

ISSN 2594-1097

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PACHUCA

SIMPOSIO IBEROAMERICANO  
MULTIDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS E INGENIERÍAS

SEPTIEMBRE 2 0 1 8



SIMPOSIO IBEROAMERICANO  
MULTIDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS E INGENIERÍAS  
28 DE SEPTIEMBRE 2018

**SIMPOSIO IBEROAMERICANO MULTIDISCIPLINARIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS.-** Año 6, No. 6. SEPTIEMBRE 2018. Es una publicación anual, editada por la Universidad Politécnica de Pachuca, Carretera Pachuca-Cd. Sahagún Km. 20 Ex Hacienda de Santa Bárbara, Municipio de Zempoala, estado de Hidalgo, CP. 43830, Tel: 01-771-5477510, [www.upp.edu.mx](http://www.upp.edu.mx), [marcovera@upp.edu.mx](mailto:marcovera@upp.edu.mx)  
Editor responsable UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PACHUCA, Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2013-102511083900-203 e ISSN 2007-7394. Ambos otorgados por el INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR. Responsable de la última actualización de este número DR. FRANCISCO RAFAEL TREJO MACOTELA, Dirección de Investigación, Innovación y Posgrado de la Universidad Politécnica de Pachuca, Carretera Pachuca-Cd. Sahagún Km. 20 Ex Hacienda de Santa Bárbara, Municipio de Zempoala estado de Hidalgo, CP. 43830, Tel 01-771-5477510. Fecha de última modificación 28 de septiembre de 2018. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Politécnica de Pachuca.

## Directorio

### Directiva

**LIC. ATILANO RODOLFO RODRÍGUEZ PÉREZ**

Secretario de Educación Pública de Hidalgo

**ING. JUAN BENITO RAMÍREZ ROMERO**

Subsecretario de Educación Superior y Media Superior

**DR. MARCO ANTONIO FLORES GONZÁLEZ**

Rector de la Universidad Politécnica de Pachuca

### Editor

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PACHUCA**

### Comité Editorial

**DR. FRANCISCO RAFAEL TREJO MACOTELA**

Responsable de la edición

trejo\_macotella@upp.edu.mx

### Diseñador

**MTRO. LEONEL LÓPEZ SILVA**

leonel@upp.edu.mx

### Compilador

**MTRO. MARCO ANTONIO VERA JIMÉNEZ**

averamarco@prodigy.net.mx

## **Comité Organizador**

**Dr. Francisco Rafael Trejo Macotela**

Presidente del Comité Organizador

**Dr. Alejandro Téllez Jurado**

Coordinador del área de Ciencias Biológicas y de la Salud

**Dr. Daniel Robles Camarillo**

Coordinador del área de Ciencias Computacionales, Comunicaciones y Finanzas

**Dr. Armando Irvin Martínez Pérez**

Coordinador del área de Ciencias de la Ingeniería

## Comité de Árbitros

Dr. LALP  
Dr. THC  
Dr. FRTM  
Dr. JCRF  
Dr. RGMA  
Dr. ESA  
Dr. JCSR  
Dr. JAC  
Dra. MVI  
Dra. POV  
Dra. BEJL  
Dra. MRRV  
Dra. RAG  
Dra. YMF  
Dra. SKCM  
Dra. AJG  
Dr. ACR  
Dra. XTJ  
Mtra. LSO  
Mtra. VVC  
Mtra. ESB  
Mtra. RMCA  
Mtro. JAAC

*Universidad Politécnica de Pachuca, México.*

Dra. MRLT  
*Universidad Politécnica de Tulancingo, México.*

Dr. CCC  
Dr. PMR  
Dr. RNP  
*Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.*

Dr. EEH  
*Instituto Politécnico Nacional, México.*

Dr. FMP  
*CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional, México.*

Dr. EATG  
*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.*

## Presentación

El Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías (SIMCI) es un evento bianual organizado por la Universidad Politécnica de Pachuca y anual para la edición de su revista digital. En esta sexta edición del SIMCI, se incluye la presente revista digital que incluye los artículos científicos y tecnológicos en extenso. Para la edición de los trabajos en extenso se abrió una convocatoria nacional e internacional para el envío y posterior recepción y revisión de artículos de corte científico y tecnológico. Estos trabajos fueron revisados por investigadores nacionales e internacionales de reconocido prestigio haciendo énfasis en tres ejes temáticos: Ciencias Biológicas y de la Salud; Ciencias Computacionales, Comunicaciones y Finanzas; y Ciencias de la Ingeniería. En este documento final se presentan los trabajos que fueron revisados y aceptados para ser publicados en la presente REVISTA DIGITAL SIMPOSIO IBEROAMERICANO MULTIDISCIPLINARIO DE CIENCIAS E INGENIERIAS.

La presente edición de la revista digital de SIMCI, en la primera sección se presenta el artículo CSB-MEDING por R. A. García Juárez, I. Pérez Pamatz, S. Nicolas Maximo, E. Ramirez Rodriguez, A. E. Nicolas Maximo, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Patzcuaro, Michoacán, México y la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México; en la segunda sección se presenta el artículo Revisión sistemática del tratamiento fisioterapéutico más utilizado en los últimos 8 años en desórdenes de las estructuras musculoesqueléticas en adultos que ocasionan trastornos temporomandibulares por O. Gómez- Cruz, L. Subervier- Ortiz, , R.M. Chio-Austria, I. Téllez-Arriaga, con adscripción en la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México; en la tercera sección se presenta el artículo Método de valoración infantil en trastornos de la marcha que evidencia la basculación de la palanca de interapoyo articular y modificación del equilibrio motor ante esfuerzo muscular al potenciar la efectividad del tren inferior por Cortés-Márquez, Cerón-Hernández, Subervier-Ortiz, Ahumada-Medina con adscripción en la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México; en la cuarta sección se presenta el artículo Programa de Diseño de Dispositivos para Alertar de la Incidencia de Niveles Altos de Radiación Ultravioleta Solar en Áreas Públicas Expuestas al Aire Libre, por A. Ahumada-Medina, A., V. Vázquez-Chacón, S. Cortés-Márquez, R. Chio-Austria, L. Subervier-Ortiz, E. Sánchez Barrera, con adscripción en la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México; en la quinta sección se presenta el artículo La brecha digital como obstáculo del desarrollo social y económico: Estudio de caso, la capital del

estado de Veracruz, por Ana Teresa Morales-Rodríguez, con adscripción en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, Veracruz, México; en la sexta sección se presenta el artículo Modelado de un PVTOL con masa activa para generar un movimiento rotacional, por M. Chavarria-Séptimo, J. G. Benítez-Morales, M. A. Aguilera-Jiménez, R. G. Hernández-García, con adscripción en la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México.



# Contenido

Artículo	Página
<b>EJE TEMÁTICO: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD (CBS)</b>	
CSB-MEDING	1-4
Revisión sistemática del tratamiento fisioterapéutico más utilizado en los últimos 8 años en desórdenes de las estructuras musculoesqueléticas en adultos que ocasionan trastornos temporomandibulares	5-13
Método de valoración infantil en trastornos de la marcha que evidencia la basculación de la palanca de interapoyo articular y modificación del equilibrio motor ante esfuerzo muscular al potenciar la efectividad del tren inferior	14-20
Programa de Diseño de Dispositivos para Alertar de la Incidencia de Niveles Altos de Radiación Ultravioleta Solar en Áreas Públicas Expuestas al Aire Libre	21-25
<b>EJE TEMÁTICO: CIENCIAS COMPUTACIONALES, COMUNICACIONES Y FINANZAS (CCCF)</b>	
La brecha digital como obstáculo del desarrollo social y económico: Estudio de caso, la capital del estado de Veracruz	26-32
<b>EJE TEMÁTICO: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA (CI)</b>	
Modelado de un PVTOL con masa activa para generar un movimiento rotacional	33-39

*Formato para los Artículos del Simposio Iberoamericano  
Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías 2018*

## CSB-MEDING

R. A. García Juárez.<sup>1</sup>, I. Pérez Pamatz., S. Nicolas Maximo<sup>1</sup>, E. Ramirez Rodriguez<sup>1</sup>, A. E. Nicolas Maximo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Patzcuaro. Av. Tecnológico #1 Zurumutaro, Patzcuaro, Michoacán de Ocampo, México.

*Recibido: viernes 03 de agosto de 2018; Aceptado: Fecha de aceptación, para uso exclusivo para la Universidad Politécnica de Pachuca.*

### Resumen (CBS)

CSB-MEDING (Conjunto de Sensores Biomédicos) es un prototipo de un equipo médico, el cual plantea la unión de diferentes instrumentos para realizar diversas mediciones y obtener parámetros fisiológicos, entre los que se encuentran; la temperatura corporal, el registro gráfico de la actividad eléctrica muscular (electromiografía), y actividad eléctrica del corazón (electrocardiograma), además del registro de la frecuencia cardiaca (pulsioximetría), así como obtener gráficamente los sonidos cardiacos (Fonocardiograma).

El óptimo funcionamiento del prototipo está fundamentado en el uso de diversos instrumentos, tales como sensores, tarjetas de adquisición de datos, además de microcontroladores para un mejor funcionamiento del prototipo, además del diseño de una interfaz en el software LabVIEW™ para la visualización de las distintas bioseñales y/o gráficas; con la finalidad de captar y procesar los parámetros obtenidos ya mencionados.

CSB-MEDING resulta de mucha ayuda e importancia para el sector salud, esto gracias a su versatilidad para una mayor facilidad de transporte, adaptabilidad para el uso con baterías o CA lo que facilita el uso en zonas rurales y hospitales de primer nivel, clínicas e incluso su uso en el hogar para personas con dificultades de traslado hacia un centro de salud, etc.

*Palabras clave: CD, Fonocardiograma, Electrocardiograma, Electromiografía, Pulsioximetría.*

### Abstract (CBS)

CSB-MEDING is an instrument for medical application, which raises the union of different instruments to perform various measurements and obtain some of the physiological parameters, among which are; the measurement of body temperature, the graphic record of muscle activity (electromyography), the graphic record of the electrical activity of the heart (electrocardiogram), also a record for heart rate (pulse oximetry), in addition to showing a graph of sounds cardiac (phonocardiogram).

The above was achieved due to the use of different instruments in order to capture and process the parameters already mentioned, using sensors, data acquisition cards, as well as microprocessors for better equipment operation, LCD screens for viewing both the different graphs as to the temperature and heart rate parameters.

The graphs can be visualized with the characteristics of the different types of signals, in such a way that different details can be seen in the wave forms of the signals, whose purpose is that the doctor manages to carry out a diagnosis based on the results shown for the team.

CSB-MEDING proves to be a very helpful and important team for the health sector, thanks to its small size for greater ease of transport, adaptability for use with batteries or AC, which facilitates use in rural areas and first level hospitals, clinics and even its use at home for people with transfer difficulties, etc.

*Key words: CD, Phonocardiogram, Electrocardiogram, Electromyography, Pulsioximetry.*

### INTRODUCCIÓN

Estudios realizados por la secretaria de salud, revelan que nuestro país se encuentra entre los primeros lugares en los que existe mayor cantidad de población que presentan patologías cardiovasculares, que aunado a esto se presenta

con mayor índice en los menores de edad. (INEGI, 2017).

Estas enfermedades representan el 70 % del total de las patologías que se presentan en el país, que se derivan por diferentes situaciones como: diagnósticos tardíos o carencia de equipo

médico en hospitales o centros de salud, principalmente en zonas rurales. (Salud, 2017)

Las patologías musculares como atrofias, hipertrofias o desgarres, también son gran impacto en la salud de las personas, sin embargo, en las instituciones de salud de primer nivel, es común que no se cuenten con los aparatos o equipos médicos para realizar tales estudios, ya sea por el costo elevado de los equipos, el costo de los estudios, o bien el tiempo que demora la realización de todos los estudios (ECG, EMG, PCG, etc.).

#### **DESARROLLO INCLUYE: MATERIAL Y MÉTODOS.**

En el diseño y construcción del prototipo se emplearon diversos componentes y/o dispositivos electrónicos, seleccionados específicamente para el óptimo funcionamiento del mismo, de acuerdo a las características propias como equipo médico.

Así, el prototipo está conformado por los siguientes sistemas de adquisición de bioseñales:

**Módulo AD8232:** Este dispositivo electrónico fue incorporado al prototipo gracias a que sus características ayudan para obtener uno de los parámetros, contando con una gran importancia para aplicaciones biomédicas. Este módulo registra de manera gráfica la actividad eléctrica cardíaca, representando el complejo QRS, desplegando los valores de voltaje de la propia bioseñal, que son visualizados en una pantalla. El módulo consta de un amplificador operacional de instrumentación y filtros especialmente calibrados, lo que, en consecuencia ofrece una mejor adquisición de la señal. Además es compatible con cualquier microcontrolador.

**Módulo Sensor de Pulso:** Otro componente de suma relevancia es el sensor de pulso, cuya finalidad es determinar la frecuencia cardíaca. Esencialmente combina un sensor óptico para ritmo cardíaco con circuitos de amplificación y filtros para la cancelación de ruido, obteniendo lecturas de manera más rápida y con mayor facilidad (4). Cabe destacar que el dispositivo consume poca energía con sólo 4 mA a 5v.

**Módulo SHIELD-EKG-EMG:** Para las lecturas de las señales de los músculos, se recurrió a este

dispositivo electrónico. Esta tarjeta o módulo de control permite a la tarjeta Arduino capturar señales de dos tipos: electrocardiográficas o electromiográficas, aunque la finalidad es solo la obtención de las señales musculares. Esta tarjeta habilita las nuevas posibilidades de mediciones biomédicas. Se puede monitorear el corazón, reconocer gestos musculares, etc. Este módulo es alimentado con voltajes proporcionados por el microcontrolador, los cuales son muy pequeños: 3.3v y 5v.

**Sensor LM35:** En cuestión de la temperatura corporal, se tuvieron en cuenta diferentes tipos de sensores. Se eligió este sensor debido a que cuenta con una precisión calibrada de 1 °C y una precisión garantizada de 0.5 a 25 °C, su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C, la salida es lineal y cada grado equivale a 10 mv, la alimentación no requiere de voltajes superiores a 5v, además de corriente de alimentación aproximada de 60 µA.

**Microcontrolador:** Todos los módulos y sensores utilizados son controlados y alimentados por la placa Arduino Uno R3, que funge como el cerebro del prototipo, ya que de este depende en gran parte el buen funcionamiento del mismo.

Cada activación de los diferentes sensores, re relaciona directamente con este, ya que a partir de la señal que recibe, la interpretara para su visualización en una pantalla.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las bioseñales obtenidas de los sensores son mostradas mediante el software arduino leyendo el puerto serial del mismo, en donde cada una de estas es graficada en la relación: voltaje vs tiempo.

En el caso de la señal fonocardiográfica (Fig. 1) se muestra solo un pico que es constante en sus apariciones, dicho pico o valor más alto representa las dos señales acústicas del corazón por lo que se plantea aplicar un filtrado para eliminar las oscilaciones intermedias entre cada pico, logrando una mejora de la señal.

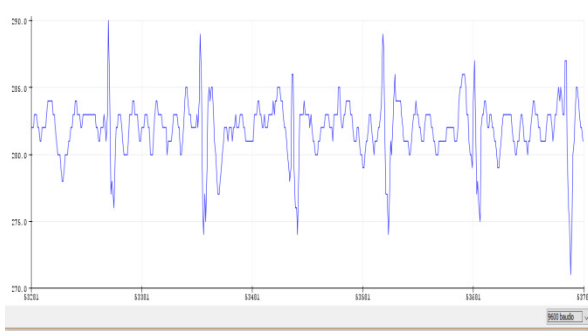


Fig. 1. Señal Fono cardiográfica. Esta señal de sonido, es registrada a causa del movimiento que ejerce el corazón, en los cuales se puede observar la frecuencia con que se registran, y así determinar el correcto funcionamiento.

La gráfica de pletismógrafo (Fig. 2) arroja las pulsaciones por minuto, es decir; el emisor envía luz infrarroja, la cual es absorbida y atenuada por la sangre que pasa por las venas y/o arterias, la luz atenuada es captada por el receptor, encargado de recibir la señal y por lo tanto captar las variaciones de la luz infrarroja, gracias esto se logran obtener los pulsos del corazón presentes, acaparando así otro parámetro que sirva para otorgar al médico una mejor herramienta, y por lo tanto se brinden mejores diagnósticos con la menor cantidad de recursos posibles.

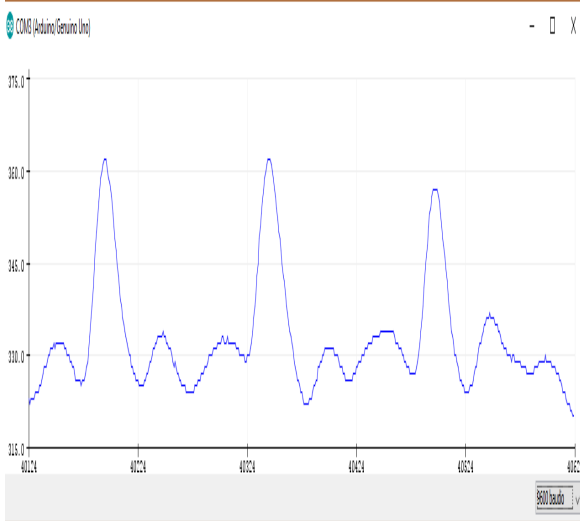


Fig. 2. Señal Pletismográfica. La señal del pulso puede visualizarse de mejor manera, ya que esta no presenta ruido que pudiese afectar su morfología, definiendo así, la frecuencia cardíaca.

En lo respecta a la señal electrocardiográfica (fig. 3), puede observarse las componentes correspondientes al complejo QRS, indicando la despolarización ventricular (contracción de los ventrículos). En la gráfica el complejo se logran observar la onda Q la cual debe ser la primera en presentarse, además de ser negativa. También Se logra observar la onda R, la cual debe ser positiva y presentarse después de la onda Q. La otra onda que se puede apreciar es la onda S, la cual es negativa y precedida de la onda R. Estos aspectos son principales en un estudio de este tipo, y que muestra la parte más relevante de toda la señal.

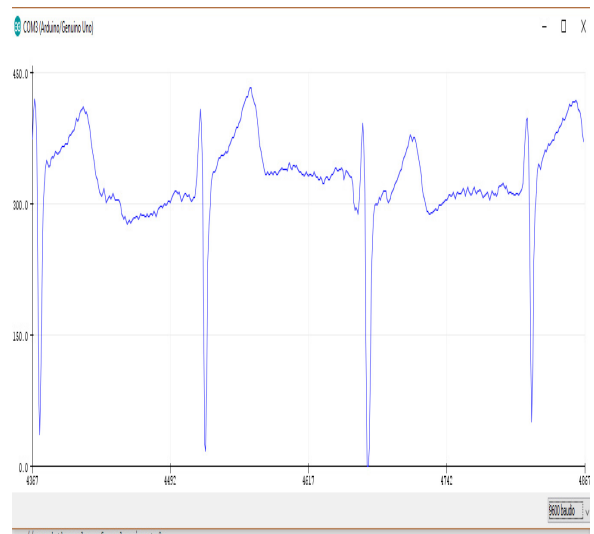


Fig. 3. Señal Electrocardiográfica. La señal del electrocardiograma, se muestra en el intervalo QRS, que por su morfología define las etapas de la despolarización ventricular (contracción ventricular).

### Abreviaciones y Acrónimos

C.A: Corriente alterna.

C.D: Corriente directa.

CSB-MEDING: Conjunto de Sensores Biomédicos.

ECV: Enfermedad Cardiovascular.

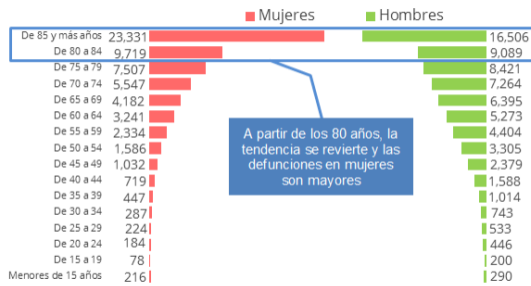
### CONCLUSIÓN

CSB-MEDING es un prototipo de equipo médico con una enorme aplicación dentro del área de la medicina, esto debido a los sistemas instrumentales de gran factibilidad con los que cuenta.

El prototipo está conformado por varios dispositivos e instrumentos electrónicos que conlleva a realizar diversos análisis para un mejor pre-diagnóstico, de manera que los estudios se realicen con más rapidez en comparación con los estudios realizados individualmente. Los parámetros que se pueden obtener van desde la obtención de algunos signos vitales como temperatura y frecuencia cardíaca, hasta bioseñales de mayor complejidad como pueden ser estudios ECG, EMG, entre otros.

- [4] Holmes S; SJ Peffers, 2009. PCRS-UK Opinion Sheet N° 28: Pulse Oximetry in Primary Care. [www.pcrs-uk.org](http://www.pcrs-uk.org).
- [5] Pablo F, Carlevaro Lía, 2014. El Electrocardiograma. Revista Uruguaya de Cardiología.Vol.29.
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Principales causas de mortalidad. [www.beta.inegi.org.mx/proyectos/registros/vitales/mortalidad](http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/registros/vitales/mortalidad)

## APÉNDICES



En la gráfica se muestra el índice de incidencia de muertes a causa de ECV. (INEGI, 2017)

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la institución por brindarnos el material que se requiere para las pruebas experimentales necesarias, así también se agradece el apoyo a los profesores que colaboraron para la realización del prototipo.

## REFERENCIAS

- [1] Vargas Amaral, F; Monte A, 2016. Fonocardiograma: Construcción y Evaluación. Educación Física y Ciencia. Vol. 18, n°1. pp. 3-6.
- [2] Arbeláez Salazar, O; Gómez Angarita, J, 2007. Electromiógrafo Con Procesado Digital de Señales para Captación de Señales Musculares. Revista Médica de Risaralda. Vol.13, n°1. pp. 3-7.
- [3] Organización Mundial de la Salud. 2017. Enfermedades Cardiovasculares: Factores de Riesgo; síntomas de Cardiopatía. [http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

# Revisión sistemática del tratamiento fisioterapéutico más utilizado en los últimos 8 años en desórdenes de las estructuras musculoesqueléticas en adultos que ocasionan trastornos temporomandibulares

O. Gómez- Cruz<sup>1</sup>, L. Subervier- Ortiz<sup>2</sup>, R.M. Chio-Austria<sup>3</sup>, I. Téllez-Arriaga<sup>4</sup>

<sup>1-3</sup> Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca- Cd Sahagún, km 20, Ex Hda. De Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México.

<sup>4</sup> Calle San Juan #102 Colonia Santiago Jaltepec, Mineral de la Reforma.

*Recibido: 20 de agosto de 2018; Aceptado: 14 de septiembre de 2018.*

## Resumen (CBS)

Analizar la diferente literatura científica sobre tratamientos fisioterapéuticos utilizados en los últimos ocho años para los trastornos musculoesqueléticos de la articulación temporomandibular (TTM) en los adultos para poder precisar cuál es el más utilizado y recomendado para su recuperación temprana. Se realizó la búsqueda en tres bases de datos a través de palabras clave obteniendo 8,687 resultados los cuales se analizaron que cumplieran con los criterios de inclusión para este trabajo quedando con solo 86, excluyendo otros 4, por lo cual finalmente se obtuvieron 30 estudios para esta revisión sistemática. De los 30 estudios analizados se encontró varios tipos de tratamiento para los trastornos temporomandibulares (TTM), tendiendo mayor aplicación los estiramientos, seguido del láser. La mayoría de estudios que mencionan a los estiramientos los combinan con alguna otra técnica o medio físico para la rehabilitación de los TTM. Son pocos los estudios que abordan como tema principal algún tratamiento o método fisioterapéutico, siendo los estiramientos la técnica fisioterapéutica que más se utiliza en los problemas musculoesqueléticos de los trastornos temporomandibulares.

*Palabras clave: Fisioterapia, trastorno temporomandibular, tratamiento temporomandibular, fisioterapia temporomandibular.*

## Abstract (CBS)

To analyze the different scientific literature on physiotherapeutic treatments used in the last eight years for musculoskeletal disorders of the temporomandibular joint (TMD) in adults to be able to specify which is the most used and recommended for early recovery. The search was carried out in three databases through keywords, obtaining 8,687 results which were analyzed to meet the inclusion criteria for this work, leaving only 86, excluding another 4, for which finally 30 studies were obtained for this systematic review. Of the 30 studies analyzed, several types of treatment for temporomandibular disorders (TMD) were found, with stretching being more applicable, followed by laser. Most studies that mention stretching combine them with some other technique or physical means for the rehabilitation of TMD. There are few studies that deal with any treatment or physiotherapeutic method as a main topic, stretching being the physiotherapeutic technique most commonly used in the musculoskeletal problems of temporomandibular disorders.

*Key words: Physiotherapy, temporomandibular disorder, temporomandibular treatment, temporomandibular physiotherapy.*

## INTRODUCCIÓN

Los trastornos temporomandibulares (TTM) son problemas muy frecuentes en la articulación temporomandibular, siendo uno de los problemas más comunes para la salud pública ya que es el principal causante del dolor orofacial (1), los síntomas son: *incapacidad de abrir la*

*boca, sonidos de crepitación, molestia en la zona o alrededor de ella que puede ser perceptible durante la palpación o a la hora de realizar movimiento* (2). El riesgo de realizar una cirugía se puede reducir mediante tratamientos conservadores, tratamiento farmacológico, dieta suave y por medio de Terapia Física (2).

Entre el 40-50% de la población en general presenta algún tipo de trastornos temporomandibulares. Un 70-75% de la población adulta tiene al menos un signo de disfunción temporomandibular y solo uno de cada cuatro personas esta consiente de padecer algún TTM (3).

La Terapia Física se ha utilizado durante varios años para tratar este tipo de problemas aplicando diferentes tratamientos por medio de agentes físicos (termoterapia, electroterapia, masoterapia, etc) o ejercicios. El tratamiento fisioterapéutico se encuentra dentro de los 10 tratamientos más comunes, su enfoque principal es disminuir el dolor en la zona de la articulación y otras áreas que se encuentren alrededor, lo que ayudará a que los músculos se relajen para posteriormente recuperar su movilidad normal (1). En la actualidad los tratamientos más empleados por parte de Terapia Física son estiramientos, en conjunto con el láser o movilizaciones, con anterioridad también se utilizaban este tipo de tratamientos, lo cual demuestra que no hay avances de gran relevancia en los tratamientos. Debido a las repercusiones negativas de la patología y el gran impacto que genera, el presente artículo pretende determinar cuál es el tratamiento que más se ha usado en los últimos 8 años.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó la búsqueda de estudios de 8 años atrás. Las bases de datos que se utilizaron fueron: *EBSCO*, *PEDro* y *Science Direct*. Se realizó a través de palabras clave: *trastorno temporomandibular, tratamiento temporomandibular, fisioterapia temporomandibular, fisioterapia ATM, temporomandibular disorder, temporomandibular treatment, temporomandibular physiotherapy y ATM physiotherapy*.

Obteniendo 8,687 resultados, la búsqueda se realizó de la siguiente manera: En *EBSCO* se obtuvieron en total 108 artículos como resultados, sólo 3 fueron útiles. En *PEDro* (*Physiotherapy Evidence Database*) se obtuvieron 249 artículos, solo 32 fueron útiles. En *Science Direct*, se obtuvieron 8,330 artículos, solo 38 artículos fueron útiles. Se obtuvo un total de 73 artículos útiles, sin embargo se eliminaron

12 los cuales estaban repetidos en las bases de datos *PEDro* (*Physiotherapy Evidence Database*) y *Science Direct* obteniendo un total de 61 artículos para analizar.

La selección de los artículos se realizó con base en los siguientes criterios:

### 1) *Inclusión:*

- Año de publicación de la bibliografía revisada de 2010 hasta la fecha.
- Artículos que correspondan a bases de datos y palabras clave de la búsqueda.
- Estudios que contengan el tratamiento fisioterapéutico para los TTM y que ayude a lograr los objetivos.
- Estudios que se hayan realizado en personas adultas.
- Bibliografía en idioma español e inglés.

### 2) *Exclusión:*

- Bibliografía anterior al año 2010.
- Estudios donde la muestra sean pacientes pediátricos.
- Artículos que no tengan fundamentos científicos y que no correspondan a la búsqueda.
- Artículos en otro idioma que no sea inglés o español.
- Bibliografía que no mencione el tratamiento fisioterapéutico.
- Revisiones sistemáticas.

Fueron excluidos 15 revisiones sistemáticas, 12 artículos que no mencionaron tratamientos de terapia física. Los 34 artículos restantes se analizaron, 4 no cumplieron con los criterios de la misma y por lo tanto no fueron tomados en cuenta. Por lo cual solo se obtuvieron 30 artículos que fueron de utilidad

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los trabajos de investigación incluidos hacen referencia a diferentes técnicas Fisioterapéuticas acompañadas de ejercicios de estiramiento. El trabajo de Santosh R Patil y Kaladhar R aileni (2017), en el cual su enfoque es el empleo de TENS acompañados de otros ejercicios y de estiramientos. En el trabajo de Krzysztof Gawriotek, et al (2015), su enfoque son los ejercicios de relajación pero en su tratamiento también incluyen estiramientos. En el trabajo de Aysenur Besler Tuncer, PT, Ph.D, et

al (2013), se usa terapia manual teniendo como objetivo la reducción postural y también incluye estiramientos para su tratamiento.

De los trabajos que se utilizaron sólo el de Washington Abboud, et al (2015), usa los estiramientos como único método fisioterapéutico para la recuperación de su población estudiada en el cual menciona que los estiramientos se realizan haciendo el movimiento deseado por cuenta del paciente manteniendo por algunos segundos, como es en la apertura de la boca que se abre y se mantiene así por 15 segundos en los cuales se pueden apoyar de sus propios dedos y así también en lo que es la lateralización y en la protrusión.

La utilización de diversas técnicas y tratamientos para los TTM es algo que la mayoría de los estudios coinciden, 13 estudios hicieron uso de los estiramientos, mayormente su uso fue para relajar la musculatura de la articulación temporomandibular en todos sus movimientos, los estiramientos los hicieron en su mayoría los

pacientes por su cuenta sin necesidad de apoyo de los terapeutas físicos. La función de los estiramientos es mantener la flexibilidad de la zona, la amplitud del movimiento o el movimiento que presenta una articulación o un grupo de articulaciones. Por lo cual es importante tener esta flexibilidad en esta zona la cual se encarga de llevar a cabo el proceso de masticación y ayuda a la fonación. Los músculos que pertenecen a la ATM son muy susceptibles al estrés por lo cual se contracturan con bastante facilidad causando dolor en la zona o en su alrededor por lo cual son empleados los estiramientos para su rehabilitación, los cuales ayudan a relajar los músculos involucrados y por consecuencia a disminuir el dolor.

## Figuras y Tablas



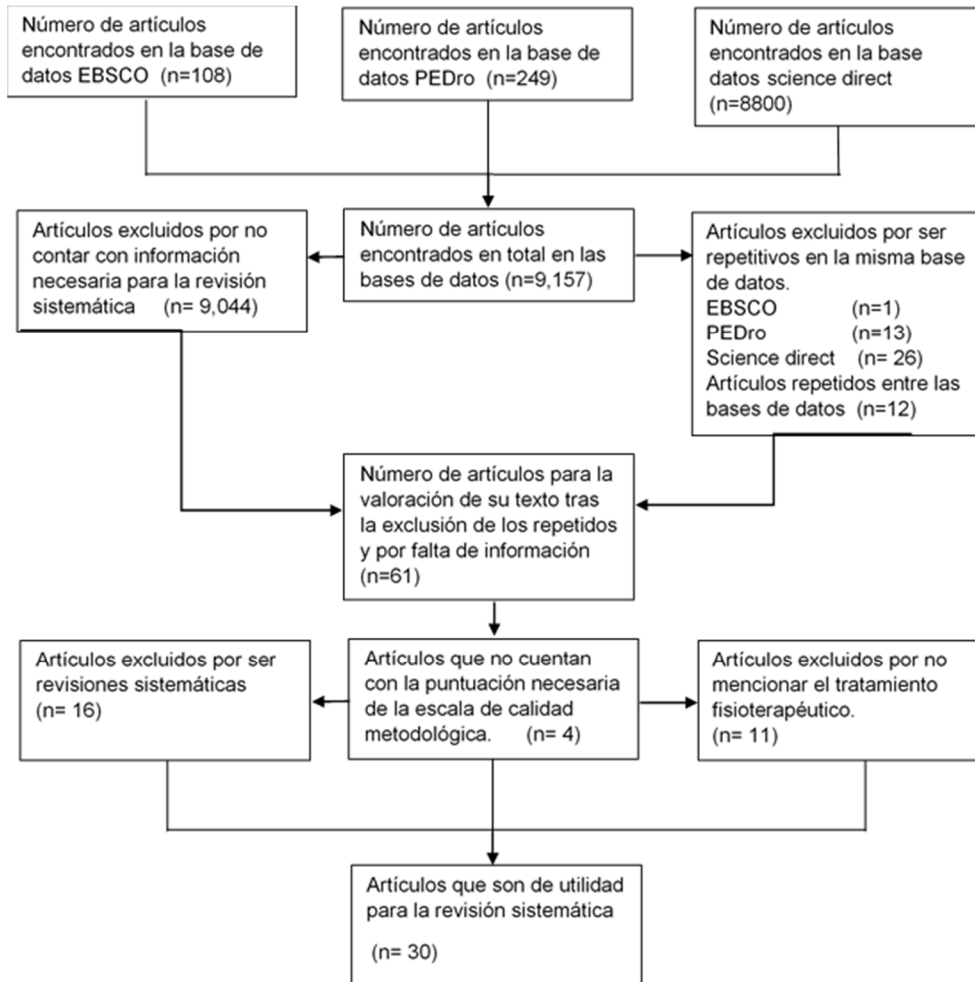


Figura 1 Extracción de datos

Tabla 1. Estrategia de búsqueda.

Base de datos	Tema principal	Palabra clave
EBSCO	Tratamiento fisioterapéutico en desordenes estructurales musculoesqueléticos en adultos causantes de trastornos temporomandibulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trastorno temporomandibular</li> <li>• Tratamiento temporomandibular</li> <li>• Fisioterapia temporomandibular</li> <li>• Fisioterapia ATM</li> <li>• Temporomandibular disorder</li> <li>• Temporomandibular treatment</li> <li>• Temporomandibular physiotherapy</li> <li>• ATM physiotherapy</li> </ul>
PEDro (Physiotherapy Evidence Database)		
Science Direct		

Tabla 2. Búsqueda de la bibliografía en las bases de datos

Palabras clave	Base de datos			Base de datos		
	EBSCO	PEDro	Science Direct	EBSCO	PEDro	Science Direct
	Artículos encontrados			Artículos utilizados		
Trastorno temporomandibular	14	0	1	0	0	1
Tratamiento temporomandibular	1	0	1	0	0	0
Fisioterapia temporomandibular	6	3	1	0	0	0
Fisioterapia ATM	2	0	1	0	0	0
Temporomandibular disorder	73	59	3311	2	13	19
Temporomandibular treatment	7	182	4493	1	19	11
Temporomandibular physiotherapy	4	1	486	0	1	5
ATM physiotherapy	1	4	36	0	0	2
Artículos repetidos entre bases de datos				12		
TOTAL	8687			86		

Tabla 3. Tratamientos mencionados en los artículos

Auto(es)	Láser	TENS	Ultrasonido	Ejercicios								Estriramientos	Masaje	Movilización pasiva	Tracción	Termoterapia	Presión digital	Punto gatillo	Manipulación torácica superior	Técnicas neuromusculares
				Activos	Pasivos	Isométricos	Isotónicos	De resistencia	De estiramiento	De relajación	De corrección de postura									
S.Sattayut et al. (5).	x																			
SANTOS H et al. (6).		x		x	x	x		x	x											
Da Silva et al. (7).					x															
Youngsook, Yongnam (8).				x					x											
Burcu Bas et al. (9).				x				x	x	x	x	x			x					
Giaretta De et al. (10)	x																			
Chacón et al. (11)	x																			
Taddeo et al. (4).	x		x			x	x	x				x	x			x				
Rezazadeh et al. (12)	x	x																		
Yoshida et al. (13).				x	x															
Guarda-Nardini et al. (14)																	x			
Haketa et al. (15)				x	x							x								
Von Piekartz et al. (16)				x	x						x	x						x		
Metro et al. (17)			x	x	x	x		x	x											
Kalamir et al. (18)									x	x										
Tuncer et al. (19)								x	x	x	x									
Kraaijenka et al. (20)	x								X			x		x						

De Santana et al. (21)	x																		
Machado et al. (22)	x																		
Marini et al. (23)	x																		
Nascimento et al. (24)										x	x	x	x						
Packer et al. (25)																			x
Rodríguez-blanco et al. (26)											x								x
Abboud et al. (27).											x								
Mónaco et al. (28)		x																	
Ko et al. (29)									x										x
Giro et al. (30)								x			x	x	x						x
Gawriotek et al. (31)									x			x							
Grootel et al. (32)				x								x	x						
Cuccia et al. (33)		x								x									x

## CONCLUSIÓN

Se encontraron 8,687 trabajos publicados, sin embargo, el tratamiento fisioterapéutico para los trastornos temporomandibulares es el que se opta como segunda opción, fueron 16 los trabajos encontrados donde el tema principal fue una técnica o un método de Fisioterapia para el tratamiento de este problema.

El fisioterapeuta juega un papel muy importante para la recuperación de los pacientes con trastornos temporomandibulares ya que cuenta con muchos tratamientos para darle solución al trastorno, sin embargo falta más investigación sobre técnicas específicas o utilizadas de manera aislada que se pudieran emplear con más frecuencia, pudiendo evitar el uso de fármacos o de algún método invasivo.

Con base en la información recolectada se puede concluir que los estiramientos son la técnica fisioterapéutica que más se utiliza en los

programas de terapia física en los problemas musculoesqueléticos de los trastornos temporomandibulares acompañados en su mayoría de alguna otra técnica o medio físico, seguido de láser y ejercicios activo-pasivos.

## REFERENCIAS

1. Armijo-Olivo S, Pitance L, Singh V, Neto F, Thie N, Michelotti A. Effectiveness of Manual Therapy and Therapeutic Exercise for Temporomandibular Disorders: Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther* [Internet]. 2016;96(1):9–25. Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article-lookup/doi/10.2522/ptj.20140548>
2. Chang WD, Lee CL, Lin HY, Hsu YC, Wang CJ, Lai PT. A Meta-analysis of Clinical Effects of Low-level Laser Therapy on Temporomandibular Joint Pain. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2014;26(8):1297–300. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25202201>
3. Olivares HG, Saucedo \* Francisco López, Novall AP. Prevalencia de disfunción de la articulación

- temporomandibular en médicos residentes del Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional «La Raza». 2016;20:8-12.
4. Mariana D, Taddeo M, Alba IV. Efecto de la psicoterapia combinada con tratamiento conservador en pacientes con trastornos temporomandibulares musculares. 2011;44(4):122-7.
  5. Bradley P, Kaen K. ORIGINALES Un estudio de la influencia de bajo TERAPIA intensidad del láser sobre los pacientes con trastorno temporomandibular PAINFUL. 2012;183-92.
  6. Patil SR, Aileni KR. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation versus home exercise programme in management of temporomandibular joint disorder. J Clin Diagnostic Res. 2017;11(12):ZC19-ZC22.
  7. da Silva PA, Lopes MT de FF, Freire FS. A prospective study of 138 arthroscopies of the temporomandibular joint. Braz J Otorhinolaryngol [Internet]. 2015;81(4):352-7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.08.021>
  8. Bae Y, Park Y. The Effect of Relaxation Exercises for the Masticator Muscles on Temporomandibular Joint Dysfunction (TMD). J Phys Ther Sci [Internet]. 2013;25(5):583-6. Available from: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/jpts/25.583?lan g=en&from=CrossRef&type=abstract>
  9. Bas B, Kazan D, Kutuk N, Gurbanov V. The Effect of Exercise on Range of Movement and Pain After Temporomandibular Joint Arthrocentesis. J Oral Maxillofac Surg [Internet]. 2018; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.01.003>
  10. De Carli BMG, Magro AKD, Souza-Silva BN, Matos F de S, De Carli JP, Paranhos LR, et al. The effect of laser and botulinum toxin in the treatment of myofascial pain and mouth opening: A randomized clinical trial. J Photochem Photobiol B Biol [Internet]. 2016;159:120-3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.03.038>
  11. Arenado YM, Tito MA. Efectividad de láser en el tratamiento de pacientes con síndrome dolor disfunción de la articulación temporomandibular. 2017;96(1):29-38.
  12. Rezazadeh F, Hajian K, Shahidi S, Piroozi S. Comparison of the Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Low-Level Laser Therapy on Drug-Resistant Temporomandibular Disorders. J Dent (Shiraz, Iran) [Internet]. 2017;18(3):187-92. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5634358/pdf/JDS-18-187.pdf>
  13. Yoshida H, Sakata T, Hayashi T, Shirao K, Oshiro N, Morita S. Evaluation of mandibular condylar movement exercise for patients with internal derangement of the temporomandibular joint on initial presentation. Br J Oral Maxillofac Surg. 2011;49(4):310-3.
  14. Guarda-Nardini L, Stecco A, Stecco C, Masiero S, Manfredini D. Myofascial pain of the jaw muscles: Comparison of short-term effectiveness of botulinum toxin injections and Fascial Manipulation technique. Cranio - J Craniomandib Pract. 2012;30(2):95-102.
  15. T. Haketa, K. Kino, M. Sugisaki MT y TO. Ensayo clínico aleatorizado de tratamiento de la ATM disco Desplazamiento. 1983; Available from: <http://jdr.sagepub.com/content/89/11/1259%0AAL>
  16. Harry von Piekartz, M.Sc., PT KL. Efecto del tratamiento de los trastornos temporomandibulares (TTM) en pacientes con cefalea cervicogénica: un estudio doble ciego, estudio controlado aleatorio. 2005;43-56.
  17. El JP, Metro T, S Ü, Yo K, Elma S, Etisgin Y. Artículo original Eficacia de un programa de ejercicios domiciliarios en combinación con terapia de ultrasonido para los trastornos de la articulación temporomandibular. 2014;1847-9.
  18. Kalamir A, Bonello R, Graham P, Vitiello AL, Pollard H. Intraoral myofascial therapy for chronic myogenous temporomandibular disorder: A randomized controlled trial. J Manipulative Physiol Ther [Internet]. 2012;35(1):26-37. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmpt.2011.09.004>
  19. Tuncer AB, Ergun N, Tuncer AH, Karahan S. Effectiveness of manual therapy and home physical therapy in patients with temporomandibular disorders: A randomized controlled trial. J Bodyw Mov Ther [Internet]. 2013;17(3):302-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2012.10.006>
  20. Kraaijenga S, van Der Molen L, van Tinteren H, Hilgers F, Smeele L. Treatment of myogenic temporomandibular disorder: A prospective randomized clinical trial, comparing a mechanical stretching device (TheraBite®) with standard physical therapy exercise. Cranio - J Craniomandib Pract. 2014;32(3):208-16.
  21. De Santana Santos T, Piva MR, Ribeiro MH, Antunes AA, Melo AR, Dias De Oliveira E Silva E.

- Lasertherapy efficacy in temporomandibular disorders: Control study. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010;76(3):294-9.
22. Machado BCZ, Mazzetto MO, Da Silva MAMR, de Felício CM. Effects of oral motor exercises and laser therapy on chronic temporomandibular disorders: a randomized study with follow-up. *Lasers Med Sci* [Internet]. 2016;31(5):945-54. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10103-016-1935-6>
23. Marini I, Gatto MR, Bonetti GA. Effects of Superpulsed Low-level Laser Therapy on Temporomandibular Joint Pain. *Clin J Pain* [Internet]. 2010;26(7):611-6. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00002508-201009000-00009>
24. Nascimento MM, Vasconcelos BC, Porto GG, Ferdinanda G, Nogueira CM, Raimundo R de C. Physical therapy and anesthetic blockage for treating temporomandibular disorders: A clinical trial. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013;18(1):81-5.
25. Packer AC, Pires PF, Dibai-Filho AV, Rodrigues-Bigaton D. Effects of Upper Thoracic Manipulation on Pressure Pain Sensitivity in Women with Temporomandibular Disorder. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2014;93(2):160-8. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00002060-201402000-00007>
26. Rodríguez-blanco C, Cocera-morata FM, Heredia-rizo AM, Ricard F. Efectos inmediatos de la combinación de técnicas locales en el músculo. 2015;1-9.
27. Abboud WA, Yarom N, Cirugía D De, Medical S, Aviv UDT. Comparación de dos fisioterapia programas de rehabilitación después de la artroscopia de la articulación temporomandibular. 2017;1-7.
28. Monaco A, Sgolastra F, Ciarrocchi I, Cattaneo R. Effects of transcutaneous electrical nervous stimulation on electromyographic and kinesiographic activity of patients with temporomandibular disorders: A placebo-controlled study. *J Electromyogr Kinesiol* [Internet]. 2012;22(3):463-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.12.008>
29. Ko EWC, Teng TTY, Huang CS, Chen YR. The effect of early physiotherapy on the recovery of mandibular function after orthognathic surgery for class III correction. Part II: Electromyographic activity of masticatory muscles. *J Cranio-Maxillofacial Surg* [Internet]. 2015;43(1):138-43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcms.2014.10.028>
30. Giro G, Policastro VB, Scavassin PM, Leite ARP, Mendoza Marin DO, Gonçalves DA de G, et al. Mandibular kinesiographic pattern of women with chronic TMD after management with educational and self-care therapies: A double-blind, randomized clinical trial. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2016;116(5):749-55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.03.021>
31. Gawriolek K, Azer SS, Gawriolek M, Piotrowski PR. Mandibular function after Myorelaxation Therapy in temporomandibular disorders. *Adv Med Sci* [Internet]. 2015;60(1):6-12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.advms.2014.05.002>
32. Van Grootel RJ, Buchner R, Wismeijer D, Van Der Glas HW. Towards an optimal therapy strategy for myogenous TMD, physiotherapy compared with occlusal splint therapy in an RCT with therapy-and-patient-specific treatment durations. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):1-17.
33. Cuccia AM, Caradonna C, Annunziata V, Caradonna D. Osteopathic manual therapy versus conventional conservative therapy in the treatment of temporomandibular disorders: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. 2010;14(2):179-84. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.002>
34. Cascaes F, Angélica TB, Arancibia V, Iop R, Jose P, Filho BG, et al. *Revista Cubana de Información en Ciencias de scientific studies.* 2016;24(2013):1-21.
35. D CM, G MV. ¿Cuál es la calidad metodológica de los artículos referentes a terapia publicados en la Revista Chilena de Cirugía? 2005;79(2):95-100.

# Método de valoración infantil en trastornos de la marcha que evidencia la basculación de la palanca de interapoyo articular y modificación del equilibrio motor ante esfuerzo muscular al potenciar la efectividad del tren inferior

Cortés-Márquez<sup>1</sup>, Cerón-Hernández<sup>1\*</sup>, Subervier-Ortiz<sup>1</sup>, Ahumada-Medina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>P.E. Lic. en Terapia Física, Universidad Politécnica de Pachuca, Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, km.20, Ex-Hacienda de Santa Bárbara, Zempoala, Hidalgo, México. CP. 43830. Tel. 01(771)5477 510, ext. 2364, e-mail: kristalcortes@upp.edu.mx; Egredado de la Lic. en Terapia Física, Universidad Politécnica de Pachuca, Tel. 7731253769, \*citación email: eduardoceron\_h@hotmail.com

Recibido: 21 de agosto de 2018; Aceptado: 14 de septiembre de 2018.

## Resumen (CBS)

El tipo de desequilibrio gravitacional que origina disminución de la habilidad equilibrio motor constituye una afectación en niños con alteraciones patológicas de la marcha por el abuso de la palanca de interapoyo biomecánica durante procesos de potenciación muscular en rehabilitación física del tren inferior. El presente trabajo propone un método cuantitativo para demostrar que los procesos de rehabilitación con fin de aumentar la efectividad de potencia muscular del tren inferior en niños que modifican el equilibrio motor favoreciendo el desequilibrio de la palanca de interapoyo gravitacional de las articulaciones de rodillas. La muestra fue integrada por 15 pacientes infantiles con alteraciones de la marcha de 2 a 5 años de edad en procesos de rehabilitación física cuyo fin es el aumento de la efectividad de la potencia muscular del tren inferior, en un método analítico, cuasi- experimental; longitudinal. Se desarrolla un método para saber el tiempo de respuesta, tiempo y adaptación motriz-articular en rodillas con resultado que derivó en la pérdida y disminución del tiempo de reacción del equilibrio motor. Se concluye que es preciso restablecer el equilibrio articular a través del sistema de palanca de interapoyo y omitir forzar al niño a generar un esfuerzo físico que implique potenciación de la musculatura del tren inferior.

*Palabras clave: Equilibrio, Palanca, Potencia, Resistencia, Tren inferior.*

## Abstract (CBS)

The type of gravitational imbalance that causes decrease in ability motor equilibrium constitutes an affectation in children with pathological alterations of gait for the abuse of the lever of biomechanical interapoyo during muscular patencing processes in physical rehabilitation of the lower train. The present work create a quantitative method aims for demonstrate that the rehabilitation processes with end of to increase effectiveness of muscle potency of the lower train in children modify the motor equilibrium favoring the imbalance of the the interapoyo gravitational of the joints of the knees. The sample was composed of 15 children with pathological alterations of gait of from 2 to 5 years old in physical rehabilitation processes in order to increase effectiveness the muscular potency of the lower train in an analytical method quasi-experimental, longitudinal. a method is created to know the time of response motorboat and articulate of knees result what derive in the loss and decrease of time motor equilibrium. It is concluded that it is necessary to establish joint equilibrium through the system of lever of interapoyo and omit forcing the child to generate a physical effort that implies increase the effectiveness of the potency lower train musculature.

## INTRODUCCIÓN

Con base al sistema de palanca de interapoyo articular de las rodillas se plantea que, el esfuerzo del punto de potencia (PP) muscular de miembros inferiores condiciona un desequilibrio gravitacional articular, modificando la habilidad de equilibrio motor (EM) de rodillas. El diseño del trabajo es la creación de un método valorativo cuantitativo

del EM del tren inferior (TI) y confirmación de pérdida y disminución de EM al generar una basculación de la palanca de interapoyo por aumento de la efectividad de potencia muscular del TI favoreciendo elasticidad en los tendones del PP en infantes con alteraciones de la marcha en edad de 2 a 5 años.

Al someter a trabajo el PP muscular con estiramientos pasivos y ejercicios dinámicos,

se valora el equilibrio y tiempo de reacción de la habilidad motora.

### **DESARROLLO: justificación, material y métodos, resultados.**

El trabajo muscular en niños de 2 a 5 años de edad con alteraciones patológicas de la marcha en atención de rehabilitación física con fin de aumentar la efectividad muscular del TI, que dada la evidencia biomecánica condiciona un imperativo de desequilibrio vascular en la palanca de interapoyo articular de la rodilla.

Por ello se plantea el diseño valorativo con fundamento a la interrogante de que la potencia muscular de miembros inferiores predispone a modificar la habilidad EM en edad infantil.

#### **Justificación.**

En la palanca de interapoyo articular de la rodilla se sitúa el punto de apoyo (PA) en los cóndilos medial y lateral del fémur, así como el punto de resistencia (PR) que se lleva a cabo al ejercer el peso del cuerpo contra el centro de gravedad articular de la rodilla (CGAR) cual se localizara cerca del surco patelofemoral. El PR anatómicamente representa el ligamento cruzado anterior y ligamento cruzado posterior. El PP se constituye por la potencia del paquete muscular de cuádriceps a través del tendón rotuliano (ver fig. 1).

Dicha condición de equilibrio es entendida como una modificación que explica A.I kapandji a través del equilibrio de la cabeza sobre el raquis cervical.

La rodilla está en equilibrio gravitacional cuando está en una flexión de 5° en periodo de soporte de carga para efecto de amortiguación, por tal podemos encontrar dos planos en la articulación; el plano patelo-femoral (PPF) representado por el eje vertical del fémur y la posición del plano condilar (PC) que pasa por el borde superior de los cóndilos

femorales y patela (ver fig. 2) que determina al CGAR en una situación posterior.

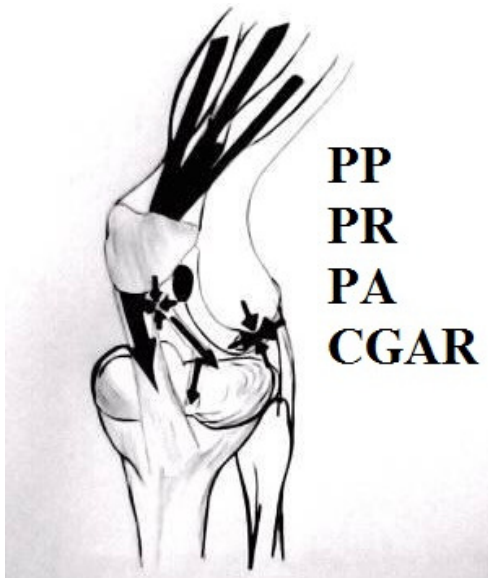
por tanto explica la relativa potencia de los músculos extensores de la articulación que lucharan contra la gravedad mientras los flexores asisten esta condición, lo cual denota el permanente tono muscular de cuádriceps que se opone a la caída de la rodilla hacia atrás, situación que concilia el imperativo del poco acoplamiento de las superficies articulares garantizando una buena movilidad y compresión articular exponiéndola a inestabilidad del PR que causa la basculación de la palanca de interapoyo articular precedida de la pérdida y modificación de la habilidad EM por aumento de la efectividad mediante ejercicios de potencia muscular del PP.

El entrenamiento del PP muscular en niños casi sin excepción destaca por una mayor potencia natural del TI y su musculatura funcional, respecto a músculos de sostén de tronco, cadera y cintura escapular, aparentemente por su esfuerzo diario.

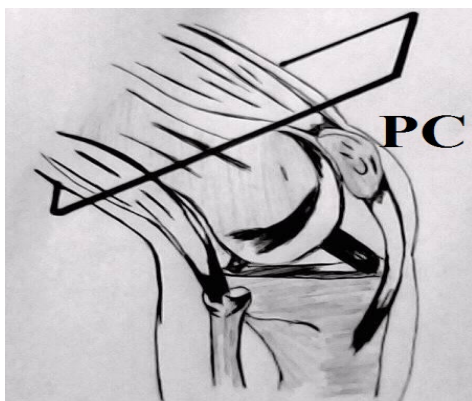
Esto afirma que el incremento de potencia en niños será mínimo logrando solo la adaptación longitudinal de las fibras musculares multiplicando los sarcomeros pero con un mínimo incremento de potencia motriz del TI alargando los tendones.

En edad infantil no importa la intensidad del esfuerzo sino el tipo de ejercicios de esfuerzo; estos deben ser dinámicos al combinar el componente elástico siguiendo el fundamento de desarrollo muscular activo para fomentar la capacidad contráctil muscular del niño.





**Fig. 1.** Palanca de interapoyo articular de la rodilla. (Note la situación posterior del centro de gravedad de la rodilla).



**Fig. 2.** Plano Patelo-femoral (PPF), Plano Condilar (PC).

## Material y métodos.

Al generar el método cuantitativo de evaluación se encontró la disyuntiva no practica e inexistente de apreciación y medición de la habilidad objeto de estudio, debido a lo señalado se creó 3 instrumentos de evaluación que miden: respuesta motriz, tiempo de reacción y de adaptación (ver tabla 1).

Se determina el estudio, niños de 2 a 5 años de edad en procesos de rehabilitación física que presentan alteraciones de la marcha y llevan tratamiento de rehabilitación física con fin de aumentar la efectividad muscular de miembros inferiores.

El estudio fue desde la globalidad hasta la especificidad: el universo de estudio fueron 70 pacientes infantiles que se encuentran en procesos de rehabilitación física muscular de cuádriceps, isquiotibiales y musculatura glútea.

Se tomaron en cuenta todos aquellos con alteraciones patológicas de la marcha, trabajo de potenciación muscular previo al estudio, infantes de 2 a 5 años de edad. La muestra quedo integrada por 15 infantes; 10 del género femenino y 5 del género masculino. Dichos niños tienen 9 diferentes diagnósticos clínicos valorados previos al estudio, pero con diagnostico secundario de alteraciones de la marcha.

El trabajo integra 1 sesión en circuito de ejercicios musculares dinámicos activos y estiramientos pasivos siguiendo el fundamento de desarrollo de potencia muscular del TI, al inicio y fin del ciclo de ejercicios - estiramientos se valoró el EM.

Para desarrollar el método cuantitativo de valoración se consideró la propiocepción articular de cadera, rodilla y tobillo esto mediante el uso de un balón de acondicionamiento físico tipo Bobath de 55 cm de altura y circunferencia de 173 cm; sobre el cual se coloca al niño sin apoyo gravitacional de articulaciones del cuerpo en

bipedestación, con sostén en su eje de circunferencia por parte del evaluador.

En cuanto al trabajo muscular los ejercicios dinámicos y estiramientos pasivos se integra en circuito de estiramientos para músculos isquiotibiales, glúteos y cuádriceps paquetes musculares de mayor potencia del TI uso de tres tipos de ejercicios dinámicos.

Los ejercicios dinámicos que se utilizaron fueron: de resistencia con uso de banda

elástica de 48 cm de circunferencia, 5 cm de ancho y una elasticidad a 100 cm, ejercicios pliométricos al utilizar una caja de 15 cm de altura, 180 cm de largo y 100 cm de ancho, ejercicios de autocarga (ver tabla 2).

La recolección de datos generales (ver tabla 3) nos permitió realizar graficas de la tasa de habilidad motriz de la valoración inicial y valoración final, así como de parámetros de disminución de respuesta del EM final (ver gráfica 1).

Tabla 1. Evaluación de respuesta motriz, tiempo de reacción y tiempo de adaptación motriz.

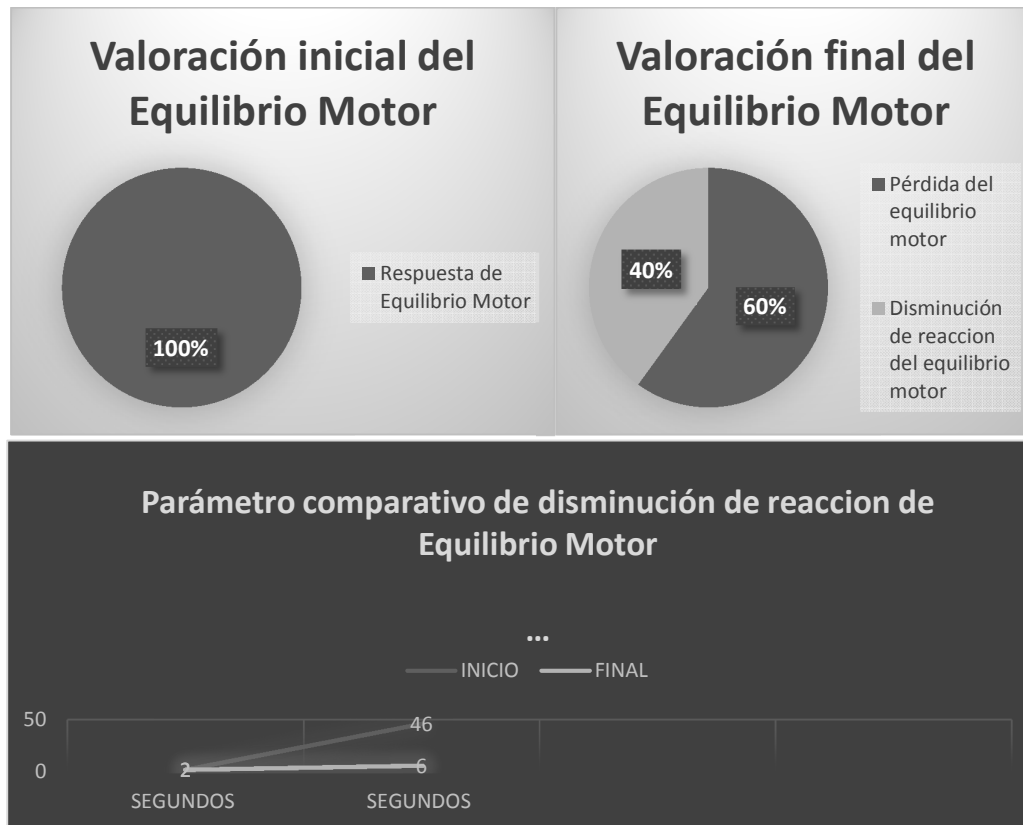
Valoración de la habilidad equilibrio motor		
Respuesta motriz - valoración inicial -	Tiempo de reacción - valoración inicial y final -	Adaptación del equilibrio
<b>(+)</b> : Existe reacción de equilibrio sin compensaciones articulares o musculares de miembros pélvicos.	<b>(S)</b> : Tiempo en segundos de reacción de equilibrio motor en bipedestación sobre balón tipo Bobath.	<b>(°)</b> : Se realiza adaptación al instante con mínimo esfuerzo.
<b>(-)</b> : No existe reacción de equilibrio se observan compensaciones articulares o musculares de miembros pélvicos.	<b>(*)</b> : No se realizó conteo de tiempo de reacción del equilibrio motor.	<b>(⊖)</b> : La adaptación se realiza con esfuerzo.
<b>(^)</b> : No se realizó la valoración.	<b>(s*)</b> : Se efectuó conteo en segundos, re reacción de equilibrio motor en bipedestación sin utilización del balón de acondicionamiento Bobath.	<b>(i)</b> : La adaptación no se realiza y el niño tiende a caer del balón.

Tabla 2. Circuito de trabajo muscular del tren inferior.

Desarrollo de la potencia muscular en los niños	
Estiramientos	Ejercicios dinámicos
1. Estiramiento pasivo de isquiotibiales 30 s 1 repetición bilateral	2. Ejercicio de resistencia-abducciones 6 repeticiones 4 series
3. Estiramiento pasivo de glúteos 30 s 1 repetición bilateral	4. Ejercicio pliométricos - saltos 6 repeticiones 4 series
5. Estiramiento pasivo de cuádriceps 30 s 1 repetición bilateral	6. Ejercicio de autocarga-sentadillas frontales. 6 repeticiones 4 series

Tabla 3. Recolección de datos generales.

<i>Valoración de la habilidad de equilibrio motor</i>									
+ POSITIVO					-NEGATIVO				
VALORACIÓN INICIAL					VALORACIÓN FINAL				
Numero de paciente asignado por edad.	Genero	Edad (En años)	Diagnóstico clínico diferencial previo al estudio (con alteración de la marcha)	Habilidad de equilibrio motor	Tiempo en segundos de reacción del equilibrio motor	Adaptación del equilibrio	Habilidad de equilibrio motor	Tiempo en segundos de reacción del equilibrio motor	Adaptación del equilibrio
1	Masculino	2	Sin alteración	+	20S	°	+	3S	~
2	Masculino	2	Prematuro	+	2S	°	-	0S	i
3	Masculino	3	Déficit de atención e hiperactividad	+	7S	°	-	0S	i
4	Femenino	3	Crisis epilépticas tónico-clónica.	+	4S	°	-	0S	i
5	Femenino	3	Agnesia del cuerpo calloso	+	5S	°	-	0S	i
6	Femenino	3	Síndrome dismórfico	+	6S	°	-	0S	i
7	Femenino	3	Prematuro	+	3S	°	+	2S*	°
8	Femenino	8	Prematuro	+	7S	°	+	6S	
9	Femenino	3	Prematuro	+	46S	°	-	0S	i
10	Femenino	3	Déficit de atención e hiperactividad	+	16S	°	-	0S	i
11	Masculino	3	Hipotiroidismo	+	3S	~	+	2S	~
12	Femenino	4	Alteración motora de origen central	+	4S	°	+	3S	~
13	Femenino	4	Retraso motor en el desarrollo	+	15S	°	-	0S	i
14	Masculino	4	Prematuro	+	4S	~	-	0S	i
15	Femenino	5	Crisis epilépticas	+	9S	°	+	2S	°



Gráfica 1. Taza de habilidad motriz de la valoración inicial, valoración final & parámetros de disminución de respuesta del EM final.

### Resultados.

La valoración inicial previo al circuito de trabajo muscular arroja una tasa del 100% de la habilidad motriz y una valoración final posterior al termino del trabajo muscular deriva la confirmación de pérdida total del EM en 60% de la población de estudio y una disminución del tiempo de reacción en 40% de la población con parámetro comparativo de 2-46s previo al trabajo muscular y 2-6s posterior al trabajo muscular al potenciar la musculatura del TI.

### CONCLUSIÓN.

El método de valoración puede ser empleado en población infantil que se encuentre en procesos de rehabilitación física que presentan alteraciones de la marcha y se potencia la musculatura del TI, al existir una desigualdad de la carga en el PA se debe dar

vigilancia de las desviaciones laterales de los niños pequeños, esto obedece que la articulación de la rodilla no es rectilínea presentando un ángulo Q.

El cual es más evidente y de mayor amplitud en niños pero que disminuye durante el crecimiento al generar un genuvalgum fisiológico.

Esto sugiere que la intervención para establecer el equilibrio articular de rodillas a través del sistema de palanca de interapoyo será mediante el uso de ejercicio propioceptivo favoreciendo el EM y no de potenciación muscular debido que el niño forzaré y basculará la palanca de interapoyo articular ante un esfuerzo muscular al potenciar la efectividad del TI.

## **AGRADECIMIENTO.**

A Elizabeth López Islas por sus aportaciones en el diseño del trabajo.

## **REFERENCIAS.**

A.I. Kapandji fisiología articular. (2012). Tomo 2,3. 6ª edición. Panamericana. pp 68-155. pp 237.

Thibodeau GA. (2000). Anatomía y fisiología. 4ª Ed. Harcourt. Madrid.

Bové Toní. (2003). El cuidado deportivo. EL SEVIER. España. pp 31-36.

Corpas Rivera. (1992). Capacidades físicas básicas, su evolución y factores de desarrollo. Archidona. Aljibe. pp 99-113.

Ehlenz, Grosser, Zimmermann. (1994). Entrenamiento de la fuerza. 3ª Ed. Martinez Roca.

Vazquez Benible. (1989). La necesidad de la educación física escolar. Gymnos. pp 151-156.

Richard. Snell, MD, Phd. (2007). Neuroanatomía clínica. 6ª Ed. Panamericana. Madrid. España. pp 128-130.

Zajac FE. (1989). Muscle and tendon: properties models, scaling and application to biomechanics and motor control. Crit Rev. Biomed. pp 359-411.

Smith CV, Kearney, JN, Yung IS. (1996). mechanical properties of tendons, changes with stylization and preservation. J. Biomed. Engin. pp 56-61.

# Programa de Diseño de Dispositivos para Alertar de la Incidencia de Niveles Altos de Radiación Ultravioleta Solar en Áreas Públicas Expuestas al Aire Libre

A. Ahumada-Medina<sup>1</sup>, A., V. Vázquez-Chacón<sup>2</sup>, S. Cortés-Márquez<sup>3</sup>, R. Chio-Austria<sup>4</sup>, L. Subervier-Ortiz<sup>5</sup>, E. Sánchez Barrera<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Dirección de Investigación, Innovación y Posgrado/Tecnologías Intermedias. Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, Km 20.Rancho Luna. Ex hacienda de Santa Bárbara. Zempoala, Hidalgo. México. C. P. 43830. Tel. 771547 7510 ext. 2238, e-mail: ahumadamedina@upp.edu.mx

<sup>2, 3, 4, 5</sup>Licenciatura en Terapia Física. Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, Km 20. Rancho Luna. Ex hacienda de Santa Bárbara. Zempoala, Hidalgo. México. C. P. 43830.

*Recibido: 21 del agosto 2018; Aceptado: 14 de septiembre de 2018.*

## Resumen (CBS)

Por su latitud, la República Mexicana es una región que recibe una fuerte exposición a los rayos solares, particularmente de los meses de marzo a octubre, larga época en que el sol se traslada de los 23.7 grados de latitud sur alcanzando los rayos solares la mayor inclinación con respecto al territorio nacional e inicia su retorno hasta alcanzar los 23.7 grados sobre el trópico de capricornio que recorre el país y es cuando se alcanza el zenit y por tanto la mayor incidencia de luz solar sobre el país. El espectro de luz solar que se detecta sobre las latitudes de México además de la luz visible está compuesto por la radiación ultravioleta (UV).

De acuerdo a resultados reportados para América del Norte, el territorio nacional dada su localización en latitudes tropicales es susceptible de recibir durante los días soleados de marzo a octubre radiaciones que son señaladas como altas, muy altas y extremadamente altas por el Índice Ultravioleta Solar Mundial (IUV) determinado por la Organización Mundial de la Salud con potenciales de dañar la piel, y la vista humana.

Mediciones realizadas en la Universidad Politécnica de Pachuca (UPP) muestran que durante los meses de marzo a octubre se sobrepasen valores de 9 del IUV durante 207.7 días, siendo el valor de 9 el que se alcanza con más frecuencia con 94.2 días, motivo por el que se integró un equipo de trabajo que estudia las repercusiones de este fenómeno en la población, así como las posibles medidas preventivas en favor de la población humana.

*Palabras clave: Radiación Ultravioleta, Luz Ultravioleta, Cáncer y quemaduras piel por radiación UV.*

## Abstract (CBS)

Because of its latitude, the Mexican Republic is a region that receives a strong exposure to the sun's rays, particularly from the months of March to October, a long time when the sun moves from 23.7 degrees south latitude reaching the sun's rays the highest inclination with respect to the national territory and it begins its return until reaching the 23.7 degrees on the tropic of capricornio that crosses the country and is when the zenith is reached and therefore the greater incidence of solar light on the country. The spectrum of sunlight that is detected over the latitudes of Mexico in addition to visible light is composed of ultraviolet (UV) radiation.

According to results reported for North America, the national territory given its location in tropical latitudes is susceptible to receive during the sunny days of March to October radiations that are marked as high, very high and extremely high by the Global Solar Ultraviolet Index (IUV) determined by the World Health Organization with potential to damage the skin, and human sight.

Measurements made at the Polytechnic University of Pachuca (UPP) show that during the months of March to October values of 9 of the IUV are surpassed during 207.7 days, with the value of 9 being the most frequent with 94.2 days, reason by which a work team was integrated that studies the repercussions of this phenomenon in the population, as well as the possible preventive measures in favor of the human population.

*Key words: Ultraviolet radiation, ultraviolet light, cancer and skin burns by UV radiation.*

## INTRODUCCIÓN

La República Mexicana se localiza en el hemisferio norte entre las latitudes 14° 32' 27" y 32° 43' 06", siendo cruzado por la línea del Trópico de Cáncer desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico, situación que le permite recibir una fuerte insolación durante el año y particularmente desde el mes de marzo a octubre.

Al ser México un país con alta incidencia de energía solar en la mayor proporción su territorio le acarrea excelentes perspectivas desde una visión de aprovechamiento energético ya que por lo menos en la mitad de su territorio la insolación alcanza un promedio de 5.3 KWh por metro cuadrado al día [1], suficiente para satisfacer la necesidad de un hogar mexicano promedio. Sin embargo el enfoque del presente trabajo se orienta en el sentido del componente UV de la radiación solar que llega a ser extremadamente alto en el país.

La radiación ultravioleta (UV) forma parte del espectro electromagnético que llega a la tierra procedente del sol; algunos animales la detectan como luz visible, no así los humanos. Dentro del espectro visible se localiza por debajo de las longitudes de los colores azul y violeta. En relación a otras radiaciones del espectro visible las longitudes de onda UV, aun cuando tienen menor penetrancia que la luz visible, son capaces por el encuadre de su longitud de onda de causar daños a nivel de dermis y epidermis. [1]. En cuanto a sus longitudes de onda se encuentran entre los 400 nanómetros (nm) ( $4 \times 10^{-7}$ ) y los 15 nm ( $1,5 \times 10^{-8}$  m); no obstante son los rangos que van de los 100 nm a los 400 nm directamente relacionados con el presente estudio. A estos que se les clasifica en tres diferentes bandas: UVA (315–400 nm), UVB (280–315 nm) y UVC (100–280 nm). Estas tres bandas llegan a la atmósfera terrestre, pero gracias a la acción protectora del ozono localizado en la delicada capa de la ozonfera, se absorben las longitudes que pudieran ser biológicamente más peligrosas como la UVB y la UVC, alcanzando la superficie terrestre principalmente la UVA y una porción menor de UVB. Ver "tabla 1".

Particularmente es importante considerar que la radiación UV es capaz de ser absorbida

intensamente por los dobles enlaces conjugados de piridinas y piridiminas, ocasionando que las biomoléculas se vuelvan reactivas o ionizándolas, al grado que a la piel humana puede ocasionarle quemaduras o provocarle cáncer.

Tabla 1. Características de la radiación ultravioleta y luz visible

Tipo luz	Longitud de onda (nm)	% que llega a superficie terrestre	Nivel de penetrancia en piel	Nivel de penetrancia en vidrio	Eritrogenicidad*	Carcinogenicidad
UV C	200-290	0	Epidermis	-	+++	+++
UV B	290-320	1.7	Epidermis - dermis papilar	-	++	++
UV A	320-400	6.3	Dermis papilar - reticular	+	+	+
Visible	400-800	92	Dermis reticular - subcutánea	+	-	-

-: efecto escaso o sin efecto; +: efecto leve; ++ efecto moderado; +++: efecto severo

La radiación solar UV ocurre con mayor intensidad en nuestras latitudes durante la primavera, verano y otoño entre las 11:00 y las 15:00 horas, siendo particularmente alta en verano, si bien disminuye su intensidad en días nublados, mientras que por otra parte la inclinación con que llega la luz del sol durante los meses invernales logra que disminuyan sus efectos.

la Organización Mundial de la Salud en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, La Organización Meteorológica Mundial, La Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación no Ionizante, y la Oficina Federal Alemana para la Protección Contra la Radiación [2]. Esta publicación responde a los criterios reportados por Eva Rehfues y se basan en el consenso alcanzado en la reunión Internacional de Munich y está destinada a ser usada por las autoridades nacionales y locales y las organizaciones no gubernamentales que realizan actividades de prevención del cáncer de piel, así como por los centros de meteorología y los medios de comunicación

que informan sobre el IUV. Los valores del IUV recomendados a observar son los siguientes:

Tabla 2. Índices de Radiación Ultravioleta según la OMS. Los colores paa cada índice son los recomendados para reconocer cada uno de ellos

Si la radiación ultravioleta es...	y el IUV es...	según el tono de piel, el tiempo máximo de exposición en minutos, sin protección es:					
		muy clara	clara	morena clara	morena oscura	oscura	muy oscura
Baja	1	112	140	175	219	274	342
	2	56	70	88	109	137	171
Moderada	3	37	47	58	73	91	144
	4	28	35	44	55	68	86
	5	22	28	35	44	55	68
Alta	6	19	23	29	37	47	57
	7	16	20	25	31	39	49
Muy alta	8	14	18	22	27	34	42
	9	12	16	19	24	30	38
	10	11	14	18	22	27	34
Extremadamente alta	11	10	13	16	20	25	31
	12	9	12	15	18	23	29
	13	9	11	14	17	21	26
	14	8	10	13	16	20	24
	15	8	9	12	15	18	23

Como consecuencia de la observación de los altos valores de UV que se detectan particularmente en la UPP, en los últimos años se ha venido conformando un grupo de investigación interesado en los efectos de estas radiaciones de investigación que tiene como objetivo el detectar y cuantificar los posibles daños dermatológicos que se presenten tanto en la población universitaria como la propia de los Valles Altos de Hidalgo, región que por su altura sobre el nivel del mar y baja nubosidad durante la mayor parte del año, tiene mayor incidencia en la magnitud de los rayos ultravioletas. Tabla 3.

durante algunos meses concentraciones altas de UV, de ninguna manera su exposición es tan alta como ocurre con prácticamente todo el territorio nacional.

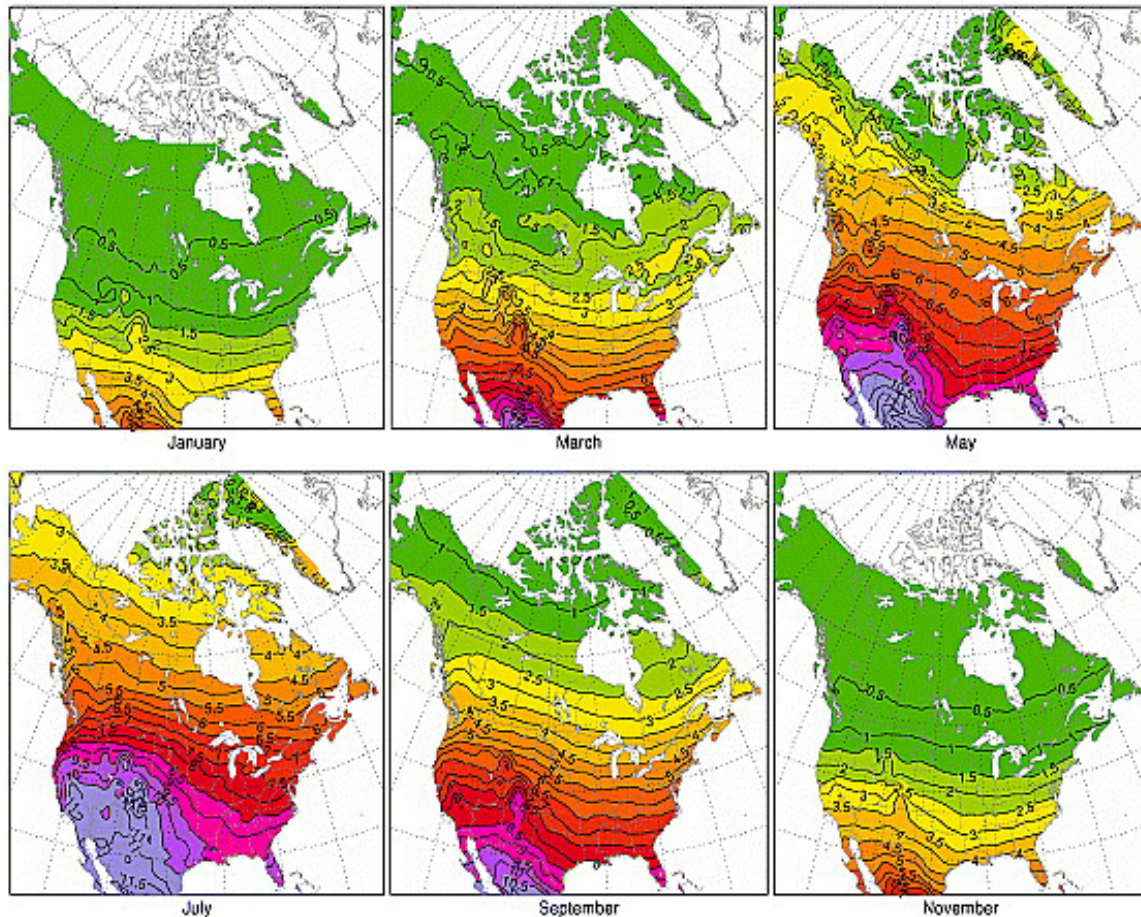
Tabla 3. Promedio Marzo-Octubre 2011-2016

Mes	8-10	10-12	12-14	Total Mensual
Marzo (31)	15.1	6.1	1.6	22.8
Abril (30)	11	14.6	2.5	28.1
Mayo (31)	3.3	16.6	10.3	30.2
Junio (30)	2.8	10.5	13.8	27.1
Julio (31)	6.3	11	10.5	27.8
Agosto (31)	4.6	13.6	6.0	24.2
Septiembre (30)	8.1	10.5	4.5	23.1
Octubre (31)	12.3	11.3	0.8	24.4
Total anual	63.5	94.2	50.0	207.7

Cabe mencionarse, que si bien existen la documentación que muestra el efecto dañino que sobre la salud pública ocasiona la radiación UV, es de notarse que no se han tomado las medidas preventivas necesarias. En el caso particular de la República mexicana debe de considerarse que comparativamente con los datos satelitales observados en el mapa 1, nuestros vecinos del norte, aun cuando registran



Mapa 1. valores medios del índice UV al mediodía durante 6 meses estimados a partir de los datos de TOMS para el período 1980-1990.  
Fioletov, V. E. 2004



## MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron y compararon valores de la radiación UV en diferentes regiones del mundo, particularmente los valores propios de la República Mexicana y su relación con los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, La Organización Meteorológica Mundial, La Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación no Ionizante, y la Oficina Federal Alemana para la Protección Contra la Radiación [3].

Particularmente importante son los reportes de Fioletov, V. E., quien verificó los datos reportados de UV para Norteamérica, obtenidos por los satélites Landsat de 1980 a 1990 [3] [3]

Por otra parte, un grupo de investigadores y estudiantes de la UPP, se ha dado la tarea de estudiar diversos tipos de sensores y su capacidad para ser adaptados a sistemas de alarmas inalámbricas con alcance de 100 metros, tratando siempre de conciliar costos económicos y efectividad.

## RESULTADOS

De acuerdo al monitoreo que se realizó durante los años 2011 al 2017 se observó que los meses en donde se manifiestan los índices de radiación superiores a 8 que se considera alta, hasta 11 considerada extremadamente alta, ocurren entre los meses de marzo a octubre, mientras que durante los meses que corren de noviembre febrero, la radiación no muestra condiciones que se consideren potencialmente perjudiciales para la piel de las personas.

En la "tabla 4", se pueden observar los resultados medios mensuales, cabe mencionarse que en algunos casos por fallas en los equipos detectores, fue necesario obtener datos promedio. Los valores se redondearon a 9 (8-10), 11 (10-12) y 13 (12-14).

Tabla 4. Promedio Marzo-Octubre 2011-2016.

Mes	8-10	10-12	12-14	Total Mensual
Marzo (31)	15.1	6.1	1.6	22.8
Abril (30)	11	14.6	2.5	28.1
Mayo (31)	3.3	16.6	10.3	30.2
Junio (30)	2.8	10.5	13.8	27.1
Julio (31)	6.3	11	10.5	27.8
Agosto (31)	4.6	13.6	6.0	24.2
Septiembre (30)	8.1	10.5	4.5	23.1
Octubre (31)	12.3	11.3	0.8	24.4
Total anual	63.5	94.2	50.0	207.7

A nivel mundial, la exposición excesiva a la luz UV solar causó en el año 2000 la pérdida de aproximadamente 1,5 millones de AVAD (años de vida ajustados por discapacidad) y 60 000 muertes prematuras. La mayor carga de morbilidad causada por la UV se debe a las cataratas corticales, los melanomas cutáneos malignos y las quemaduras solares [5].

De acuerdo a las observaciones mencionadas, el Cuerpo Académico de Fisioterapia Multidisciplinaria en colaboración con otros cuerpos académicos de la UPP decidió crear el Programa de Diseño Dispositivos para Alertar de la Incidencia de Niveles Altos de Radiación Ultravioleta Solar en Áreas Públicas Expuestas al Aire Libre que permita además del diseño, promover una cultura preventiva en que permita aminorar los efectos dañinos derivados de la sobreexposición a la radiación UV.

## DISCUSIÓN

Un aspecto a considerarse, es la tendencia actual que estimula diferentes tipos de estilos de vida que favorecen la recreación bajo la radiación solar en forma directa, lo cual sin duda ocasiona quemaduras directas por la exposición a los rayos infrarrojos y ultravioletas sobre todo en personas de tez blanca, aunque si bien la tonalidad morena de la mayoría de los mexicanos, tiene una menor susceptibilidad, definitivamente no la exenta de daños por la luz UV:

De acuerdo a nuestros reportes de la radiación UV, así como en diferentes reportes nacionales e internacionales, se estima de importancia el desarrollo tecnológico de dispositivos capaces de activarse cuando la radiación alcance valores mayores a 10, particularmente en escuelas y en cualquier espacio público.

## RECONOCIMIENTO

Dr. Marco Antonio Flores González. Rector de la Universidad Politécnica de Pachuca.

## REFERENCIAS

- [1] X.Fajre et al. Exposición Solar y fotointerpretación. Revista Chilena de Medicina Familiar. 3(3): 113-118. 2002.
- [2] Organización Mundial de la Salud. Índice UV solar mundial: guía práctica. 2003.
- [3] Fioletov V. E. et al. Index climatology over North America from ground-based and satellite estimates
- [4] NASA's Earth Observing System. UV index climatology over North America from ground-based and satellite estimates
- [5] L. Robyn, et al. OMS. La carga mundial de morbilidad atribuible a la radiación ultravioleta solar (RUV)

# La brecha digital como obstáculo del desarrollo social y económico: Estudio de caso, la capital del estado de Veracruz

Ana Teresa Morales-Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio Nacional de Informática Avanzada. Av. Enrique C. Rébsamen 80, Zona Centro, Xalapa, Veracruz, México.

*Recibido: 03 de agosto de 2018; Aceptado: 24 de agosto de 2018.*

## Resumen (CCCF)

Este trabajo presenta un estudio de caso acerca del estado de la brecha digital al interior del municipio de Xalapa, estudiando este fenómeno en tres niveles: acceso, uso y apropiación. Se adopta un enfoque social en el que la brecha digital se considera un fenómeno que además de evidenciar desigualdad en términos de incorporación de tecnología, amplifica otros tipos de desigualdades sociales y económicas entre personas y grupos de personas, ya que al quedar digitalmente rezagados, su desarrollo se ve paralizado y limitado. Este estudio permitió observar las diferencias en términos de acceso, habilidades de uso y apropiación y deja en evidencia que el acceso por sí mismo no marca diferencia en el aprovechamiento de la tecnología, ya que en coincidencia con estadísticas a nivel internacional y nacional, los usos que se le da a la tecnología están limitados al entretenimiento y en menor medida a usos que hagan de la tecnología un valor agregado que impulse o habilite el desarrollo social y económico de las personas.

*Palabras clave: Brecha digital, acceso, habilidades digitales, apropiación, desarrollo social.*

## Abstract (CCCF)

This paper presents a case study about digital divide within Xalapa, studying this phenomenon in three levels: access, use and appropriation. A social approach is adopted because digital divide is considered a phenomenon that amplifies other types of social and economic inequalities between people and groups of people. When they are left digitally behind, their development is paralyzed and limited. This study made it possible to observe the differences in terms of access, use and appropriation and shows that access by itself does not make a difference in the use of technology. In coincidence with international and national statistics about digital divide, the use of digital technology are limited to entertainment and less to uses that make technology an added value that drives or enables the social and economic development of people.

*Key words: digital divide, access, digital skills, social development*

## INTRODUCCIÓN

Las desigualdades digitales —que llamamos brechas digitales— no son un problema aislado, sino que son un fenómeno que genera y amplía otras brechas como brechas educativas, de acceso a servicios de salud, y de acceso y aprovechamiento de otros servicios, por lo que quienes no tienen acceso a las TIC, no saben cómo usarlas y no sacan provecho de ellas, se encuentran en situación de clara desventaja. En el estricto sentido, quien no tiene acceso tiene menos posibilidades de usar y apropiarse de las tecnologías y por ende, éstas no pueden ser un valor agregado que catalice sus oportunidades de desarrollo social y económico. La brecha o brechas digitales pueden ser diversas, según la dimensión y el alcance de lo que se quiera

observar (Ramírez, Morales y Olguín, 2013). La dimensión se refiere a la perspectiva, arista o enfoque desde el que se estudia la brecha digital, algunos ejemplos de esto pueden ser: vistas generacionales (desigualdades marcadas por la edad); con enfoque de género; que quieran observar el acceso; las habilidades; o los grados de apropiación, entre otros. El alcance tiene que ver con dónde o entre quienes vamos a observar la brecha digital. Se debe considerar que inicialmente la brecha digital comenzó a abordarse como la diferencia entre el acceso a TIC entre distintas naciones, sin embargo, la brecha también puede ser de otros alcances, por ejemplo, mirarla de acuerdo con determinado nivel geográfico, entre niveles educativos, entre estados, grupos de personas, entre instituciones, o bien en su interior.

En el caso de este artículo, se presenta un diagnóstico de la brecha digital, acotado al estudio de caso del municipio de Xalapa, en el estado de Veracruz. Se analiza considerándola en tres niveles: Brecha de acceso, brecha de uso y brecha de apropiación, considerando algunos otros factores como la edad (o generación), el género y el estado socioeconómico.

### **APROPIACIÓN DE LAS TIC PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL**

Para que las personas logren apropiarse de la tecnología y esto se traduzca en desarrollo social y económico, éstas deben pasar por un proceso de apropiación en el que acepten la tecnología y en dicho proceso intervienen tres aspectos: la percepción de la facilidad de uso que prevén las personas para el uso de las TIC; la percepción de utilidad, es decir si ven algún beneficio o valor agregado; y las motivaciones que tienen para usar la tecnología. Todo esto, según los diversos modelos de aceptación tecnológica determina qué tanto logrará apropiarse una persona de la tecnología. Por su parte, Nolasco y Ojeda (2016; 2017) basados en Know (1987) y Cooper y Zmund (1990), señalan que la intención de uso por parte de una persona explica también su compromiso hacia la utilización la tecnología y expresan que la aceptación de la tecnología es un proceso de construcción social donde las acciones y pensamientos del usuario son impactados por la tecnología y es además un proceso en el que las personas, grupos u organizaciones aprenden a usar las TIC e incorporarlas en sus entornos y realidades (Overdijk y Van Diggelen, 2006). Desde otra visión, INFOTEC (2014) alude a un proceso de adopción y adaptación tecnológica por parte de un usuario o grupo para incorporarlas en su vida, prácticas y rutinas de trabajo, entre otras aplicaciones. Estos procesos de adopción tecnológica son también denominados como rutinización y/o infusión de tecnología y de manera general consideran tres distintos niveles: acceso, uso y apropiación (Davis, 1986; Crovi, 2009; Van Dijk, 2005; Nolasco, 2016; Morales, Ramírez y Excelente, 2015).

### **CONTEXTO INTERNACIONAL**

A nivel internacional existe una preocupación global por la brecha digital y por implementar estrategias para su reducción pues se reconoce la importancia que éstas tienen para el desarrollo

individual y colectivo de las personas. A pesar de las acciones llevadas a cabo hasta el momento, la brecha digital es un problema que persiste y amplía otras desigualdades.

De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2017), quienes destacan en el uso de Internet son los jóvenes. El 80% de los jóvenes de 104 países, son internautas. Es relevante que la infraestructura mundial de tecnología 3G y 4G tiene cobertura para el 84% de la población, sin embargo, solo el 47.1% de la población mundial utiliza Internet. Los principales obstáculos para que las personas se incorporen al mundo digital, son precios altos y mala calidad del servicio, siendo estos dos factores comunes, ya que en las zonas de menos ingresos económicos hay escasos de infraestructura de TIC o servicio de mala calidad (ITU, 2016).

Aproximadamente 3.9 millones de personas en el mundo no están conectadas y en este grupo destacan las mujeres, adultos mayores, personas con menos educación, de escasos recursos y que viven en comunidades rurales.

Además de la brecha de acceso, ITU (2016) reporta que los usuarios con menores niveles de educación e ingresos usan Internet principalmente con fines de comunicación y ocio, mientras que los que tienen mayor nivel educativo suelen utilizar servicios financieros, comercio en línea y utilizar servicios digitales que los gobiernos ponen su disposición. Lo anterior devela la importancia que tienen los gobiernos locales para ejecutar acciones que abonen a la reducción de desigualdades económicas en general y capacitar a las personas a que adquieran las capacidades que les permitan aprovechar y dar valor agregado a Internet.

### **CONTEXTO NACIONAL**

En el ámbito Nacional, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 postula a las TIC como una herramienta para enfrentar problemas o retos que enfrenta el país, tales como el desarrollo económico, la seguridad, la rendición de cuentas, la democracia, entre otros. Aunado al PND 2013-2018, en 2013 se presentó la Estrategia Digital Nacional, que tiene como objetivo implementar la adopción de las TIC como medio para el desarrollo del país y la mejora en la calidad de vida de las personas y define la política nacional de digitalización; el estímulo de creatividad e innovación en

aplicaciones y desarrollos tecnológicos y la creación de proyectos vinculados con ciencia, arte y tecnología; el equipamiento de espacios y medios de acceso público a las TIC; y la creación de plataformas digitales de contenidos culturales y el uso de las TIC para la difusión de la cultura respecto a las TIC (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2013). Además de que en conjunto con el Plan de Educación (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 2013), el aprovechamiento de las TIC puede darse en distintos ámbitos nacionales, tales como: Transformar el gobierno (digitalizar); manejar una economía digital; elevar la calidad de la educación; ampliar servicios de salud y mejorar su efectividad.

Entonces, trabajar en la incorporación de las TIC en diversos ámbitos de la sociedad, así como abonar a la reducción de brechas digitales, es una prioridad a nivel nacional en el contexto de la llamada Sociedad del Conocimiento y también un eje prioritario para el desarrollo del país en diversos ámbitos.

Ahora bien, México ocupa el lugar 87 (de 176) en el Índice de Desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (ITU, 2017). En México, el 47% de los hogares cuentan con servicio de internet y el 53% no (IFT, 2017). Y respecto a los usuarios de Internet, el 59.5% de la población mexicana es internauta y hay un 40% de la población que no tiene acceso (ITU, 2017). De acuerdo con la CNDH (2015) el acceso a Internet está asociado de manera importante con el nivel de estudios.

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2016) el 59.6% de la población mexicana mayor a 6 años utiliza Internet y de acuerdo con la Asociación de Internet (2017) el 63% de la población es internauta. Es decir que, en México aproximadamente cada 6 de 10 personas tiene acceso a internet, cuando en países como Corea, Japón, Reino Unido, Suecia, 9 de cada 10 personas son usuarios de Internet.

Una de las tecnologías que ha ido en aumento los últimos años, es la telefonía móvil, ya que de acuerdo con datos del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT, 2017) 81 millones de mexicanos usan celular, de los cuales: 60.6 millones usan un smartphone y 20.5 millones usan celular que no es smartphone.

Respecto a los usos de Internet en México, estos principalmente son: comunicarse (88.9%);

obtener información (84.5%); acceder a contenidos audiovisuales (81.9%); para entretenimiento (80.1%); y para acceder a redes sociales (75.8%). En otro bloque y con menos porcentaje de uso está usar Internet para apoyar la educación y/o capacitación (51.8%) o bien leer periódicos, revistas o periódicos (45%); y finalmente en un último bloque está interactuar con el gobierno (22.2%), realizar compras en línea (15.9%) y realizar operaciones bancarias (9.9%) (IFT, 2017 y ENDUTIH, 2016). En relación con la edad de los internautas en México, el 79.1% de la población entre 18 y 34 años si utilizan internet; de las personas entre 35 y 59, el 50.6%; y de los mayores a 60 años, únicamente un 17% usan internet, es decir que hay un 83% de adultos mayores que se encuentran en rezago digital.

En lo que concierne a posibles diferencias de género, ENDUTIH (2016) reporta que hay una participación equitativa de Internet. El 51.5% son mujeres y el 48.5% hombres.

Por su parte, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (2017) reporta que el 73.6% de la población de más de 6 años, es usuaria de celular y hay un 24% que no es usuario. En otros términos, 3 de cada 4 usuarios disponen de un smartphone. Al cuestionar el tipo de celular, los encuestados develaron que de quienes sí tienen celular, un 74% un 76% cuenta con smartphone y un 24% tiene celular común. El 81% de quienes tienen smartphone, disponen de conexión móvil. Es decir que tienen acceso a Internet desde cualquier lugar. Hay un 19% que solo se conecta cuando tiene acceso a Wifi.

Respecto al uso de celular, el estado de Veracruz se encuentra 10 puntos debajo del promedio nacional (ENDUTIH, 2016), y se encuentra en el lugar 29 de los 32 estados. Es de destacar, que del año 2015 al 2016 disminuyó 10% el porcentaje de población que tenía acceso a un teléfono celular. Finalmente, cabe señalar que no hay diferencias significativas de género en el uso de celular ya que el 51.6% son mujeres y 48.4 son hombres.

## MÉTODOS

Efectuar una valoración de la brecha digital en términos de acceso, uso y apropiación, es complejo, ya que la visión de la brecha digital en varios contextos está limitada al acceso, es decir que se limitan a observar la conectividad cuando la brecha digital va más allá de si las personas tienen o no acceso, sino qué tanto saben usarlas

y para qué las utilizan. El uso de la tecnología por sí mismo no puede tener un impacto en el desarrollo social y económico de las personas en lo individual y en lo colectivo, es su aprovechamiento para cuestiones específicas lo que apoya el desarrollo de las comunidades. La información estadística presentada, proviene de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de la Información en los Hogares (EDUTIH, 2017) del INEGI. Este estudio presenta un panorama de la disposición de TIC de la población mayor a 6 años en México y en sus últimas ediciones ofrece datos acerca de 49 ciudades, entre ellas Xalapa, en la que se encuestaron 120,306 habitantes. Es preciso señalar que la unidad de selección del estudio son las viviendas y las unidades de análisis las personas y los individuos que habitan viviendas de Xalapa particulares durante el segundo trimestre de 2017, así mismo la muestra del estudio es probabilística y por lo tanto se generalizan a toda la población. Los datos fueron agrupados de tal manera que sean visibles los grados de incorporación TIC. Entonces, estos datos permiten observar el acceso (disponibilidad) que tienen los ciudadanos; si saben o no utilizar dichas tecnologías y finalmente con qué frecuencia y para qué (fines) las utilizan en el municipio de Xalapa, es decir, acceso, uso y apropiación. Para los niveles de uso y apropiación, se distinguen factores como edad, escolaridad, si son o no económicamente activos y el género.

## RESULTADOS

### Brecha de Acceso

Respecto a la brecha de acceso, como se puede observar, hay un 37.1% de la población que no cuenta con computadora en casa y un 27.8% que no cuenta con servicio de Internet, es de destacar que las condiciones de conectividad se encuentran por encima de la media nacional pues en México hay un 49.1% de población sin Internet en el hogar y un 54% que no cuenta con computadora en casa (Fig. 1).

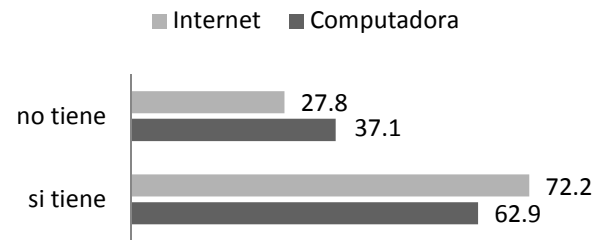


Fig. 1. Porcentaje de hogares del municipio de Xalapa con acceso a computadora e Internet

El 87% de los habitantes de Xalapa utilizan celular y 13% no acceden a la telefonía móvil. Se puede observar en la siguiente gráfica, que de quienes sí utilizan, el 89% usa smartphone y hay un 11% que dispone únicamente de un celular común en el que no puede instalar aplicaciones o acceder a Internet. Al cuestionar a los xalapeños acerca del tipo de pago que realizan en sus servicios de telefonía móvil, casi una tercera parte utilizan servicio de prepago (72%); el 27% un plan tarifario y el 1% no lo sabe.

Ahora, respecto al lugar desde donde se conectan a internet los internautas xalapeños, ellos dicen lo siguiente: el 92% desde sus hogares, el 66.5% desde cualquier lugar con conexión móvil; el 48% en casa de familiares o amigos; el 44% desde su lugar de trabajo; y dónde menos se conectan, es en sitios públicos (24.4%) y en la escuela (22.8%).

### Brecha de uso

Hay un alto índice de población xalapeña conectada desde un smartphone (87.1%). El 39% de los xalapeños no utiliza computadora; el 20% no usa Internet y el 13% no usa celular y la principal razón de que no usen un celular es porque consideran que "no lo necesitan" (Fig. 2)



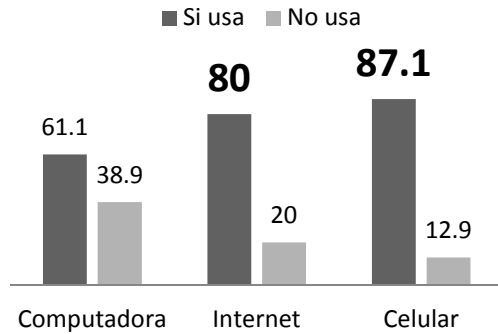


Fig. 2. Porcentaje de habitantes de Xalapa que hacen uso de las TIC

Es de destacar que los índices de uso de telefonía móvil y conexión a Internet en Xalapa se encuentran por encima del promedio nacional.

Respecto a la edad, quienes más utilizan computadora, se encuentran en edad escolar y el número de usuarios disminuye conforme aumenta la edad. Se nota el incremento en el uso de celular e Internet en los usuarios adultos, y resalta que el número de usuarios de celular de 55 años y más, va en aumento (17.6%). El mayor porcentaje de usuarios de TIC en Xalapa, son los estudiantes de licenciatura. El 70% de los internautas son económicamente activos y hay un 30% que no lo son. Y respecto las diferencias de usuarios de TIC en Xalapa, según el género, no hay diferencias significativas entre hombres y mujeres

#### Brecha de apropiación

La gran mayoría de los usuarios de TIC, las usan con mucha frecuencia y es mínima la cantidad de usuarios que les utiliza con menor frecuencia. El 87.6% de los internautas xalapeños se conectan a Internet a diario y un 10% al menos una vez a la semana. El 73% de los usuarios de celular lo usa a diario y el 20% al menos una vez a la semana. Por su parte, la computadora es utilizada a diario por un 68% de los usuarios, los usos que más destacan son conectarse a Internet, el entretenimiento, en menor medida para actividades laborales, escolares y tan solo un 10% como medio de capacitación.

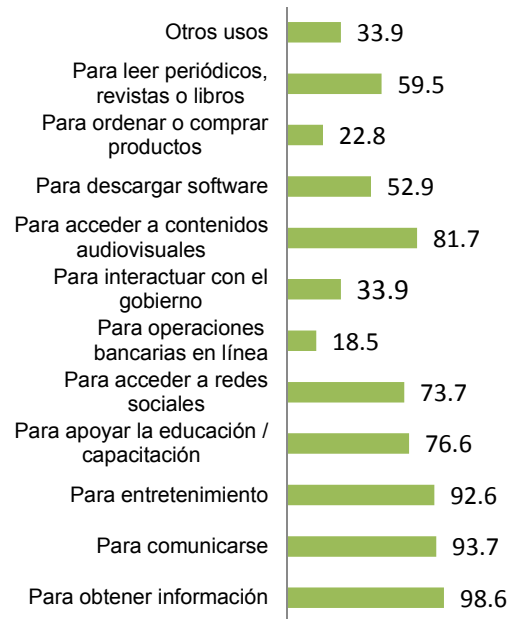


Fig. 3. Usos de Internet de los internautas

Como se puede observar en la Figura 3, los usos de Internet de los internautas, destacan: obtener información (98.6%); para comunicarse (93.7%); para fines de entretenimiento (92.6%); y acceder a contenidos audiovisuales (81.7%). En menor medida, señalan utilizar Internet para apoyar su educación y/o capacitación (76.6%) y acceder a redes sociales (73.7%); leer periódicos, revistas o libros (59.5%) y para descargar software (52.9%). Y para lo que menos se usa Internet es para interactuar con el gobierno (33.9%); ordenar o comprar productos (22.8%); y realizar operaciones bancarias (18.5%).

#### DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos presentados, se concluye que sí existe una brecha digital de acceso en el municipio de Xalapa, lo cual deja en situación de rezago y sin oportunidad de beneficiarse del uso de las TIC, a un 27% de la población, sin embargo, cabe señalar que el estado de la brecha digital de acceso en este municipio no es del todo malo ya que se encuentra por encima de la media nacional en porcentaje de población con acceso a las TIC.

No hay diferencias significativas en el uso de TIC, entre hombres y mujeres. Es de resaltar que la información acerca de las habilidades que posee la población para el uso de las TIC es sumamente escasa pues solo se ha cuestionado su uso o no

determinada tecnología. Esto hace que el análisis sea limitado, ya que lo que se requiere es hacer visibles las desigualdades de habilidades digitales que se tienen, pues esto es determinante en el uso y aprovechamiento de la tecnología.

Otro dato relevante que se identificaron brechas digitales de uso, que son determinadas por la edad, se observa que sí influye la escolaridad pues el mayor porcentaje de usuarios cuentan con licenciatura. El uso de las TIC por parte de las personas mayores de 45 años disminuye, pero declaran sí utilizar celular. Con estos datos se observa que sí existe una brecha digital de uso que está marcada por la edad de las personas.

Es de resaltar que la mayoría de los usos que se hacen de las TIC, son con fines de entretenimiento, en menor porcentaje para actividades escolares y laborales y únicamente unos pocos como medio de capacitación. Entonces, si los usos están sesgados hacia el entretenimiento, quiere decir que no hay un aprovechamiento de la tecnología para fines de aprendizaje para la vida, capacitación o fortalecimiento de competencias o habilidades, para fines académicos, sociales y/o de desarrollo académico.

Otro punto es que menos de un tercio de los participantes que sí saben usar las TIC, declaran usar medios digitales para interactuar con el gobierno (ENDTIH, 2017), es decir que aun cuando estos pueden potenciar la participación ciudadana y facilitar la comunicación entre ciudadanos y gobierno, éstos no han logrado ser canales efectivos. Y las brechas aumentan cuando hay personas que no tienen acceso a TIC y otras más que no saben cómo usarlas.

Es preciso señalar que existe una brecha de apropiación en los usuarios de TIC de Xalapa, en otras palabras, no hay un aprovechamiento efectivo de la tecnología y sus usos se reducen a cuestiones no productivas. Para conocer más detalle de cómo y para qué utilizan las personas la tecnología, es preciso realizar un diagnóstico más profundo que permita observar qué tanto las personas usan la tecnología para su desarrollo personal, aprender, para capacitarse, para fines académicos o laborales, y todos aquellos que puedan dar mayores oportunidades de desarrollo personal,

profesional y económico.

Finalmente, y a modo de reflexión acerca de las brechas digitales analizadas en este artículo se concluye lo siguiente: respecto a la brecha de acceso, se prevé la necesidad de realizar un análisis territorial para identificar cuáles son las zonas con mayor rezago y que las políticas de conectividad estén centradas en las zonas donde se requiere y no como comúnmente se hacen, enfocadas en las zonas más concurridas de las ciudades. En relación con la brecha de uso, es precisa la implementación de políticas de alfabetización digital focalizada de acuerdo con los diferentes grupos de personas y sus necesidades, es decir diferenciar la alfabetización digital para adultos mayores, para niños, jóvenes, mujeres, discapacitados, entre otros. Ahora bien, de acuerdo con lo observado, no podemos pensar en disminuir la brecha de apropiación si no se atienden primero las brechas de acceso y uso a las TIC, sin embargo, es urgente que se comience a considerar en las políticas -no solo locales, sino nacionales e internacionales-, estrategias y líneas de acción que orienten al "apropiamiento" de las TIC, es decir que las personas les adopten como herramientas para su desarrollo profesional, personal, económico y que se fomente una cultura digital que permita que las TIC se conviertan en un verdadero valor agregado en la vida de las personas.

## REFERENCIAS

- Asociación Mexicana de Internet AMIPCI. Estudio sobre los Hábitos de los Usuarios de Internet en México 2016. Recuperado de [https://www.amipci.org.mx/images/Estudio\\_Habitosdel\\_Usuario\\_2016.pdf](https://www.amipci.org.mx/images/Estudio_Habitosdel_Usuario_2016.pdf)
- Asociación de Internet (2017). 13vo estudio sobre los Hábitos de Usuarios en México 2017. Recuperado de <https://www.asociaciondeinternet.mx/es/component/remository/Habitos-de-Internet/13-Estudio-sobre-los-Habitos-de-los-Usuarios-de-Internet-en-Mexico-2017/lang,es-es/?Itemid=>
- Cooper, R.B. y Zmun, R.W. (1990). Information Technology Implementation Research: A technology Diffusion Approach, Management Science, Vol. 36, No. 2.
- Crovi, D. (2009). Acceso, uso y apropiación de las TIC en comunidades académicas: Diagnóstico en la UNAM. México: Plaza y Valdez Editores..
- Davis, F. (1986). A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New EndUser



- Information Systems: Theory and Results. Doctoral dissertation, Sloan School of Management, MIT.
- ENDUTIH (2016). Encuesta sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares, Tabulados. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/dutih/2016/>
- ENDUTIH (2017). Encuesta sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares, Tabulados. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/regulares/endutih/2017/>
- Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018. Recuperado de [pnd.gob.mx/](http://pnd.gob.mx/)
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (2017). Tercera encuesta 2017. Usuarios de Servicios de Telecomunicaciones. Recuperado de <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenido-general/usuarios-y-audiencias/terceraencuesta2017vf.pdf>
- Nolasco y Ojeda (2016). La evaluación de la integración de las TIC en la educación superior: fundamento para una metodología. Revista de Educación a Distancia, Núm.48. Recuperado de: <http://www.um.es/ead/red/48/nolasco.pdf>
- Morales, A. T., Ramírez Martinell, A. y Excelente, C. B. (2015). Apropiación de las TIC en la Educación Superior, una mirada desde la disciplina del profesorado. Revista Research in Computing Science: Avances en Tecnologías de Información,108, 45-53.
- Ramírez-Martinell, A., Casillas, M.A., Morales, A.T, y Olguín, P.A. (2014). Digital Divide Characterization Matrix. Revista Virtualis, 5 (9), 7-18. Recuperado de [http://www.uv.mx/personal/albramirez/files/2014/02/virtualis09\\_ARM.pdf](http://www.uv.mx/personal/albramirez/files/2014/02/virtualis09_ARM.pdf)
- Van Dijk, J. (2005). The Deepening Divide: Inequality in the Information Society. California: SAGE.

# Modelado de un PVTOL con masa activa para generar un movimiento rotacional

M. Chavarria-Séptimo<sup>1</sup>, J. G. Benítez-Morales<sup>1</sup>, M. A. Aguilera-Jiménez<sup>1</sup>, R. G. Hernández-García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Pachuca. Carretera Pachuca-Cd. Sahagún, km 20,  
Ex-Hacienda de Santa Bárbara, Municipio de Zempoala, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESIME. Av. Ticomán No. 600, Col. San José Ticomán,  
Delegación Gustavo A. Madero, Ciudad de México.

*Recibido: 03 de julio 2018; Aceptado: 19 de septiembre 2018.*

## Resumen (CI)

Los vehículos aéreos han interesado a la comunidad científica por su variedad de aplicaciones que contribuyen al beneficio de la sociedad. El modelo dinámico del PVTOL representa el vuelo de una aeronave en un plano vertical, preservando las características esenciales de un avión en un espacio tridimensional. En el transcurso del tiempo hasta la actualidad, PVTOL se ha utilizado para diseñar estrategias de control utilizando diferentes técnicas con el fin de estabilizar el sistema. En el presente trabajo, se propone cambiar la configuración de éste al incluir una masa móvil en el fuselaje del avión con el fin de modificar la ubicación del centro de masa, y así lograr un giro por efectos gravitacionales, en lugar de los efectos aerodinámicos. Esto simplifica al modelo matemático de PVTOL y facilita el diseño de una estrategia de control para la navegación. Finalmente, se propone una estrategia de control para mostrar su viabilidad con respecto al vuelo autónomo.

*Palabras clave: Masa Activa, PVTOL, Vehículo Aéreo No tripulado.*

## Abstract (CI)

Aerial vehicles have interested the scientific community for its variety of applications that contribute to the benefit of society. The dynamic model of PVTOL represents the flight of an aircraft in a vertical plane, preserving the essential characteristics of an airplane in a three-dimensional space. In the course of time to date, PVTOL has been used to design control strategies using different techniques in order to stabilize the system. In the present work, it is proposed to change the configuration of the PVTOL by including a moving mass in the fuselage of the aircraft with the purpose of modifying the location of the center of mass, and thus achieve a turn by gravitational effects, instead of the aerodynamic effects. This simplifies the mathematical model of PVTOL and facilitates the design of a control strategy for navigation. Finally, a control strategy is proposed to show its viability with respect to autonomous flight.

*Key words: Active Mass, PVTOL, Unmanned Aerial Vehicle.*

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los vehículos aéreos no tripulados son estudiados ampliamente por varios grupos de investigación con la finalidad de diseñar estrategias de control para el vuelo autónomo. El PVTOL (Planar Vertical Take Off and Landing) es una representación matemática de la dinámica de una aeronave, la cual puede representar el modelo de un avión (Hauser, 1992), un helicóptero (Benítez, 2013) o un cuadricóptero en el plano vertical. Las variables del sistema son el desplazamiento vertical, horizontal y la orientación. Las entradas de control son la sustentación y el par de rotación; dando por

consecuencia que el sistema sea subactuado con una dinámica interna de fase no mínima.

Uno de los primeros trabajos sobre el PVTOL es (Hauser, Sastry & Meyer, 1992). Ellos proponen representar la dinámica del avión Harrier a través del modelo PVTOL, ya que éste presenta las características principales de la dinámica de un avión real. Ellos realizaron una linealización exacta del modelo obteniendo resultados indeseados, ya que la dinámica interna es inestable; por lo tanto, los autores proponen despreciar los efectos de acoplamiento entre la dinámica vertical y lateral para posteriormente aplicar una estrategia de control con base en la extensión dinámica, logrando una estabilidad

local. Los resultados son mostrados de forma numérica.

En (Sepulchre, Jankovic & Kokotovic, 1997) consideran que el término de acoplamiento entre las dinámicas vertical y la horizontal es cero, para facilitar el diseño del controlador por la técnica de backstepping; logrando una estabilización semiglobal del VTOL. En (Olfati-Saber, 2002) se realiza un cambio de coordenadas con el fin de evitar al término de acoplamiento y mediante una retroalimentación estática de los estados logra la estabilización del PVTOL. El trabajo de (Fantoni, 2002) propone considerar al término de acoplamiento igual a cero, ya que se obtiene el mismo resultado de (Olfati-Saber, 2002). En (Castillo, 2005) se menciona que el acoplamiento entre la dinámica vertical y la horizontal se puede negar ya que no siempre se conoce su valor con exactitud.

En (Martin, Devasia, Paden, 1996) proponen aprovechar las características de planitud diferencial del modelo matemático del PVTOL para obtener dos salidas planas, las cuales están conformadas por dos estados del sistema. Al controlar la salida plana se puede controlar a todas las variables del sistema. Los resultados del controlador se muestran en forma de simulación numérica. Esta misma técnica de control por planitud diferencial ha sido muy utilizada para controlar al PVTOL (Sira & Fliess, 1998), (Sira, 2000), (Benítez, Rodríguez & Castro, 2014) con sus respectivas particularidades.

En (Kuga, 2015) se propone emplear un control adaptable empleando un método de proyección mínima. El trabajo de (Petkar, 2016) muestra el diseño una estrategia de control con base en el control predictivo para la estabilización robusta del PVTOL.

Como se ha expuesto, el empleo del modelo del PVTOL ha sido usado para aplicar diferentes técnicas de control. Varias de ellas proponen la eliminación del acoplamiento que existe entre la dinámica longitudinal y vertical. En el presente trabajo se propone emplear un sistema de masa activa con el propósito de controlar a la variable de alabeo de la aeronave; dando como consecuencia, la simplificación del modelo dinámico ya que no se emplearán los alerones en la generación de sustentación para generar un par.

## DESCRIPCIÓN DEL PVTOL CON MASA ACTIVA

La presente descripción del PVTOL permitira comparar a éste contra la propuesta del presente trabajo. El PVTOL describe la dinámica de un avión en el plano vertical, cuyo desplazamiento es provocado por la sustentación y un momento de giro; de acuerdo a (Martin et al., 1996), el momento de giro es generado por un par de fuerzas. Cada fuerza está localizada en la punta de cada semiala. Al desarrollar el modelo del PVTOL de acuerdo con (Martin et al, 1996), existe un acoplamiento entre la dinámica de desplazamiento y la rotación de la aeronave debido al par de fuerzas ubicadas en las puntas de las semialas.

Por otro lado, la propuesta del PVTOL con masa activa radica en el uso de una masa móvil para generar el momento de giro, en comparación a la forma habitual de producir el par, el cual es a través de un par de fuerzas de sustentación

La configuración del PVTOL con masa activa está conformado por el cuerpo tradicional del PVTOL junto con una masa (veáse la Fig 1); la cual tiene la capacidad de moverse sobre el eje horizontal de la aeronave.

Con la intención describir la interacción de la masa activa con el fuselaje del PVTOL, considere que la posición inicial de la masa activa está localizada en el centroide de la aeronave. Esta masa se puede desplazar sobre un eje horizontal con el propósito de variar la ubicación del centro masa y así provocar que la sustentación y el peso de la aeronave no estén alineados sobre el mismo eje vertical. Esto da como resultado la creación de un par de rotación para hacer girar a la aeronave alrededor de su eje longitudinal

Observe en la Fig 1, si la masa móvil se desplaza hacia la izquierda, se provocará un par en sentido levogiro. Si la masa activa se desplaza hacia la derecha, ésta genera un par en sentido dextrógiro.

## MODELO DINÁMICO DEL PVTOL CON MASA ACTIVA.

### 3.1 Obtención del modelo dinámico del PVTOL con masa activa

La posición del PVTOL es determinada a través de dos marcos de referencia, un marco de referencia inercial  $(i, j, k)$  y un marco de referencia en ejes cuerpo  $(i_b, j_b, k_b)$ . El marco de referencia inercial se encuentra colocado en un punto específico a nivel de piso, la dirección del eje  $k$  está dirigido verticalmente hacia arriba, el eje  $j$  tiene una dirección horizontal con un sentido hacia la derecha, el eje  $i$  apunta hacia afuera del plano vertical con un sentido hacia el lector. El origen del marco de referencia de los ejes cuerpo está localizado en el centro geométrico del PVTOL, el eje  $j_b$  apunta hacia la semiala izquierda de la aeronave, la dirección de  $i_b$  es hacia afuera del plano vertical y por último el eje  $k_b$  es perpendicular al plano formado por los ejes  $i_b$  y  $j_b$ . Véase la Fig. 1.

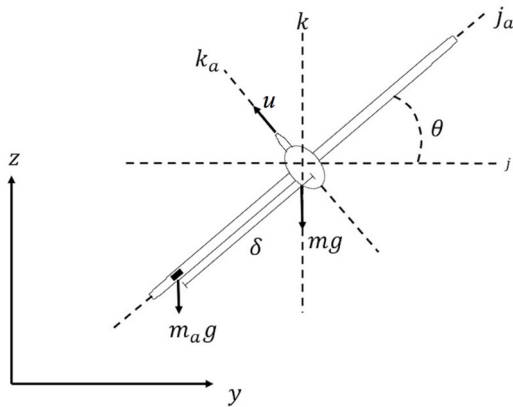


Fig. 1. Esquema del PVTOL con la incorporación de la masa activa.

El modelo dinámico considera como parámetros a la masa y el momento de inercia de la aeronave, así como la masa activa; de igual manera, se incluye a las fuerzas externas ejercidas sobre el cuerpo del avión. La dinámica de la aeronave es calculada a través de las leyes de Newton y Euler, quedando las ecuaciones de movimiento como

$$m\dot{a} = F, \quad (1)$$

$$J\dot{\alpha} = \tau, \quad (2)$$

donde la primera y segunda ecuación representan la dinámica traslacional y rotacional del sistema, respectivamente.  $m$  es la masa del fuselaje,  $J$  es el momento de inercia,  $F$  es la

fuerza ejercida sobre el fuselaje,  $\alpha$  es la aceleración angular,  $\tau$  es el par y  $a$  es la aceleración, la cual es expresada a través de sus componentes

$$a = \ddot{x} i + \ddot{y} k$$

donde  $y$  y  $x$  son los desplazamientos sobre el eje horizontal y vertical, respectivamente. Las fuerzas ejercidas sobre el PVTOL están dadas por

$$F = u k_a - mg k - m_a g k$$

donde  $u$  es la sustentación de la aeronave y  $m_a$  es la masa activa.

Por otro lado, en (2) se tiene que la aceleración angular ( $\alpha$ ) es igual a  $\ddot{\theta}$ , donde  $\theta$  es el ángulo de orientación del avión. El par es producido por la posición de masa móvil, teniendo así que

$$\tau = F_a \delta,$$

donde  $\delta$  es el desplazamiento de la masa activa sobre el eje horizontal en el sistema cuerpo,  $F_a$  es una fuerza gravitacional producida por la masa activa, la cual está dada por

$$F_a = -m_a g \cos \theta,$$

donde  $m_a$  es la masa activa y  $g$  es la aceleración gravitacional.

Con respecto al momento de inercia, se tiene una variación de ésta, debido al desplazamiento de la masa activa; por lo tanto, se debe sumar al momento de inercia del PVTOL y la masa activa a través del uso del Teorema de los ejes paralelos, quedando así:

$$J = (J_0 + I_a) + m_a \delta^2,$$

donde  $J_0$  es el momento polar de inercia del fuselaje,  $I_a$  y  $m_a$  es el momento polar de inercia y la masa de la masa activa, respectivamente. Las ecuaciones dinámicas del sistema quedan como:

$$m(\ddot{x} i + \ddot{y} k) = u k_a - m_a g k - m_b g k,$$

$$((J_0 + I_a) + m_a \delta^2) \ddot{\theta} = -m_a g \cos \theta \delta.$$

Asumiendo que  $(J_0 + I_a) \gg m_a \delta^2$ , siempre y cuando  $\delta$  esté acotada por  $\delta < k_1$ , donde  $k_1$  es

una constante, se puede aproximar la siguiente relación como  $J \cong (J_0 + I_a)$ . Por último, se proyectan las ecuaciones hacia el marco de referencia inercial, obteniendo así que:

$$\begin{aligned} m\ddot{y} &= -u \sin \theta, \\ m\ddot{z} &= u \cos \theta - (m_a + m_b)g, \\ J\ddot{\theta} &= -m_a g \cos \theta \delta, \end{aligned} \quad (3)$$

donde  $[y, \dot{y}] \in \mathcal{R}^2$ ,  $[x, \dot{x}] \in \mathcal{R}^2$ , y  $[\theta, \dot{\theta}] \in (-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}) \times \mathcal{R}$

### 3.2 Comparación del PVTOL con masa activa contra el PVTOL tradicional

Con el propósito de comparar a la dinámica de ambos sistemas, permítase evocar las ecuaciones diferenciales de la dinámica del PVTOL propuestas por (Martin et al., 1996), el cual llamaremos PVTOL tradicional, dichas ecuaciones están expresadas por:

$$\begin{aligned} m\ddot{y} &= -u_1 \sin \theta + \varepsilon u_2 \cos \theta, \\ m\ddot{z} &= u_1 \cos \theta + \varepsilon u_2 \sin \theta - mg, \\ I\ddot{\theta} &= u_2, \end{aligned} \quad (4)$$

donde  $u_1$  y  $u_2$  son el empuje y el momento de giro, de la aeronave, respectivamente.  $\varepsilon$  es un coeficiente de acoplamiento entre la dinámica de rotación y la dinámica lateral del avión.

Al comparar a los modelos (3) y (4), se observa lo siguiente:

- Ambos sistemas son de sexto orden con una dinámica no lineal, y los dos modelos son subactuados al tener dos entradas de control y tres grados de libertad.
- La expresión matemática del modelo (3) es sencilla en comparación del modelo (4), ya que en (3) no existe un acoplamiento entre las dinámicas rotacional y lateral.
- La dinámica interna de ambos sistemas es de fase no mínima.

Generalmente, el término  $\varepsilon$  es despreciado en el modelo (4) para facilitar el diseño de una estrategia de control bajo la suposición que su valor numérico es cero o muy cercano a éste (Hauser et al., 1992), (Fantoni, Lozano, 2001); además, en (Castillo, Lozano, Dzul 2005) argumentan que no siempre se tiene una certeza sobre su valor numérico. En el trabajo de

(Martin et al., 1996) se muestra el procedimiento de la obtención del modelo PVTOL tradicional, donde demuestran cómo los términos  $\varepsilon$  y  $u_2$  están en función de un ángulo de inclinación entre la vertical y la fuerza que genera el giro de la aeronave. Por lo tanto, no es un asunto trivial despreciar al término  $\varepsilon$ .

En cambio, el PVTOL con masa activa propone el uso de una masa móvil que se desplaza sobre el eje horizontal de la aeronave; dando como consecuencia, que los vectores de sustentación y de peso de la aeronave, no coincidan en el mismo eje y por ende se genere un par de giro.

### DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL

Con el objetivo de diseñar una estrategia de control, considere que nos encontramos en el marco inercial, si viéramos a la aeronave en el plano, sería sencillo señalar que si se desea que la aeronave se mueva hacia un lado, el vector de sustentación debería inclinarse hacia dicha posición; sin embargo, nos podríamos preguntar que tanto se debe inclinar dicho vector. Con la finalidad de resolver esto, suponemos que tenemos un vector ficticio, el cual apunta hacia la posición que deseamos llegar; si descomponemos el vector ficticio en sus respectivos componentes, se tendría un vector vertical ( $u_z$ ) y otro horizontal ( $u_y$ ). Por lo tanto, si deseamos mover al avión hacia la izquierda, la componente nos indicará el sentido en que nos tenemos que mover, mientras que su magnitud se irá reduciendo conforme nos acerquemos al punto deseado.

Ahora bien, la fuerza de la aeronave se encuentra en el sistema cuerpo; por lo que se tiene que al proyectar el vector ficticio al marco cuerpo. El procedimiento para trasladar la fuerza del marco inercial a marco cuerpo es a través de un mapeo; para lograr esto, considere que traslapamos a ambos marcos de referencia tal como se muestra en la Fig. 2.

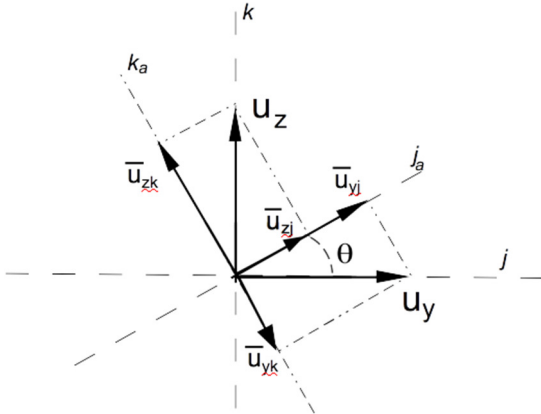


Fig. 2. Mapeo del vector ficticio desde el marco de referencia inercial hacia los ejes cuerpo.

En este caso, las componentes del vector ficticio quedan proyectadas en el marco de referencia cuerpo. De tal forma, obtenemos dos vectores, los cuales llamaremos  $u$  y  $u_\tau$ , estos están expresados matemáticamente por:

$$\begin{aligned} u &= \bar{u}_{zk} - \bar{u}_{yk}, \\ u_\tau &= \bar{u}_{zj} + \bar{u}_{yj}, \end{aligned} \quad (5)$$

donde  $u$  es la primera entrada de control y  $u_\tau$  es un regulador auxiliar de control para la segunda entrada de control, la cual usará más adelante.

Los términos  $\bar{u}_{zk}$ ,  $\bar{u}_{yk}$ ,  $\bar{u}_{zj}$ , y  $\bar{u}_{yj}$  pueden quedar en función de los vectores  $u_z$  y  $u_y$  a través de relaciones trigonométricas con base en la Fig. 2, dando como resultado que:

$$\begin{aligned} \bar{u}_{yj} &= u_y \cos \theta, & \bar{u}_{yk} &= u_y \sin \theta, \\ \bar{u}_{zj} &= u_z \sin \theta, & \bar{u}_{zk} &= u_z \cos \theta. \end{aligned}$$

Entonces, las ecuaciones (5) toman la forma de

$$\begin{aligned} u &= u_z \cos \theta - u_y \sin \theta, \\ u_\tau &= u_z \sin \theta + u_y \cos \theta. \end{aligned}$$

Con base a (Sumano, Castro, 2013) se propone que las componentes del vector ficticio tengan la forma

$$\begin{aligned} u_z &= k_{p1}e_z + k_{d1}\dot{e}_z + mg, \\ u_y &= k_{p2}e_y + k_{d2}\dot{e}_y, \end{aligned}$$

donde  $e_z$  y  $e_y$  están definidos por

$$e_z = z - z_d, \quad e_y = y - y_d.$$

Por otro lado, se propone que la segunda entrada de control, con base al trabajo de (Sumano, et al. 2013) y empleando a  $u_\tau$ , como:

$$\delta = \frac{I}{m_2 g \cos \theta} (k_{p\tau}e_\tau + k_{d\tau}\dot{e}_\tau + u_\tau) \quad (4)$$

donde  $e_\tau = \theta - \theta_d$ . Se hace notar que debe evitarse que el término  $m_2 g \cos \theta$  sea cero; por lo tanto  $\theta_d \in (-\pi/2, \pi/2)$ . Observe que  $u_\tau$  es añadida en la segunda entrada de control con la finalidad de colocar a la masa activa fuera del centro geométrico y así inclinar a la aeronave para lograr alcanzar a  $y_d$ .

## RESULTADOS A TRAVÉS DE SIMULACIONES NUMÉRICAS

Se desea validar el modelo dinámico e implementar la estrategia de control en una plataforma experimental, la cual se encuentra en etapa de construcción. El diseño del avión se realizó en el software de SolidWorks y a partir de los materiales propuestos en el dibujo, se obtuvieron los parámetros del avión, donde  $m = 2.42$  kg,  $J = 0.477$  kgm<sup>2</sup>,  $g = 9.81$  m/s,  $m_a = 0.3$  kg. Las ganancias del controlador son  $k_{p1} = 3.2$ ,  $k_{d1} = 4.7$ ,  $k_{p2} = 1.3$ ,  $k_{d2} = 3.8$ ,  $k_{p\tau} = 1.6$ ,  $k_{d\tau} = 3.4$ .

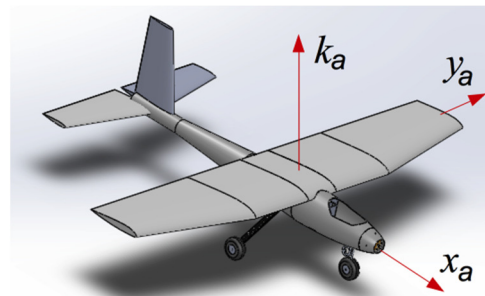


Fig. 3. Dibujo de la configuración del avión.

La Fig. 4 muestra el desplazamiento lateral de la aeronave desde un punto inicial  $y_i = 0$  hasta llegar al punto deseado  $y_d = 0.5$  m en un tiempo de 8.4 s.

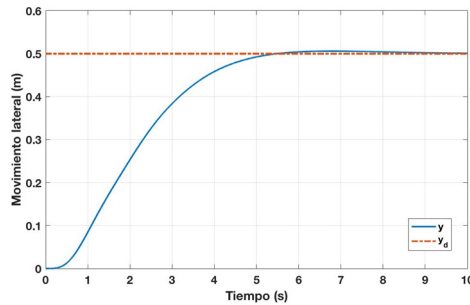


Fig. 4. Movimiento lateral del PVTOL con masa activa hacia la posición deseada de  $y_d = 0.5$  m.

En la Fig. 5 se puede observar que el PVTOL empieza en una posición inicial de  $z_i = 0$  hasta alcanzar a la posición deseada  $z_d = 1.5$  en un tiempo de 7.5 s.

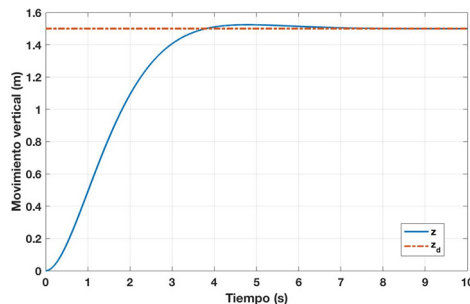


Fig. 5. Movimiento vertical del PVTOL con masa activa hacia posición de  $z_d = 1.5$ .

La Fig. 6 muestra el comportamiento del ángulo de alabeo durante el desplazamiento de la aeronave.

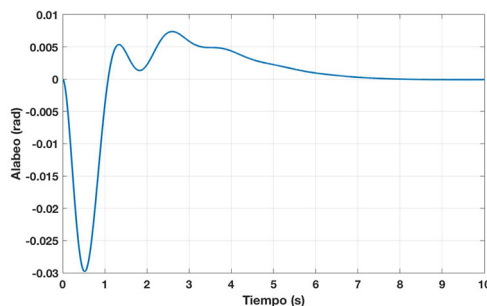


Fig. 6. Movimiento angular del PVTOL con masa activa.

La Fig. 7 muestra como el PVTOL con masa activa logra seguir una trayectoria circular.

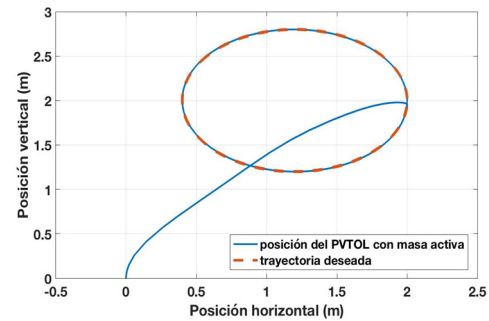


Fig. 7. Seguimiento de trayectoria deseada de un círculo.

## CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se propone la inclusión de una masa móvil que emule la dinámica de alabeo de una aeronave en configuración PVTOL. Esta masa móvil permite prescindir de emplear el par generado por los alerones. Esto simplifica el modelo, teniendo por consecuencia una mayor facilidad al momento de diseñar una estrategia de control para la navegación. Otra contribución es el diseño de una estrategia de control con base a un vector ficticio para alcanzar el punto deseado, tal como se mostró en las simulaciones numéricas. Los trabajos a futuro son la validación del modelo dinámico e implementación de la estrategia de control mediante el uso de una plataforma experimental, así como la prueba de estabilidad de la ley de control propuesta para el sistema.

## RECONOCIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por el apoyo otorgado para realizar estudios de posgrado a través una beca, de igual forma, los autores agradecen a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional, en virtud del proyecto SIP 20181128.

## REFERENCIAS

- Benítez-Morales J. G., Rodríguez-Cortés H., Castro-Linares R. (2013) "Nonlinear Control for the Longitudinal Dynamics of a Small Scale Helicopter", *European Control Conference*. pp. 3870-3875.
- Castillo-García P., Lozano R., Dzul A. E. (2005). *Modelling and Control of Mini-Flying Machines*. Springer-Verlag. London. pp. 23-37.
- Fantoni I., Zavala A., Lozano R (2002), "Global stabilization of a PVTOL aircraft with bounded

- thrust", *Proceedings of the 41st IEEE Conference on Decision and Control*. pp. 4462-4467.
- Fantoni I., Lozano R. (2001) *Non-Linear Control for Underactuated Mechanical System*. Springer. pp. 175-180
- Hauser J., Sastry S., Meyer G (1992). "Nonlinear Control Design for Slightly Non-minimum Phase Systems: Application to V/STOL Aircraft". *Automatica*, Vol. 28(4), pp 665-679.
- Kuga S., Nakamura H., Satoh Y. (2015). "Adaptive control for the PVTOL system via Minimum Projection Method". Elsevier, pp. 216-221.
- Martin P., Devasia S., Brad Paden (1996). "A different Look at Output Tracking: Control of a VTOL Aircraft". *Automatica*, Vol. 32(1), pp. 101-107.
- Olfati-Saber R, (2002). "Global Configuration Stabilization for the VTOL Aircraft with Strong Input Coupling", *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol. 47(1). pp. 1949-1952.
- Petkar S. J., Gupta A. A., Ketkar V. D., Kazi F. S., "Robust Model Predictive Control of PVTOL Aircraft", Elsevier, pp. 760-765.
- Sepulchre R., Jankovic M., Kokotovic P. (1997) *Constructive Nonlinear Control*. Springer-Verlag, New York. pp 246-248.
- Sira-Ramírez H. (2000). "Non-minimum Phase Output Reference Trajectory Tracking for a PVTOL Aircraft", *International Conference on Control Applications*. pp. 838-843.
- Sira-Ramirez H., Fliess M. (1998), "Regulation of non-minimum Phase Output in a PVTOL Aircraft", *In Proc. of the 37th IEEE Conference on Decision and Control*.
- Sumano, E., Castro R., Lozano R. (2013), "Sincronización de cuadrirotos en forma coordinada", *Congreso Nacional de Control Automático 2013*. pp. 586-591.



# Formato para los Artículos del Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías 2018 (Graphik Regular 14 centrado)

A. ApellidoPat-ApellidoMat<sup>1</sup>, B. ApellidoPat-ApellidoMat<sup>2</sup>  
(texto centrado: Graphik Regular 10)

<sup>1</sup>Institución de Procedencia del autor. Dirección, Municipio, Estado, País.

<sup>2</sup>Institución de Procedencia del Coautor. Dirección, Municipio, Estado, País. (texto centrado: Graphik Regular 9)

*Recibido: Fecha; Aceptado: Fecha. (texto centrado: Graphik Regular 8. Uso exclusivo para la Universidad Politécnica de Pachuca)*

## Resumen (ÁREA TEMÁTICA: CBS, CCCF, CI)

El presente formato en Word es una guía básica para preparar los artículos para su publicación en el cuarto Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías 2018. Los trabajos como artículos en extenso deberán tener una extensión máxima de 5 cuartillas. El resumen no debe exceder las 250 palabras y tiene que dar a conocer los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados resumidos y la conclusión principal. El idioma oficial es el español, pero también serán aceptados trabajos en inglés. Incluya en su resumen, las palabras clave en orden alfabético y separado por comas. No se utilicen acrónimos ni se citen referencias en el resumen. Para todo el documento utilizar margen izquierdo de 25 mm, derecho de 20 mm, superior de 25 mm e inferior de 20 mm. Utilice la fuente Graphik Regular tamaño 9 para el resumen y para el texto principal. Se deberá indicar el área temática a la que pertenece la contribución, entre paréntesis y posterior a la palabra "Resumen" de la siguiente manera: **(CBS)** cuando el área sea Ciencias Biológicas y de la Salud; **(CCCF)** correspondiente a Ciencias Computacionales, Comunicaciones y Finanzas; **(CI)** si pertenece a Ciencias de la Ingeniería.

*Palabras clave: Proporcione de 3 a 5 palabras o frases clave, en orden alfabético, separadas con una coma.*

## Abstract (AREA)

These instructions give you guidelines for preparing paper for the fourth Multidisciplinary Iberoamerican Symposium on Sciences and Engineering 2018. Use this document as a template if you are using Microsoft Word 6.0 or later. Otherwise, use this document as an instruction set. Be careful, because the electronic file of your paper will appear as you finally presented it. Define all symbols used in the abstract. Do not cite references in the abstract. This abstract does not have to exceed 250 words and must state the principal objectives of the investigation, describe the methodology employed, summarize the results and state the principal conclusions. Please include appropriate key words in your abstract, in alphabetical order, separated by commas. You must indicate the thematic area into parenthesis next to the word "Abstract" as is indicated: **(CBS)** for Biologic and Health Science; **(CCCF)** corresponding to Computing Sciences, Communications and Finances; **(CI)** if it belongs to Engineering Science.

*Key words: About three to five key words or phrases in alphabetical order, separated by commas.*

## INTRODUCCIÓN

En esta primera parte de su artículo haga una breve introducción a su trabajo, sin extenderse en conceptos bien conocidos por todos. Para preparar su artículo se recomienda seguir fielmente estas instrucciones, pues su archivo electrónico aparecerá tal como usted lo presente.

Para enfatizar utilice *itálicas*, no subraye. Defina todos los símbolos usados en la base de esta primera columna. Es muy importante incluir el artículo del trabajo en esta sección.

## DESARROLLO INCLUYE: MATERIAL Y MÉTODOS; RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección y acorde al área temática, es muy importante describir las metodologías, procedimientos, reactivos y equipos utilizados en el trabajo.

Esta parte de desarrollo, también incluye la sección de Resultados y Discusión, las cuales pueden venir en una sola sección o separadas según convenga a los autores.

## Figuras y Tablas

Asegúrese de que sus tablas y figuras sean claramente legibles y no sacrifique su tamaño, de ser necesario éste puede ocupar ambas columnas. El título o descripción de la tabla debe colocarse centrado, por arriba y en *itálicas*. (ver tabla 1). No abrevie "Tab.". Las tablas serán numeradas con números arábigos. Dé un espaciado anterior y posterior de 3 puntos a los textos interiores. Respecto a las figuras: coloque su título o descripción por debajo (ver fig. 1), no incluya descripciones como parte de ellas, no coloque descripciones en "cajas de texto" ligadas a las figuras, no ponga marcos alrededor de ellas.

Puede usar la abreviación "Fig." aún al iniciar una frase. Verifique que las tablas y figuras que usted menciona realmente estén incluidas en el trabajo, y colóquelas al inicio o al final de la columna.

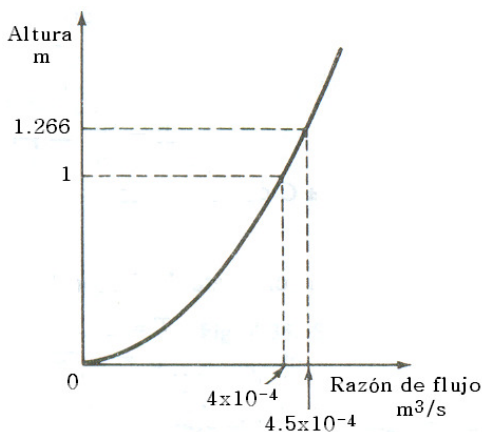


Fig. 1. Gráfica de un sistema de nivel de líquido.  
(Note el centrado de esta descripción de la figura).

Tabla 1. Tamaño y estilo de fuente para los artículos.

Tamaño de letras (puntos)	Estilo de fuente		
	Normal	<b>Negritas</b>	<i>Itálica</i>
8	Subíndices y superíndices, referencias, pies de página.		<i>Descripción de tablas y figuras (Arial)</i>
10		<b>Resumen, Abstract</b>	
10	Texto principal, ecuaciones.	<b>ENCABEZADOS</b>	
11	Nombres de autores.	<b>Sub-encabezados</b>	
16		<b>Título del Artículo</b>	

## Abreviaciones y Acrónimos

Defina las abreviaciones y los acrónimos desde la primera vez que se utilizan en el texto, aún después de que han sido definidos en el resumen. No use abreviaciones en el título a menos que sea inevitable.

## Ecuaciones

Utilice el Editor de ecuaciones de Microsoft Word o el MathType (<http://www.mathtype.com>).

Numere las ecuaciones consecutivamente en paréntesis normal, en el margen derecho como en (1). Para escribir la ecuación, utilice el editor de ecuaciones (Clic izquierdo en barra de Herramientas| Personalizar | Comandos | Insertar | y arrastrar editor de ecuaciones a la barra de herramientas). Entonces seleccione el estilo de marcador "Ecuación". Presione la tecla tabuladora y escriba el número de la ecuación entre paréntesis. Utilice paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores. Puntualice las ecuaciones cuando forman parte de una frase: "En la ecuación (1) se describe..."

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) dr d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \quad (1)$$

Asegúrese de que los símbolos de su ecuación han sido definidos antes o inmediatamente después de que aparece la ecuación. Refiérase a "(1)," no "Eq. (1)" o "ecuación (1)," exceptuando al iniciar una frase: "Ecuación (1) es....".

## Unidades

Use el Sistema Internacional de Unidades SI. Puede utilizar unidades inglesas como unidades secundarias (entre paréntesis). Por ejemplo se puede escribir "15 Gb/cm<sup>2</sup> (100 Gb/in<sup>2</sup>)"; una excepción es cuando las unidades inglesas se usan para designar comercialmente un producto, tal como disquete de 3½", Pantalla LCD de 2.0", etc.

## Otras Recomendaciones

Deje un espacio después de puntos y comas. Evite palabras inespecíficas tales como "Usando (1), fue calculado el potencial". [No queda claro quién o que fue usado (1)]. Escriba en su lugar,

“El potencial fue calculado utilizando (1),” o  
“Usando (1), calculamos el potencial.”

Use un cero antes del punto decimal: “0.25,” no  
“.25.” Use “cm<sup>3</sup>,” no “cc.” Indicar dimensiones en  
cada cifra como “0.1 cm. × 0.2 cm.,” no “0.1 × 0.2  
cm<sup>2</sup>.” La abreviación para segundos es “s,” no  
“seg.” No mezcle palabras completas con  
abreviaciones de unidades.

Si usted lo desea, puede escribir en la primera  
persona de singular o plural y utilizar la voz activa  
(“observé que...” u “observamos que...” en vez  
de “Se observó que...”). Cuide su ortografía.

## CONCLUSIÓN

Una conclusión debe enfatizar los puntos  
principales del artículo. No repita el resumen  
como la conclusión. Una conclusión puede  
resaltar la importancia del trabajo o sugerir  
aplicaciones y trabajos complementarios.

## APÉNDICES

Los apéndices, cuando sean necesarios, van  
antes de los reconocimientos.

## RECONOCIMIENTOS

Use un solo encabezado para todos los  
reconocimientos. Evite expresiones tales como  
“Uno de los autores desea agradecer...” mejor  
escriba “Tal Autor agradece....”

## REFERENCIAS

Para las citas a lo largo del documento, basarse  
en el estilo APA sexta edición, así como para  
colocar las diferentes fuentes de información en  
esta sección con tipo de letra Graphik Regular  
tamaño 8.

Apellidos paterno, Inicial(es) del nombre (en caso de  
dos o más autores, separar con coma los  
nombres). (Año). *Título del libro*. Edición. Editorial.  
Ciudad. Páginas.

Apellidos del autor, Inicial del nombre (en caso de dos  
o más autores, separar con punto y coma los  
nombres). (Año de publicación). “Título del  
artículo”. *Título de la revista*. Volumen (No.)  
(ejemplo: Vol. 3(5). Páginas en las cuales está  
descrito el artículo (ejemplo: pp. 131-139).

Apellido del Autor, Inicial del nombre. (Año) (Fecha  
exacta de la consulta). *Dirección electrónica de la  
página Web*. Fecha de la consulta.

## **CSB-MEDING**

R. A. García Juárez, I. Pérez Pamatz, S. Nicolas Maximo, E. Ramirez Rodriguez, A. E. Nicolas Maximo  
Instituto Tecnológico Superior de Patzcuaro, Michoacán, México.  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

## ***Revisión sistemática del tratamiento fisioterapéutico más utilizado en los últimos 8 años en desórdenes de las estructuras musculoesqueléticas en adultos que ocasionan trastornos temporomandibulares***

O. Gómez- Cruz, L. Subervier- Ortiz, R.M. Chio-Austria, I. Téllez-Arriaga  
Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México.

## ***Método de valoración infantil en trastornos de la marcha que evidencia la basculación de la palanca de interapoyo articular y modificación del equilibrio motor ante esfuerzo muscular al potenciar la efectividad del tren inferior***

Cortés-Márquez, Cerón-Hernández, Subervier-Ortiz, Ahumada-Medina  
Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México.

## ***Programa de Diseño de Dispositivos para Alertar de la Incidencia de Niveles Altos de Radiación Ultravioleta Solar en Áreas Públicas Expuestas al Aire Libre***

A. Ahumada-Medina, A., V. Vázquez-Chacón, S. Cortés-Márquez, R. Chio-Austria, L. Subervier-Ortiz, E. Sánchez Barrera  
Universidad Politécnica de Pachuca, México.

## ***La brecha digital como obstáculo del desarrollo social y económico: Estudio de caso, la capital del estado de Veracruz***

Ana Teresa Morales-Rodríguez  
Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, Veracruz, México.

## ***Modelado de un PVTOL con masa activa para generar un movimiento rotacional***

M. Chavarria-Séptimo, J. G. Benítez-Morales, M. A. Aguilera-Jiménez, R. G. Hernández-García  
Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México.