasta  $96 mW$ .

### Referencias

A.G. Manke, "Crystal oscillators in communication receivers," IRE Transactions on Vehicular Communications, vol.7, pp. 10- 15, Dec. 1956.

A. Hajimiri, T. H. Lee, "A general theory of phase noise in electrical oscillators," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol.33, no.2, pp.179-194, Feb 1998.

C. K. Campbell, "Applications of surface acoustic and shallow bulk acoustic wave devices," Proceedings of the IEEE, vol.77, pp.1453-1484, Oct 1989.

D.F. Ciccolella, L.J Labrie, "High frequency crystal units for use in selective networks and their proposed application in filters suitable for mobile radio channel selection," Transactions of the IRE Professional Group on Vehicular Communications, vol.3, pp. 118- 128, Jun 1953.

R. Abdolvand, F. Ayazi, "Monolithic thin-film piezoelectric-on-Substrate filters," IEEE/MTT-S International Microwave Symposium, pp.509-512, 3-8 June 2007.

R. Abdolvand, G. K. Ho, J. Butler, and F. Ayazi, "ZnO-on-nanocrystalline diamond lateral bulk acoustic resonators," Proc. 20th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS'07), Kobe, Japan, pp. 795-798, Jan. 2007.

R. Abdolvand, H. Mirilavasani, F. Ayazi, "A low-voltage temperature-stable micromechanical piezoelectric oscillator," International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems ( TRANSDUCERS'07), pp.53-56, 10-14 June 2007.

### Contacto:

M.I. Francisco Javier Ochoa Estrella, Profesor Investigador de carrera titula B adscrito a la carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Líneas de investigación: diseño de micro, nano y macro sistema, perteneciente al cuerpo académico de Materiales diseño.

fochoa@itesca.edu.mx

Dr. Alberto Ramírez Treviño. Profesor investigador del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y Coordinador del Centro de Tecnología Avanzada (CETA), las líneas de investigación que maneja se relacionan con la instrumentación y el procesamiento de señales biológicas.  
aramirez@itesca.edu.mx

# Programa Interno de Protección Civil en un Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario

**René Daniel Fornés Rivera. Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ingeniería Industrial.**

**Marco Antonio Conant Pablos. Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ingeniería Industrial.**

**Adolfo Cano Carrasco. Instituto Tecnológico de Sonora. Departamento de Ingeniería Industrial.**

**Mariana Espinoza Espinoza. Instituto Tecnológico de Sonora. Ingeniera Industrial y de Sistemas.**

**Carla Olimpya Zapuche Moreno. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Coordinación de Maestría en Administración.**

**María de Lourdes Sánchez Cruz. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Subdirección de Posgrado e Investigación.**

## Resumen

El Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario (CUDEC) es una instalación que contribuye al desarrollo de comunidades a través de diversos servicios educativos. A este centro acuden alrededor de 350 personas cada día. Por lo mismo se deben de considerar programas de prevención, auxilio y recuperación, para salvaguardar la integridad física de quienes hacen uso de sus instalaciones. La administración del CUDEC no cuentan con un Programa Interno de Protección Civil (PIPC) que le permita resguardar la seguridad de las personas antes, durante y después en caso de algún siniestro, estableciendo el objetivo de Proponer un PIPC para el Desarrollo Comunitario con el fin de estar preparados para algún siniestro. Desarrollando la metodología, adaptada de los términos de referencia que establece Protección Civil (TRES-002-UEPC-2009). En la obtención de resultados se identificaron las áreas del centro comunitario, se determinó el grado de riesgo el cual fue de grado medio, se desarrollaron tres subprogramas los cuales son sismo, incendio e inundación con sus medidas de prevención, auxilio y recuperación, mapas de riesgos internos y externos, rutas de evacuación, puntos de reunión, ubicación de extintores y listas de brigadistas, de primeros auxilios y del personal.

## Palabras clave

Programa Interno, Institución, Seguridad, Acciones preventivas.

## Abstract

The University Center for Community Development (CUDEC) is an installation that contributes to the

development of communities through a variety of educational services. In this center come around 350 people each day. By the same should be considering programs of prevention, relief and recovery, to safeguard the physical integrity of those who make use of their facilities. The administration of the CUDEC do not have an internal program of Civil Protection (PIPC) that allows you to safeguard the security of the people before, during, and after in case of any loss, by setting a target to propose a PIPC to community development in order to be prepared for some kind of accident. Developing the methodology, adapted from the terms of reference that establishes Civil Protection (THREE-002-UEPC-2009). In obtaining results identified the areas of the community center, it was determined the degree of risk which was medium-grade, developed three subprograms which are earthquake, fire and flood with its measures of prevention, relief and recovery, maps of internal and external risks, evacuation routes, meeting points, location of fire extinguishers and lists of member of the international brigade, first aid and the staff.

## Keywords

Internal Program, institution, security, preventive actions.

## Introducción

Desde los inicios de la humanidad ha existido la necesidad de proveerse de víveres para sobrevivir y cumplir con las necesidades diarias, con esto surge la necesidad de trabajar, así mismo los accidentes y las enfermedades relacionadas a la

actividad laboral. La seguridad e higiene tiene sus indicios en el año 400 A.C. cuando Hipócrates recomendaba a los mineros el uso de baños higiénicos a fin de evitar la saturación del plomo, además realizó las primeras anotaciones sobre enfermedades laborales que se tenga noticia (Velázquez, 2013).

Según García (2007) menciona que no fue hasta el desarrollo de la revolución industrial cuando la seguridad e higiene surge como hoy se conoce gracias al estilo de vida en su cultura, sus relaciones sociales, su forma de producir, su sistema de mercado, su tecnología y otros muchos aspectos.

La seguridad industrial ha tenido una lenta evolución a través del tiempo, ha sido así, en la actualidad aún no se toma conciencia de la importancia de la salud y seguridad de los empleados. Conforme ha pasado el tiempo se le ha dado importancia al cuidado de accidentes, lesiones, daños humanos y materiales, esto no quiere decir que las personas se preocupen por terceros, a consecuencia de esto surge lo que se conoce como lo justo y lo injusto; se creía que los individuos causantes de una lesión debían sufrir una pérdida equivalente en daño y sufrimiento (Licardié, 2003).

Cada 15 segundos, un trabajador muere a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo. Cada 15 segundos, 153 trabajadores tienen un accidente laboral. Cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo más de 2.3 millones de muertes por año. Anualmente ocurren más de 317 millones de accidentes en el trabajo, muchos de estos accidentes resultan en absentismo laboral. El costo de esta adversidad diaria es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4 por ciento del Producto Interno Bruto global de cada año (OIT, 2015)

En México al 2013 se reportaron 833,105 patrones y 16, 224,336 trabajadores, y en la actividad laboral se produjeron 415,660 accidentes de trabajo, con 6,364 enfermedades del trabajo, 25,625 incapacidades y 982 defunciones (IMSS, 2013a).

En Sonora al 2013 se reportaron 32, 521 patrones y 504, 549 trabajadores, y derivado de la actividad laboral se produjeron 16, 730 accidentes de trayecto, 355 enfermedades del trabajo 1,168 Incapacidades y 31 defunciones (IMSS, 2013b).

Protección Civil se define como el conjunto de principios y normas de conducta a observar por la

sociedad y las autoridades, en la prevención de situaciones de alto riesgo, siniestro o desastre, así como la salvaguarda y auxilio de personas, bienes y el medio ambiente. En otras palabras, se refiere a conocer lo que se debe de hacer antes, durante y posterior de un siniestro o desastre para reducir o eliminar la pérdida de vidas humanas, bienes materiales y daños (IMSS, 2011).

Es por ello que el Sistema Nacional de Protección Civil, lo enuncia como un conjunto orgánico de estructuras funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos y con las autoridades de los estados y municipios, a fin de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la protección de los ciudadanos contra los peligros y riesgos que se presentan en la eventualidad de un desastre (IMSS, 2011).

Protección Civil es una organización que coordina la prevención, atención y recuperación ante los riesgos, peligros o daños que afecten a la población de Sonora. Su objetivo principal es proteger a las personas ante un desastre basándose en acciones que reduzcan la pérdida de vidas humanas, aminoren la destrucción de bienes materiales y minimicen el daño a la naturaleza tratando siempre de mantener las funciones para el desarrollo de la sociedad. Entre sus objetivos básicos se encuentran impedir o disminuir los efectos que se producen con motivo de la ocurrencia de calamidades, monitoreo y vigilancia de los agentes perturbadores, identificación de las zonas vulnerables, prever los posibles riesgos o consecuencias de estas zonas, establecer mecanismos y realizar acciones que permitan evitar o mitigar los efectos destructivos (Unidad Estatal de Protección Civil, 2014).

De acuerdo a Protección Civil (2013) un Programa interno de Protección Civil es un instrumento de planeación que se circunscribe al ámbito de una dependencia, entidad, institución u organismo, pertenecientes a los sectores público, privado y social y se implementa en cada uno de los inmuebles correspondientes, con el fin de establecer las acciones preventivas y de auxilio destinadas a salvaguardar la integridad física de los empleados y de las personas que concurren a ellos, así como de proteger las instalaciones, bienes e información vital, ante la ocurrencia de una calamidad.

En 2011 CANACINTRA menciona que la Ley 161 de Protección Civil, obliga a los propietarios, poseedores, administradores o encargados de

inmuebles o edificaciones que por su uso y destino concentren o reciban una afluencia masiva de más de 50 al día, o bien representen un riesgo de daños para la población, están obligados a contar con una unidad interna como lo son las Comisiones de Seguridad e Higiene, a elaborar un Programa Interno de Protección Civil que será revalidado anualmente, en los términos de esta ley y su reglamento (CANACINTRA, 2011).

Según Protección Civil (2003) siniestro es un evento determinado en el tiempo y espacio, en el cual uno o varios miembros de la población sufren un daño violento en su integridad física o patrimonial, de tal manera que afecta su vida normal.

Con el paso del tiempo el hombre ha experimentado y padecido el accidente, bajo diversas formas y circunstancias. Al realizar las actividades productivas es evidente que el riesgo atenta contra su salud y bienestar, sin embargo, a pesar de la importancia que representa para el hombre mantener condiciones saludables y seguras, el reconocimiento de dichos factores, es un hecho muy reciente y se puede llegar a apreciar su evolución por el estudio de la Seguridad e Higiene Industrial (Hernández, Fernández & Malfavón, 2004).

A su vez la seguridad se refiere a todas las actividades que estén encaminadas a eliminar o reducir los riesgos causantes de accidentes en el personal, mientras que el término higiene va encaminado a prevenir y proteger de la enfermedad laboral (González, González & Mateo, 2006).

La protección de la seguridad y salud del personal es un proceso complejo que requiere de la participación de todos los integrantes de la cadena de valor de una organización, con el fin de realizar intervenciones sistémicas y multidisciplinarias que logren dar respuesta a los problemas que aquejan a los grupos laborales (Rodríguez, 2010). Así mismo SEGOB (2009) argumenta que el programa interno de protección civil, es un instrumento de planeación y operación que se circunscribe al ámbito de una dependencia, entidad, institución u organismo de la administración pública federal y los sectores privado y social, que previene y prepara a la organización para responder efectivamente ante la presencia de riesgos que pudieran generar una emergencia o desastre dentro de su entorno.

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), es una institución de educación superior la cual nació en 1955 gracias a la iniciativa de la sociedad

Cajemense, de la necesidad de formar y preservar nuevas generaciones con mentalidad de progreso y superación, para mantener y transmitir lo más valioso de la sociedad a la que se sirve. El Instituto Tecnológico de Sonora tiene como principal servicio la preparación de profesionales de nivel superior requeridos para el desarrollo del estado y del país; asimismo, participa en el proceso de creación, conservación, renovación y transmisión de la cultura y está orientado al desarrollo y superación social, económica y cultural de la comunidad y de la nación, en la Figura 1 se muestra la localización. Algunas de las iniciativas estratégicas son: Parque tecnológico, fábrica de software, vida universitaria, incubadora de empresas, entre otras. CUDEC, es una de las iniciativas estratégicas y tiene como objetivo contribuir al desarrollo de comunidades económicamente menos autosuficientes, saludables, con mayores índices de supervivencia y un amplio sentido de bienestar que se traduzca en una mejor calidad de vida de los habitantes de las colonias urbano-marginadas del sur de Cd. Obregón. CUDEC se encuentra ubicado en la colonia Aves del Castillo, calle Gorrión, entre Gavilán y Golondrinas, en la zona sur de la ciudad (ITSON, 2014).

CUDEC tiene cubiertos algunos aspectos relativos a la seguridad como, señalamientos, extintores y detectores de humo, pero en sus cinco años de vida no ha integrado brigadas de protección civil, no se han desarrollado evaluaciones periódicas del estado del inmueble ni evaluaciones de riesgos en la instalación, incumpliendo con la normatividad de la ley 161 del Estado de Sonora en relación a protección civil, incrementándose el riesgo de 350 personas adultas y niños, que se reciben en promedio en diferentes servicios que ofrece como guardería, cursos de computación, de refrigeración, de repostería, entre otros, por lo que se plantea lo siguiente:

Las instalaciones del Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario no cuentan con un programa interno de protección civil que le permita resguardar la seguridad de las personas antes, durante y después en caso de algún siniestro.

Se establece como objetivo lo siguiente: Proponer un Programa Interno de Protección Civil (PIPC) en las instalaciones del Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario con el fin de estar preparados en caso de algún siniestro.

## Materiales y Método

El objeto bajo estudio fue el Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario (CUDEC), el cual pertenece al Instituto Tecnológico de Sonora ubicado en la colonia Aves del Castillo, en Cd. Obregón Sonora.

Los materiales empleados para el estudio fueron: a) La metodología establecida por los términos de referencia TRES-002-UEPC (2009), los cuales fueron utilizados para la elaboración de un Programa Interno de Protección Civil; b) listas de verificación: se utilizaron para evaluar el cumplimiento normativo de la empresa respecto a cada norma. A continuación se mencionan las normas oficiales mexicanas que se aplicaron en el presente estudio:

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad.
- NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, instalaciones eléctricas (utilización).
- NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad.
- NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- ART. 107 AL 110 RFSHMAT, capítulo decimosegundo, del orden y la limpieza.
- NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
- NOM-012-STPS-2012, Condiciones de seguridad y salud en los centros de trabajo donde se manejen fuentes de radiación ionizante.
- NOM-013-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes.
- NOM-014-STPS-2000, Exposición laboral a presiones ambientales anormales- Condiciones de seguridad e higiene.

• NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas - Condiciones de seguridad e higiene.

• NOM-024-STPS-2001, Vibraciones - Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

• NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

• Lista de verificación de IMSS: Se utilizó la lista de verificación de IMSS para la evaluación del inmueble.

• Reglamento de la ley de protección civil para el estado de Sonora y sus términos de referencia TRES-002-UEPC-2009: Los términos de referencia fueron los que se utilizaron para la creación del programa de protección civil el cual contiene documentación predeterminada.

• Teléfono Celular: Dispositivo utilizado para levantar evidencia fotográfica de agentes de riesgos en el inmueble.

A continuación se describe el procedimiento que se llevó a cabo en CUDEC: a) conocer el área bajo estudio; b) determinar el grado de riesgo del inmueble; c) elaborar un subprograma de prevención; d) elaborar subprograma de auxilio; y e) elaborar un subprograma de recuperación

## Resultados y Discusión

### a) Conocer el área bajo estudio

Se obtuvo información general de la institución por medio de una entrevista no estructurada con la administradora de CUDEC, y se realizó un recorrido en compañía de la misma en el inmueble, en el mismo se recolectó evidencia de la situación actual del centro comunitario mediante fotografías, ver Figura 1.



Figura 1. Recorrido en CUDEC

### b) Determinar el grado de riesgo del inmueble

Mediante la consulta de una lista de verificación, obtenida de los términos de referencia TRES-002-UEPC-2009 de Protección Civil del Estado de Sonora, se recopiló la información necesaria para determinar el grado de riesgo de CUDEC, el cual fue de riesgo medio, ver Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del grado de riesgo

PARAMETROS	SUPUESTO	PUNTOS	CALIFICACION
1.1 CANTIDAD DE REPORTE	NO	0	0
	<	3	
1.2 PROCESO	>=	4	U
	NO	0	U
1.3 MANTENIMIENTO	SI	4	
	DEF	1	
1.4 CAPACITACION	NO	2	2
	SI	0	0
1.5 EQUIPO CONTRA INCENDIO	DEF	1	
	NO	2	2
1.6 CALDERA 70°	SI	0	0
	NO	0	U
1.7 RECIPIENTES A PRESION 5 KG/CM2	<	1	
	>=	2	
1.8 EDAD DE LAS INSTALACIONES	NO	0	U
	<	1	
1.9 AFLUENCIA	5<	2	
	5-9	1	1
	9>	2	
	25<	0	
1.10 RESIDUOS PELIGROSOS Y HOSPITALARIOS	25-49	1	
	50>	2	2
	NO	0	0
1.11 CONSTRUCCION	SC	1	
	NC	2	
	RME	0	0
	RMA	4	
	<b>SUMA TOTAL</b>		<b>7</b>

SIGLAS	GRADO DE RIESGO
0 a 5 PUNTOS	BAJO
6 a 8 PUNTOS	MEDIO
MAS DE 9 PUNTOS	ALTO

Con los parámetros que se verificaron en CUDEC, se le fueron asignando a cada uno de ellos una ponderación para determinar el grado de riesgo. Además de proponer dos mapas de riesgos. A continuación, en la Figura 2, se muestra el mapa de riesgo interno.

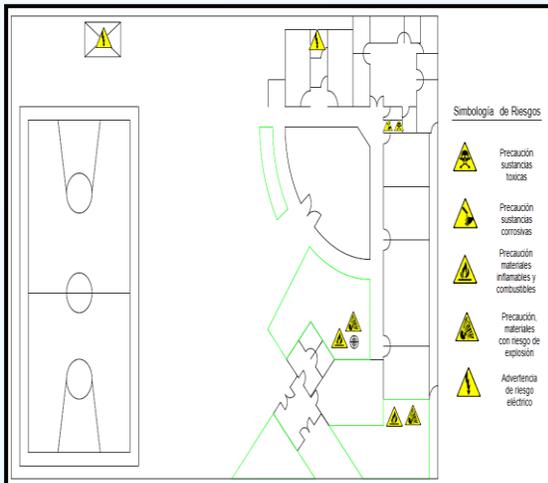


Figura 2. Mapa de riesgo interno.

A continuación, en la Figura 3, se muestra el mapa de riesgo externo, el cual da evidencia de los riesgos con los que cuenta el inmueble.



Figura 3. Mapa de riesgo externo.

c) Elaborar un subprograma de prevención. Mediante una entrevista no estructurada con la administradora de CUDEC se acordaron los puntos a desarrollar de los términos de referencia TRES-002-UEPC-2009 con el fin de tener conocimiento de las condiciones que debe estar el inmueble, y cómo se debe actuar al presentarse algún siniestro. Enseguida se presentan los puntos que se desarrollaron para llevar a cabo el subprograma de prevención: Se obtuvo una lista de colaboradores con los mismos empleados, se realizaron directorios e inventario de materiales, el directorio de brigadistas, el de emergencias, se ubicaron las rutas de evacuación y los equipos contra incendio y puntos de reunión, ver Figura 4.

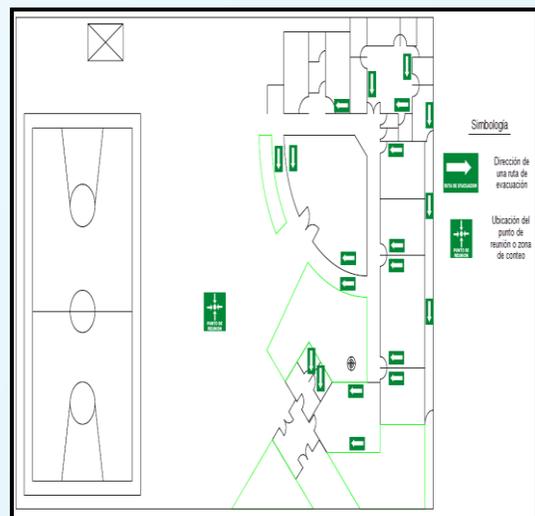


Figura 4. Rutas de evacuación y puntos de reunión.

A continuación se muestra la ubicación de extintores, ver Figura 5.

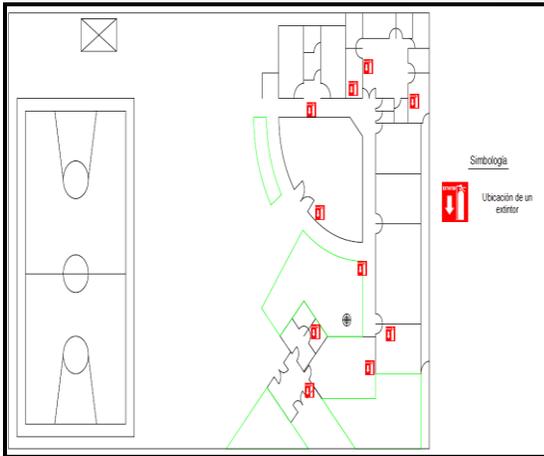


Figura 5. Ubicación de extintores.

Se desarrolló un programa de mantenimiento para los equipos contra incendio con los que se cuenta, y Se establecieron temas para futuras capacitaciones.

d) Elaborar subprograma de auxilio

Mediante una entrevista no estructurada con la administradora de CUDEC se acordaron las contingencias para la cuales se debería contar con un subprograma de auxilio, se desarrollaron tres subprogramas de auxilio diferentes, uno para sismo, otro para incendio y el último para inundación, esto con el fin de brindar procedimientos (Nota: Por cuestión de espacio y de extensos los procedimientos a seguir para el caso de sismo e incendio se han omitido; y sólo se presenta el de inundación, en la tabla 2); que les ayuden a actuar correctamente en caso de algún siniestro, a continuación se muestra que hacer en caso de sismo, ver Figura 6.



Figura 6. Que hacer en caso de sismo.

A continuación se muestra que se debe hacer en caso de ocurrir un incendio, ver Figura 7.



Figura 7. Que hacer en caso de incendio.

Enseguida se señala que se debe hacer cuando ocurra una inundación, ver Figura 8. Y los procedimientos se podrán ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Procedimientos a seguir en caso de inundación.

ANTES
1. Contar con desagües que puedan retirar el agua acumulada del inmueble. 2. Contar con brigadistas encargados de evacuar al personal.
DURANTE
1. Si en las instalaciones el nivel de agua empieza aumentar se buscará la manera de eliminar la cantidad de agua que este entrando en los reactores para evitar el aumento incontrolable de agua. 2. Se buscará tapan las compuertas que se encuentran localizadas en el canal bajo para evitar que se introduzcan partículas que pudieran tapan el flujo de agua, generando otra inundación. 3. Los brigadistas se encargará de controlar del flujo del agua.
DESPUES
1. Se limpiarán las áreas que estén con agua estancada con un extractor. 2. Se buscará limpiar todas las áreas para que permanezcan secas y seguras. 3. De contar con un equipo dañado se verificará y realizará una evaluación para su reparación o sustitución.



Figura 8. Que hacer en caso de inundación.

a) Elaborar un subprograma de recuperación

Se recomendó a la administradora del inmueble la solicitud de un nuevo Programa Interno de Protección Civil (PIPC) cuando el inmueble sea afectado por algún siniestro o haya sufrido modificación física; hasta que no sucedan se podrá ejecutar este programa.

Vuelta a la normalidad

Se propuso a la institución aplicar la evaluación en sus instalaciones del nuevo Programa Interno de Protección Civil (PIPC), para determinar el grado de riesgo con el que cuenta las instalaciones renovadas.

Discusión

Poner en marcha las propuestas de mejora es de vital importancia; de acuerdo con Hernández et al. (2004), los riesgos en el centro de trabajo atentan constantemente contra la salud y bienestar del trabajador. Debido a que la seguridad tiene injerencia en todas las actividades que estén encaminadas a eliminar o reducir los riesgos causantes de accidentes, esto según González et. al. (2006), la aplicación de las propuestas de mejora es solo el principio de un camino largo y constante en la lucha contra los accidentes, ya que salvaguardar y preservar la salud según lo dice

Hernández et. al. (2004) conlleva todo un proceso de evaluación, control y prevención constante e ininterrumpible. Es importante que se haya realizado al menos la propuesta de un programa de protección civil, como lo menciona SEGOB (2009) argumenta que el programa interno de protección civil, es un instrumento de planeación y operación para salvaguardar la vida, preservar la salud y la integridad. A su vez (Hernández, Malfavón, y Fernández (2004) establecen que las verificaciones de seguridad se desarrollan para la detección y evaluación de peligros y riesgos con el fin de proponer medidas correctivas para evitar accidentes o incidentes

De igual forma, Rodríguez (2010) argumentan que el éxito de las medidas propuestas se encuentra ligado a la participación registrada por parte de todo el personal, debido a que este será el principal beneficiado con ellas, finalmente se coincide con lo propuesto por CANACINTRA (2011) al mencionar que la Ley 161 del Estado de Sonora argumenta que con más de 50 personas en una instalación, ésta debe de contar con un programa interno de protección civil y en el caso de CUDEC, tiene afluencia de 350 personas.

Conclusiones

El presente proyecto desarrollado para las instalaciones del Centro Universitario para el Desarrollo Comunitario logró el objetivo planteado, al realizarle una propuesta de un Programa Interno de Protección Civil, cumpliendo con los requerimientos mínimos de Protección Civil del Estado de Sonora, que establece las medidas preventivas, de auxilio y de respuesta ante alguna inundación, sismo o incendio.

Este programa podría ayudar a prevenir riesgos potenciales, y estar preparados en caso de un siniestro ya sea por causas naturales tales como sismos, inundaciones, o por accidentes ocasionados por descuidos. CUDEC tenía cubierto solo algunos aspectos relativos a la seguridad como, señalamientos, extintores y detectores de humo, pero no contaba con mapas de riesgos, evaluación del propio riesgo del inmueble, siendo esto de gran importancia tanto para la institución como para los usuarios, al contar con las medidas de seguridad se podría evitar accidentes e incidentes provocados por descuidos.

Al llevar a cabo el proyecto y analizar la situación de CUDEC se determinó que las instalaciones son seguras, ya que los procesos y actividades que se llevan a cabo en la misma son previamente analizados y evaluados, cuentan con procedimientos para la mayoría de sus actividades

y están instauradas medidas de seguridad, pero claro está que aunque las instalaciones se encuentren en un grado medio de riesgo no significa que esté libre de estos. Con dicho resultado se podrán tomar acciones correctivas y preventivas de aquellos indicadores que no cumplieron en la evaluación de riesgos.

## Referencias

- CANACINTRA. (2011). *Boletín urgente canacintra. Hermosillo- ley 161 protección civil*. Documento recuperado en Febrero de 2014, de [www.canacintrahermosillo.com/web/LEY%20161%20PROTECCION%20CIVIL.asp](http://www.canacintrahermosillo.com/web/LEY%20161%20PROTECCION%20CIVIL.asp)
- García, T. (2007). *La Revolución Industrial*. Documento recuperado en Septiembre de 2014, de <http://licenciaturadeteresagarcia.blogspot.mx/>
- González, A. González, D., & Mateo, P. (2006). *Manual para el Técnico en Prevención de Riesgos Laborales*. España: Fundación Confemetal.
- Hernández, A., Malfavón, N. & Fernández, G. (2004). *Seguridad e Higiene Industrial*; Editorial Limusa México.
- IMSS. (2013a). *Memorias estadísticas IMSS, 2004 – 2013. Evolución de Accidentes, Enfermedades, Incapacidades y Defunciones de Trabajo, Nacional*. Documento recuperado el 29 de abril de 2015, en [www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Nacional%202004-2013.pdf](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Nacional%202004-2013.pdf)
- IMSS. (2013b). *Memorias estadísticas IMSS, 2004 – 2013. Evolución de Accidentes, Enfermedades, Incapacidades y Defunciones de Trabajo, estatal*. Documento recuperado en Abril de 2015, de [www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Sonora%202004-2013.pdf](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Sonora%202004-2013.pdf).
- ITSON. (2014). *Historia*. Documento recuperado en Enero de 2014, de [www.itson.mx/Universidad/Paginas/historia.aspx](http://www.itson.mx/Universidad/Paginas/historia.aspx)
- Licardié, J. (2003). *Desarrollo de normas de seguridad industrial en la empresa procesadora de comida PIC*.
- OIT. (2015). *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Documento recuperado en Abril de 2015, de [www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-es/index.htm](http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang-es/index.htm)
- Rodríguez, J. J. (2010). *Origen del petróleo y el gas*. Documento recuperado en Septiembre de 2012, de [www.iapg.org.ar/sectores/cursos/cursos/listados/Intro.Petroleo\(juanjoserodriguez\)/ORIGENDELPyG](http://www.iapg.org.ar/sectores/cursos/cursos/listados/Intro.Petroleo(juanjoserodriguez)/ORIGENDELPyG).
- SEGOB. (2009). *Programa Interno de Protección Civil*. Documento recuperado en Febrero de 2014, de [www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/60/1/images/rmsppccaci.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/60/1/images/rmsppccaci.pdf)
- Unidad Estatal de Protección Civil. (2014). *UEPC*. Recuperado en Octubre de 2014, de <http://www.proteccioncivil.sonora.gob.mx/index.php/sonora-2015>
- Velázquez, I. Á. (2013). *Antecedentes Históricos de la Seguridad e Higiene Industrial*. Recuperado en Octubre de 2014, de <http://www.limpiezaindustrial.org/antecedentesseguridadindustrial.aspx>

## Contacto:

Dr. René Daniel Fornés Rivera. Ingeniero Industrial y de Sistemas, Maestro en Administración en Calidad Total. Profesor Investigador Titular B. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.  
[rene.fornes@itson.edu.mx](mailto:rene.fornes@itson.edu.mx)

Ing. Marco Antonio Conant Pablos. Ingeniero Industrial. Profesor Investigador Titular B. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.  
[marco.conant@itson.edu.mx](mailto:marco.conant@itson.edu.mx)

Mtro. Adolfo Cano Carrasco. Ingeniero Industrial y de Sistemas, Maestría en Ingeniería en optimización de sistemas productivos. Profesor Investigador Titular B. Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora.  
[Adolfo.cano@itson.edu.mx](mailto:Adolfo.cano@itson.edu.mx)

Mariana Espinoza Espinoza. Ingeniera Industrial y de Sistemas. Instituto Tecnológico de Sonora. Mariana Espinoza.  
[marcha\\_215@hotmail.com](mailto:marcha_215@hotmail.com)

Mtra. Carla Olimpya Zapuche Moreno. Maestra en Ingeniería Económica y Financiera. Jefa de División de la Carrera Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme; Profesora de Carrera Asociado B, actualmente Coordinadora de Maestría en Administración del ITESCA.  
czapuche@itesca.edu.mx

C. Dr. María de Lourdes Sánchez Cruz. Candidato a Doctor en Planeación y Liderazgo Educativo. Maestra en Administración de Instituciones Educativas. Profesor Investigador Titular B. Miembro del Cuerpo Académico de Administración y Gestión de Negocios. Subdirectora Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
lsanchez@itesca.edu.mx

# Diseño de un mecanismo expulsor de piezas metálicas en una banda transportadora de materia prima para el proceso de trituración

**Juan Enrique Palomares Ruiz. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Subdirección de Posgrado e Investigación.**

**Alberto Ramírez Treviño. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
Subdirección de Posgrado e Investigación.**

**Francisco Javier Guardado. Grupo México, Minera Buena Vista del Cobre S.A de  
C.V. Gerente de Mantenimiento.**

**Gilberto Carlos Dicochea. Instituto Tecnológico Superior de Cananea.  
Departamento de Ciencias Básicas.**

**Ignacio Vázquez. Universidad Tecnológica Superior de Nogales, Departamento  
de Procesos Industriales.**

## Resumen

La introducción de piezas metálicas como tornillos, arandelas, pequeñas herramientas con partes metálicas, etc., en el proceso de molienda fina en la empresa minera Buena Vista del Cobre® genera pérdidas económicas y accidentes laborales derivados del paro de maquinaria. Por este motivo en el presente trabajo de investigación se propone el diseño de un dispositivo de extracción de materiales metálicos magnéticos utilizando la teoría del diseño mecatrónico. Con esta finalidad se realiza una investigación de los diversos dispositivos existentes donde se analizan las ventajas y desventajas de los mismos, éstos a su vez se comparan con una serie de diseños propuestos mediante el método de lluvia de ideas donde al final se determina el dispositivo ideal basando su elección mediante el empleo de una matriz morfológica. Con este diseño es posible ahorrar al grupo hasta un día de producción al mes por banda transportadora, al reducir el paro de maquinaria ocasionado por detección de metales y la reducción de muertes y accidentes relacionados con el mismo aspecto. El diseño y empleo de tecnologías adecuadas en los procesos de producción reduce los costos por fallos en los sistemas y los derivados de los procesos de exportación, mantenimiento e implementación de dispositivos comerciales los cuales no son diseñados específicamente para la solución de un problema particular de la empresa.

## Palabras clave

Diseño Mecatrónico, Minería, Banda transportadora,

Proceso de molienda, Matriz morfológica.

## Abstract

The introduction of metal parts such as screws, washers, small tools with metal parts, etc., in the process of fine grinding in the mining company Buena Vista del Cobre® generates economic losses and accidents, caused by the failure of machinery. Therefore in this research the design of an extraction device of magnetic metal materials is proposed using the theory of mechatronics design. With this purpose an investigation of the various devices where their advantages and disadvantages of these analyzes are performed, these again are compared to a series of proposed method by brainstorming where the end device determines the ideal designs basing their choice by using a morphological matrix.

With this design it is possible to save the group to a day of production per month by conveyor belt to reduce equipment failure caused by metal detection and reducing deaths and accidents involving the same cause. The design and use of appropriate production process technology reduces costs for system failures and derivatives export processes, maintenance and implementation of commercial devices which are not specifically designed to solve a particular problem company.

## Keywords

Mechatronics design, Mining, Transporter band, Moiling process, Morphologic matrix.

## Introducción

La actividad principal de Grupo México® es la minería, esta empresa ha impulsado el desarrollo y creación de otras empresas denominadas satélites, convirtiendo dichas acciones en detonadores de desarrollo y bienestar para la ciudad de Cananea, Sonora. Actualmente, la división minera representa la mayor parte de sus ventas y está integrada por Southern Copper Corporation®, la cual engloba a Minera México y a Southern Perú, así como por AsarcoR en los Estados Unidos de Norteamérica.

La división minera de Grupo México tiene un pasado prolífico. Desde sus inicios ha sido una empresa orgullosamente mexicana, empezando por Industrial Minera México®, Mexicana de Cobre® y Buenavista del Cobre®. De igual manera se cuenta con Southern Perú y Asarco como parte del grupo de empresas. Dichas adquisiciones los posiciona como empresa global, de gran calidad técnica y eficiencia de producción. El presente y futuro que se está forjando con base en el desarrollo sostenible significa que se lleva a cabo en todas las operaciones bajo un estricto respeto al medio ambiente y buscando el progreso y desarrollo de los empleados.

En función de cumplir con estas expectativas el grupo Buena Vista del Cobre® ha elaborado una misión y visión de la empresa. La descripción de las mismas se enuncia a continuación:

*Extraer recursos minerales para transformarlos y comercializarlos, satisfaciendo las necesidades del mercado, cumpliendo con su responsabilidad social y ambiental y maximizando la creación de valor para nuestros accionistas.*

Y su correspondiente visión consiste en:

*Ser la empresa minero - metalúrgica con reconocido liderazgo a nivel mundial en rentabilidad, producción, reservas y responsabilidad social, con talento y óptimos estándares en seguridad, medio ambiente, servicios y calidad.*

En función de contribuir al cumplimiento de la misión y visión de la empresa, se realiza un proyecto de aplicación debido a que éste es uno de los principales objetivos de la maestría en ingeniería mecatrónica, el cual consiste en la identificación de un problema del sector productivo o área de actividades del maestrante y su consecuente solución mediante la aplicación de los diversos tópicos analizados en el transcurso de la formación como maestros en ingeniería mecatrónica. Es por este motivo que en el presente reporte de investigación se detalla el proceso de diseño de un dispositivo mecatrónico expulsor de metales magnéticos de una banda transportadora de material previamente reducido a pequeñas rocas del tamaño de una pelota de tenis, Figura 1. En esta parte del proceso ocasionalmente se introducen de manera no deseada pequeñas piezas metálicas, como lo son los tornillos, arandelas y algunos otros elementos que se sueltan de los diversos vehículos que transitan por el área de la mina, así como diversas herramientas metálicas, por ejemplo pinzas y desarmadores extraviados por los trabajadores por mencionar algunos. Por lo que a lo largo del tiempo la empresa Buenavista del Cobre tiene el inconveniente de perder el tiempo buscando manualmente metales no deseados en las bandas transportadoras de 4" de mineral. Lo que conlleva una serie de paros en la línea de producción haciendo ineficiente el proceso que



Figura 1. Banda transportadora de material previamente reducido para el segundo proceso de trituración.

alimenta el equipo de trituración secundaria.

Lo mencionado anteriormente además de generar grandes pérdidas a la empresa, ocasiona frecuentemente accidentes relacionados con la remoción de piezas siendo este tipo de eventos uno de las principales causas de accidentes en la industria minera (Chinniah, 2015) donde ésta a su vez posee uno de los más altos índices de accidentes laborales (Gonzalez-Delgado y cols., 2015).

### Desarrollo

Inicialmente se trabajó en un proceso de identificación del problema y descripción de subproblemas derivados del proceso de

transportación de material previamente reducido, después se analizaron mediante lluvia de ideas una serie de soluciones generales del problema, se discutieron las propuestas y se llegó a la conclusión de la necesidad de implementar un proceso automatizado de remoción de materiales no deseados. Se evaluaron los diversos dispositivos factibles de implementación y se determinó la elección de uno de estos mediante el uso de una matriz morfológica. Por último se realizó el diseño del dispositivo elegido y un entorno de simulación. A continuación se enuncia de forma breve el proceso de identificación del problema y la descripción de los subproblemas.

El proceso de extracción de cobre contiene a su vez dos subprocesos de molienda de material,

PARO DE EQUIPO DE BT2 MES DE ENERO 2014						
Inicio	Fin	Duración	Equipo	Categoría	Descripción / Comentarios	Codigo
01/01/14 21:35	01/01/14 21:41	00:06	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
01/01/14 23:07	01/01/14 23:12	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
02/01/14 02:16	02/01/14 02:23	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
03/01/14 21:38	03/01/14 23:05	01:27	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 10:11	04/01/14 10:22	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 10:30	04/01/14 10:38	00:08	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 11:21	04/01/14 11:29	00:08	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 12:55	04/01/14 13:02	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 13:16	04/01/14 13:25	00:09	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 14:04	04/01/14 14:14	00:09	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 15:05	04/01/14 15:15	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 18:40	04/01/14 18:46	00:06	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 22:35	04/01/14 22:55	00:20	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
04/01/14 23:10	04/01/14 23:20	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
05/01/14 00:40	05/01/14 01:00	00:20	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
05/01/14 04:35	05/01/14 04:55	00:20	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
05/01/14 05:30	05/01/14 05:55	00:25	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
05/01/14 08:36	05/01/14 08:46	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
05/01/14 12:56	05/01/14 13:02	00:06	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
05/01/14 16:36	05/01/14 16:43	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
06/01/14 01:25	06/01/14 01:40	00:15	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
06/01/14 02:35	06/01/14 02:40	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
06/01/14 08:55	06/01/14 09:00	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
06/01/14 14:34	06/01/14 14:41	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
07/01/14 14:24	07/01/14 14:30	00:06	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
07/01/14 21:45	07/01/14 21:50	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
28/01/14 16:53	28/01/14 17:00	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 02:40	29/01/14 02:50	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 14:30	29/01/14 14:37	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 14:43	29/01/14 14:48	00:04	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 15:42	29/01/14 15:53	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 17:52	29/01/14 18:04	00:11	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 20:10	29/01/14 20:15	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
29/01/14 23:10	29/01/14 23:20	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
30/01/14 06:25	30/01/14 06:35	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
30/01/14 08:13	30/01/14 08:22	00:09	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
30/01/14 20:55	30/01/14 21:05	00:10	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
31/01/14 00:25	31/01/14 00:30	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
31/01/14 04:15	31/01/14 04:20	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
31/01/14 05:35	31/01/14 05:40	00:05	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
31/01/14 15:50	31/01/14 15:57	00:07	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
31/01/14 22:00	31/01/14 22:15	00:15	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
01/02/14 04:40	01/02/14 04:55	00:15	20BT2	Mina	Paro Por Metal	TIDP
<b>TOTAL EN HORAS</b>		<b>24:06</b>				

Figura 2. Relación de tiempos de paro para la banda transportadora 20BT2.

durante el primero las rocas son reducidas a pequeños reductos del tamaño de pelotas de tenis ( $\approx 500\text{cm}^3$ ). Este material es transportado mediante una banda con una capacidad de 1500 toneladas por hora a una segunda trituradora en la cual se reduce el material prácticamente a un fino polvo. Ésta cuenta con un sensor y un electroimán, el primero detecta materiales magnéticos y detiene el sistema asegurando que en una distancia no mayor a 1.5 mts se localiza el objeto metálico, el tiempo de paro de una de las cuatro bandas transportadoras con las que cuenta la empresa se muestra en la Figura 2. Al activarse el electroimán este debiese de poder retirar el objeto pero frecuentemente no sucede, por lo que un operador se traslada hasta la banda donde busca de manera manual la pieza, la remueve y se comunica por radio para que la banda sea activada nuevamente. Derivado de esta descripción se identifican los siguientes subproblemas:

- Se detecta un material no deseado, provocando el paro de la banda.
- El trabajador se traslada hacia donde se encontró el metal, hace la búsqueda manualmente en la banda de material, perdiéndose un considerable tiempo de producción de hasta un día al mes por banda.
- Se han suscitado accidentes humanos al accionarse la banda mientras el encargado de realizar la remoción se encuentra aún sobre la misma.
- Existen casos donde se remueve una pieza metálica, se reinicia el proceso y la trituradora se daña al existir una segunda pieza que no detectó el responsable.
- El principal problema es el tiempo de paro en la banda ya que el método que se utiliza para la extracción de metales no deseados es manual.

- La empresa optó por pagar a un operador para hacer ese trabajo, sin embargo existe alta presencia de finos polvos en las bandas, lo que hace de este sitio un lugar no apto para la presencia del trabajador.
- La detención del proceso de producción genera hasta el 15% de los paros mensuales, Figura 3.



Figura 3. Porcentaje anual de paros en la producción de cobre de la empresa minera Buena Vista del Cobre relacionados con las bandas transportadoras analizadas en el proyecto.

A continuación se detalla el proceso de elección del dispositivo adecuado, para lograr este fin se emplea una matriz morfológica de decisiones la cual se muestra en la Tabla 1. El objetivo de la misma consiste en proporcionar una visión de que dispositivo es el que realmente conviene a la empresa, indicándole un peso a cada decisión primordial, los tres factores principales de la matriz corresponden a la economía y seguridad, seguidos de los costos y tiempos de mantenimiento además del promedio de vida, también se toman en cuenta el rango de movilidad del dispositivo, la efectividad en el proceso de retiro de objetos, misma que se nombra como

Tabla 1. Matriz morfológica empleada en el proceso de diseño.

Peso VS. Propuesta	Costo \$	Mant.	Rango de Mov.	Aplicación	Req. de Inst.	Prom. de Vida	Seguridad	Total
Mecanismo RRR	0.5	0.9	1	1	0.8	0.8	1	83.5
Robot KUKA 5GDL	0.1	0.2	1	1	0.5	0.8	1	62.0
Expulsor HSC350	0.3	0.2	1	1	0.5	0.8	1	66.0
Cartesiano	0.8	0.9	1	0.5	0.1	0.6	0.9	72.5
C-SCAN DLS	0.3	0.2	1	1	0.5	0.8	1	66.0
Robot SCARA	0.2	0.2	0.5	0.3	0.7	0.7	1	52.5
Mecanismo TRR	0.5	0.9	0.8	1	0.8	0.7	1	80.0
Electroimán fijo	0.8	1	0	0	1	1	0.5	66.0
	20%	15%	10%	10%	10%	15%	20%	

aplicación y por último los requisitos de instalación.

Es por este motivo que en el rubro de mantenimiento se le otorga los valores más bajos a los dispositivos comerciales y en cambio el valor máximo se le otorga a un electroimán fijo colocado sobre el área de búsqueda, ya que éste no requiere de un mantenimiento regular. Sin embargo en la sección de aplicación se le otorga un cero, ya que de quedar el objeto unos centímetros más lejos de lo deseado el electroimán no logrará retirarlo. De esta manera se continúa con el proceso de llenado de la matriz y se determina el tipo de mecanismo que se utilizará definitivamente en el proceso.

Una vez concluida la elaboración de la matriz morfológica se procede a realizar el diseño del mecanismo, el cual es de tipo rotacional similar a los robots antropomorfos con la ventaja de que al

no contar con los últimos tres grados de libertad de orientación el modelo se vuelve más sencillo de manipular matemáticamente (Palomares y Ochoa, 2012) y elimina la necesidad de incorporar un controlador sofisticado ya que el mecanismo solo está programado para activarse al obtener la señal del sensor y realizar una trayectoria de búsqueda del objeto con el electroimán que se encuentra en el órgano efector, mismo con el que ya se contaba inicialmente y el cual se considera por diversos autores como un elemento adecuado en la tarea de eliminación de objetos magnéticos (Wilks, 2006), depositarlo en el almacén que se encuentra al costado y recorrer la trayectoria nuevamente en una segunda búsqueda, en caso de no realizar la detección de un nuevo elemento el mecanismo envía la señal de arranque nuevamente a la banda y se continúa con el transporte de material. El diseño del dispositivo se muestra en la figura 4.

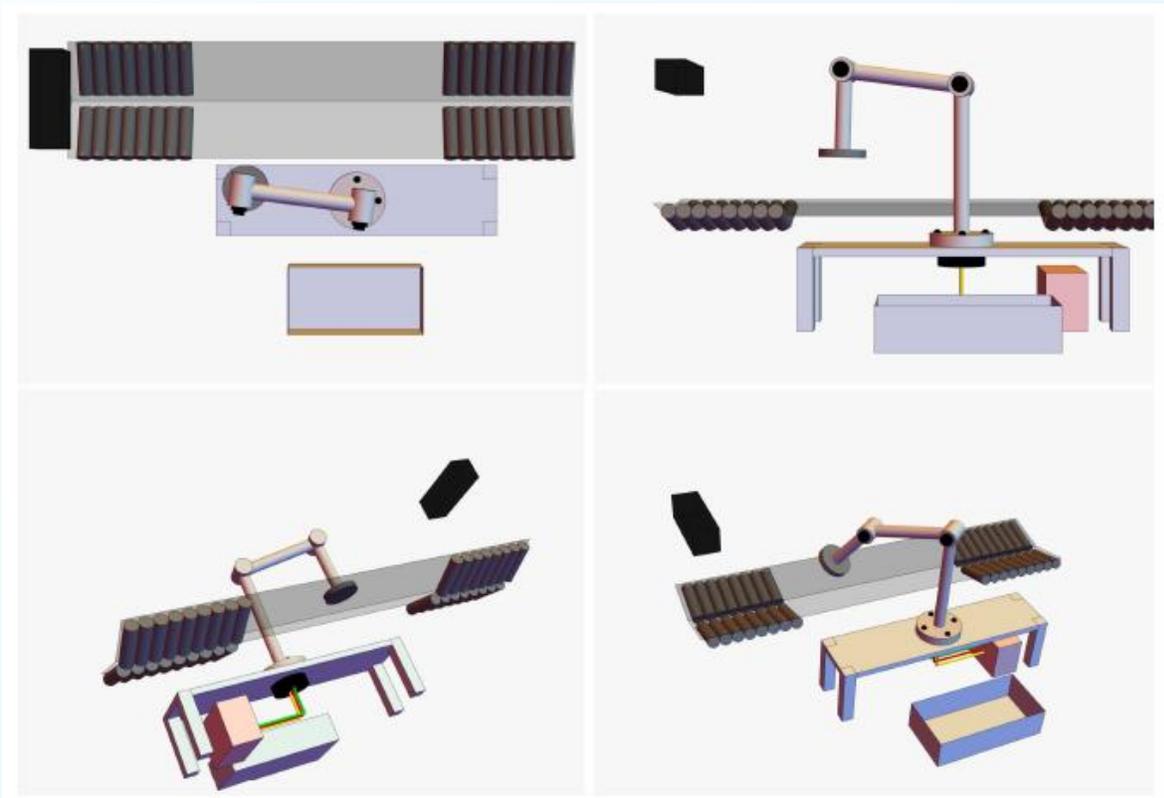


Figura 4. Vistas del diseño propuesto

## Conclusiones

Se han utilizado algunas de las técnicas del diseño mecatrónico en función de realizar una propuesta y el respectivo diseño de un mecanismo expulsor de material, determinando que el óptimo es un mecanismo RRR tipo antropomorfo de tres grados de libertad. El diseño se realizó en el software de cálculo formal, Mathematica v10, lo que permitió además de contar con una representación visual el obtener una simulación la cual permite la comunicación de los datos con la finalidad de programar la trayectoria.

Se identifica la necesidad de continuar con el proceso de simulación y modelación matemática del mecanismo utilizando cuaterniones duales (Heidari, Daniali, y Varedi, 2014) o mediante combinación de métodos geométricos (Kong, 2014; Nubiola y Bonev, 2014). Además de la determinación del análisis de tensiones a las que se encuentra sometido el mecanismo durante el proceso (Condurache y Burlacu, 2014). Y un proceso estadístico de seguimiento del funcionamiento del diseño con la finalidad de comprobar la utilidad de la propuesta y la posible extensión a todas las bandas en las que se realiza el proceso.

## Referencias

Chinniah, Y. (2015). Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Safety Science*, 75, 163–173.

Condurache, D., y Burlacu, A. (2014). Dual tensors based solutions for rigid body motion parameterization. *Mechanism and Machine Theory*, 74, 390–412.

Gonzalez-Delgado, M., Gómez-Dantés, H., Fernández-Niño, J. A., Robles, E., Borja, V. H., y Aguilar, M. (2015). Factors associated with fatal occupational accidents among mexican workers: A national analysis. *PLoS one*, 10, e0121490–e0121490.

Heidari, O., Daniali, H. M., y Varedi, S. M. (2014). Geometric design of 3r manipulators for three precision poses using dual quaternions. En *Robotics and mechatronics (icrom)*, 2014 second rsi/ism international conference on (pp. 601–606).

Kong, X. (2014). Reconfiguration analysis of a 3-dof parallel mechanism using euler parameter

quaternions and algebraic geometry method. *Mechanism and Machine Theory*, 74, 188–201.

Nubiola, A., y Bonev, I. A. (2014). Geometric approach to solving the inverse displacement problem of calibrated decoupled 6r serial robots. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 38(1), 31–44.

Palomares, J. E., y Ochoa, F. J. (2012). Rotación y traslación de cuerpos rígidos utilizando el álgebra de cuaterniones. *Entorno Académico*, 9(9).

Wilks, M. (2006). Magnetic separators: removing unwanted debris. *Filtration & separation*, 43(5), 40–41.

## Contacto:

M.I. Juan Enrique Palomares Ruiz. Profesor de tiempo completo de la Maestría en Ingeniería mecatrónica, perfil PROMEP, su formación es Licenciado en Matemáticas con Maestría en Ingeniería Mecánica y Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Mecánica. Actualmente desarrolla proyectos de Modelación Matemática con apoyo del fondo del Tecnológico Nacional de México.  
jepalomares@itesca.edu.mx

Dr. Alberto Ramírez Treviño. Profesor de tiempo completo con perfil PROMEP, su formación es Ingeniero en Electricidad con Maestría en Ingeniería Eléctrica y Doctorado en Ciencias. Actualmente desarrolla proyectos de Modelación Matemática con apoyo del fondo del Tecnológico Nacional de México.  
aramirez@itesca.edu.mx

M.I. Francisco Javier Guardado es gerente de mantenimiento de la empresa minera Buena Vista del Cobre, Ingeniero Industrial Mecánico, Maestro en Ingeniería Mecatrónica.  
fra4829@gmail.com

M.I. Gilberto Carlos Dicochea es profesor del Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico Superior de Cananea, Ingeniero Industrial Mecánico y Maestro en Ingeniería Mecatrónica.  
carlosdicochea@hotmail.com

Ing. Ignacio Vázquez es Profesor de tiempo completo con perfil Promep, es ingeniero y maestrante en Ingeniería Mecatrónica.  
ing.ignacio.javier@gmail.com

Agradecimientos:

Los autores agradecen todo el apoyo recibido por parte de la Dirección del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, para el desarrollo de sus investigaciones y la publicación de las mismas. Carlos Dicochea agradece el apoyo por parte de la Dirección del Instituto Tecnológico Superior de Cananea, por el apoyo brindado durante el proceso de formación como Maestro en Ingeniería en Mecatrónica, Francisco Guardado agradece el apoyo proporcionado al grupo minero Buena Vista del Cobre por todo el apoyo brindado durante el proceso de formación como maestro en Ingeniería Mecatrónica.

# Gestión del conocimiento a través de un Centro de Inteligencia de Negocios

**Manuela Ruiz Castro. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Administración.**

**Celia Velázquez Reyna. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.  
División de Administración.**

## Resumen

Uno de los grandes retos que plantea la globalización es la capacidad de respuesta de las organizaciones para los rápidos cambios que enfrentan en un ambiente competitivo. Tener la información estratégica y oportuna para la toma de decisiones de negocios solo es posible cuando se cuenta con un sistema de información capaz de ofrecer datos relevantes para dirigir sus estrategias de negocios en su entorno. Un Centro de Inteligencia de Negocios ofrece la solución para estos grandes retos y sobre todo brinda la oportunidad de mantenerse actualizado con información veraz, estratégica y oportuna para elevar la competitividad que exige el mundo actual.

## Palabras clave

Economía del Conocimiento, Sistema de gestión, Centro de Inteligencia de Negocios, Pequeña empresa.

## Abstract

One of the major challenges posed by globalization is the responsiveness of organizations to face the rapid changes in a competitive environment. Be strategic and timely information for making business decisions is only possible when you have an information system capable of providing relevant data that affect organizations in their environment. A Business Intelligence Center provides the solution to these challenges and above all an opportunity to keep updated with accurate information, strategic and competitive opportunity to raise the current world demands.

## Keywords

Knowledge Economy, Management System, Center for Business Intelligence, Small Business and Competitiveness.

## Introducción

El uso inteligente de la información ha generado que las organizaciones en el mundo puedan desarrollar una ventaja competitiva, hoy en día la Economía del conocimiento permite utilizar el conocimiento como base para crear valor y riqueza por medio de la transformación del conocimiento que está siendo desarrollado y aplicado de nuevas maneras. En los pilares básicos de la economía basada en el conocimiento se observan: una población educada y con habilidades para crear, compartir y usar el conocimiento, una infraestructura (de información) dinámica para facilitar la comunicación, diseminación y procesamiento efectivo de la información, y una red eficiente de innovación, conformada por empresas, centros de investigación, universidades, consultores y otras organizaciones para poder aprovechar el creciente acervo de conocimiento, asimilarlo y adaptarlo a las necesidades locales y crear nuevas tecnologías.

Conducir los pilares hacia la creación de valor en la economía del conocimiento es posible a través de un Centro de Inteligencia de Negocios, en donde se desarrolla la gestión del conocimiento que permitirá utilizar las herramientas enfocadas a la administración y creación de conocimiento mediante el análisis de datos existentes en una organización o empresa.

## Desarrollo

La presencia de la globalización ejerce la presión en las empresas hacia la búsqueda de una mayor competitividad, las tendencias en los negocios obligan a tener los ciclos de producto más cortos y a una necesidad de innovar mayor; el comercio mundial aumenta, demandando mayor competitividad a los productores.

México ocupa en el año 2011 el lugar número 58 en el índice de competitividad de acuerdo al

ranking emitido anualmente por el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés). Las pequeñas y medianas empresas, PyMEs, que representan el 95.2% toman mayor importancia (en términos de *crecimiento económico* y *empleos* generados) según Morales (2011) requieren alcanzar niveles de competitividad que les permitan satisfacer las demandas de los mercados globales y esto se traduce en un creciente uso de información estratégica para lograr sus objetivos.

Menos privilegiadas con recursos humanos, financieros y tecnológicos que las empresas grandes; las PyMEs, tienen ventajas en términos de flexibilidad, tiempo de reacción y capacidad de innovar que las hacen actores centrales en la nueva economía (Raymond, 2003).

En Sonora, el nivel de competitividad en el año 2010 ocupó el sexto lugar y fue superado por el Distrito Federal, Jalisco, Quintana Roo, Nuevo León y Baja California Sur, parte de este resultado es debido a la eficiencia de negocios. (De la Peña, 2011). La eficiencia de negocios tiene una relación directa hacia una buena gestión empresarial basada en el uso efectivo de su información para generar estrategias competitivas de negocios.

La Inteligencia de Negocios o Business Intelligence (BI) es la solución a ese problema, pues por medio de dicha información puede generar escenarios, pronósticos y reportes que apoyen a la toma de decisiones, lo que se traduce en una ventaja competitiva

Según Sánchez (2005) La inteligencia de negocios o Business Intelligence (BI) se puede definir como el proceso de analizar los bienes o datos acumulados en la empresa y extraer una cierta inteligencia o conocimiento de ellos. Dentro de la categoría de bienes se incluyen las bases de datos de clientes, información de la cadena de suministro, ventas personales y cualquier actividad de marketing o fuente de información relevante para la empresa.

El término inteligencia de negocios fue adoptado por GarnerGroup, a finales de la década de los 80, con él se pretendía definir el proceso de acceder y explotar área específicas de la información, analizando la misma, desarrollando nuevas perspectivas y conocimientos y finalmente aplicando resultados a soluciones empresariales (Baglietto et al, 2001). Vitt, Luckevich & Mister (2002) consideran la inteligencia de negocios en un conjunto de estrategias y herramientas

enfocadas a la administración y creación de conocimiento y tienen en común:

- Apoyo en la toma de decisiones. Más allá de la presentación de la información, acceso a herramientas de análisis que permitan seleccionar y manipular aquellos datos que interesen.
- Convertir los datos en información.
- Utilizar método razonable para la gestión empresarial
- Toma de decisiones

La Inteligencia de Negocios es una amplia categoría de aplicaciones y técnicas para reunir, almacenar, analizar y proveer acceso a datos para ayudar a los usuarios en la empresa a tomar mejores decisiones estratégicas y de negocios. La Inteligencia de Negocios incluye (Turban et al., 2004):

- Salidas como modelación financiera y de presupuestos.
- Tendencias de temporadas.
- Benchmarking (desempeño de negocios).
- Inteligencia competitiva.

Corcovan y Blackwood (2000, citados en Arrezola, 2004) definen la Inteligencia de Negocios como la tecnología que permite a las organizaciones transformar los datos almacenados en los sistemas principales del negocio, en información significativa, enfocada a:

- Conocer sus clientes, y permitir que estos lo conozcan.
- Modernizar los procesos del negocio para alinear las tecnologías con las metas del negocio.
- Conocer como sus procesos corren como un todo, para obtener una vista global, unificada de su organización.

Entre las variadas definiciones de los maestros y ejecutores de la Inteligencia de Negocios, algunos como Howard Dresner (citado en Navarrete, 2002), acuñaron el término de Inteligencia de Negocios para encapsular las herramientas de Búsqueda y Reportes para Usuarios Finales (End-User Query and Reporting, EUQR), herramientas de Apoyo a la Toma de Decisiones (Decision Support Systems, DSS) así como herramientas de Procesamiento Analítico en Línea (Online Analytical Processing, OLAP).

Un centro de competencia para la Inteligencia de negocios se desarrolla a partir de un proceso que contiene las siguientes fases en las cuales se

genera la transformación de datos en inteligencia competitiva (Benjumeda, 2008):

1. Planificación e Identificación de necesidades (quién, qué, cómo, por qué, para qué) Mediante una serie de entrevistas con el cliente, se definen las necesidades y se elabora el plan de acción.

2. Recogida de datos a través de nuestras fuentes propias, fuentes documentales impresas o en línea, nacionales e internacionales y otros medios como entrevistas telefónicas o en persona, formularios, trabajo de campo, viajes prospectivos, fotografía, storechecks, purchase tests, solicitud de catálogos y evaluación, visita a ferias, etc.

3. Organización de datos de acuerdo a formato más útil en cada caso.

4. Análisis de la información. Es el proceso de convertir la información en inteligencia. No sólo hay que ver, sino saber mirar. Permite hacer estimaciones, supuestos y predicciones mediante herramientas como el análisis DAFO, benchmarking, análisis de escenarios, perfiles de los competidores, etc. Las conclusiones de Inteligencia extraídas del análisis previo (previsiones, amenazas, recomendaciones, etc.), permite a un directivo tomar las conclusiones más apropiadas.

5. Distribución de la inteligencia a los directivos mediante la entrega de un informe, una formación interna, presentaciones, introducción o mejora de una Intranet, etc.)

En este orden de ideas y dada la importancia que reviste el contar con información inherente a las diferentes áreas de una organización y de los distintos entornos en donde se encuentra inmersa, debe existir una herramienta de verdad útil, que le brinde una ventaja competitiva a las empresas.

Las universidades por su parte, asumen el compromiso no sólo de formar profesionistas competitivos sino también proporcionar los mecanismos necesarios para aportar valor a su comunidad, de esta manera se crean centros de información que proporcionan los recursos necesarios para que quienes hacen uso de ellos tengan las herramientas para realizar una adecuada toma de decisiones. Un Centro de Inteligencia de Negocios en un medio para obtener información estratégica para crear una ventaja competitiva en un ambiente global. (Porter 2000).

El Instituto Tecnológico Superior de Cajeme atento a estas necesidades, tiene contemplada la creación de un Centro de Inteligencia de Negocios, determinar las áreas de conocimiento que resulten más útiles para los usuarios es uno de los propósitos del mismo.

El centro de inteligencia de negocios tendrá un impacto en la región ya que contribuirá a su desarrollo al proporcionar herramientas para la innovación constante y mejorar el desempeño de las empresas, pública o privadas de los sectores industriales, comerciales y de servicios de la región de Cajeme; Permitirá a las empresas mantener una conexión permanente con su entorno competitivo y alcanzar mejores resultados de negocio con base en la obtención oportuna de información relevante, útil y con significado para la toma de decisiones y la creación dinámica y sistemática de propuestas de valor para sus clientes.

Se tiene en cuenta al realizar el centro de inteligencia de negocios la importancia de la innovación en las empresas, como un punto de vista de mejora en su gestión, procesos, tecnologías y productos, mediante esta metodología se cubrirán aspectos relacionados con la pequeña y mediana empresa, universidades y centros de investigación y desarrollo, y los diferentes sectores tales como el de gobierno, productivo, educativo y social.

Es importante considerar que el Centro de Inteligencia de Negocios, se establece para dar resultados en los organismos de los distintos sectores que intervendrán, por lo que se requiere considerar dentro de sus metas a alcanzar, cierto:

- Número empresas inscritas en el Centro de Inteligencia de Negocios.
- Número de proyectos innovadores en los sectores que participan.
- Número de productos innovadores registrados en las empresas.
- Porcentaje de ventas por servicios realizados en el centro de Inteligencia.

De igual modo para Itesca resulta de gran relevancia el impacto que este centro tendrá para docentes, estudiantes y egresados, por lo que se habrá de considerar:

- Número de programas de investigación relacionados con la productividad de las empresas.

- Número de egresados que se integran a participar en los proyectos de Centro de Inteligencia de Negocios.
- Número de egresados que se colocan en las empresas que atiende el Centro.

Como etapa inicial para su implementación se diseñó aplicó una encuesta piloto para conocer la necesidades de información y la aceptación de un centro de inteligencia de negocios regional en Cd. Obregón, Son. De la cual coinciden en la percepción de que el análisis de la información, su consulta y monitoreo son algunas de las funciones primordiales de estos centros, de igual modo que la información que manejen es fundamental para apoyar la creación de nuevos productos e introducción a nuevos mercados.

#### Conclusiones

En México, existen muchos casos de implementación de la Inteligencia de Negocios en las grandes empresas; sin embargo, en el caso de las PYMES es muy difícil encontrar casos exitosos de una Inteligencia de Negocios avanzada.

La evolución de los sistemas de información por los avances tecnológicos ha hecho posible que las PYMES puedan participar al mismo nivel de las grandes empresas que han madurado el manejo de información a través de los años. La implementación de un modelo de Inteligencia de Negocios en una PYME requiere de la integración de la empresa, así como del análisis profundo de los factores que afectan dentro y fuera de la misma. A pesar de que una empresa grande tiene sin duda enormes ventajas sobre cualquier PYME que interactúe en su mercado, son las PYMES las que se podrán adaptar mejor a los cambios de la nueva economía gobernada por la globalización y la era digital, y es mediante su flexibilidad y rápida adaptación que pueden implementar modelos de Inteligencia de Negocios de manera más rápida que las grandes corporaciones empresariales

El surgimiento de una economía global basada en información y conocimiento constituye a la vez, una amenaza y una oportunidad para las PYMES manufactureras y tecnológicas, y para las organizaciones que las apoyan en su desarrollo. Al permitir la detección de tendencias en el ambiente y el aumentar la comprensión de los aspectos estratégicos que surgen de estas tendencias, la Inteligencia de Negocios puede asumir su rol

crítico en la supervivencia, crecimiento y desempeño de las PYMES.

#### Referencias

Arrezola, E. (2004). *Factores Críticos de Éxito/Fracaso en la Implementación de Herramientas de Business Intelligence*. Tesis de maestría no publicada, ITESM, 2004.

Benjumeda, E. (2008). *¿Qué es la inteligencia competitiva?* <http://gpic.activoforo.com/t21-que-es-la-inteligencia-competitiva>.

De la Peña (2010). *Competitividad de los Estados Mexicanos*. <http://www.itesm.mx/webtools/competitividad/prensa.html>.

Morales, R. (2011). *El economista. México recupera competitividad*. <http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/09/07/mexico-recupera-competitividad>.

Navarrete, Roberto C. (2002). *Análisis de Impacto del Business Intelligence: Expectativas y Realidades. Requisito para la obtención del grado de Maestría*. ITESM, 2002.

Ortiz, C. (2007). *La inteligencia de negocios aplicada a las organizaciones de Latinoamérica*. Recuperado el 30 de marzo de 2012, de: [http://www2.epm.com.co/bibliotecaepm/biblioteca\\_virtual/documents/la\\_inteligencia\\_de\\_negocios\\_aplicada\\_a\\_las\\_organizaciones.pdf](http://www2.epm.com.co/bibliotecaepm/biblioteca_virtual/documents/la_inteligencia_de_negocios_aplicada_a_las_organizaciones.pdf)

Raymond, L. (2003). *Globalization, the Knowledge Economy, and Competitiveness: A Business Intelligence Framework for de Development SMES*. En, Journal of American Academy of Business, 2003. pp. 260-269

Sánchez, R. (2005). *Business intelligence: BI OR NOT BI*. <http://www.monografias.com>

SAS (2007). *La madurez de la inteligencia de negocios y la búsqueda por mayor rendimiento*. <http://www.sas.com/offices/latinamerica/chile/davis/pdf/Madurez.pdf>

Turban, Efraim, McLean, Ephraim, Wetherbe, James. (2004). *Information Technology for Management*. Wiley, 2004. 4° Ed.

Vitt, Luckevich & Mister (2002) *Business Intelligence: Técnicas de análisis para la toma de decisiones estratégicas*. Editorial McGrawHill/ Interamericana.

Contacto:

Mtra. Manuela Ruiz Castro. Maestra en Administración, Profesor de Carrera Asociado C del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, adscrita a la División de Administración.  
mruiz@itesca.edu.mx

Dra. Celia Velázquez Reyna. Doctora en Planeación Estratégica para la Mejora en el Desempeño y Maestra en Administración, Profesor de Asignatura del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, adscrita a la División de Administración.  
celiavelazquez@hotmail.com

# **OFERTA DE POSGRADOS ITESCA**

## **MAESTRÍA EN EN ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y GESTIÓN URBANA**

(MPASG-2012-05)

## **MAESTRÍA EN EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**

(MPIMC-2011-33)

## **MAESTRÍA EN EN EDUCACIÓN CON ORIENTACIÓN PROFESIONISTA**

(MPEDU-2012-11)

## **MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN**

(MPADM-2011-26)

**CONTINÚA PREPARÁNDOTE  
PARA EL ÉXITO EN ITESCA**



### **MAYORES INFORMES**

Tel: (644) 410.8650 ext. 1102

<http://www.itesca.edu.mx/posgrados/mad.asp>