

# RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos

NOVIEMBRE 2011  
Número 6, Volumen 3, Año 3



75  
*Años*  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
1936-2011



**RISCE** Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos; es una publicación bimestral del Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, unidad “Profesional Adolfo López Mateos”, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México D.F. a través de la Escuela Superior de Computo; Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina Miguel Othón de Mendizábal. “Unidad Profesional Adolfo López Mateos”. Col. Lindavista C.P. 07738, México, D. F. tel. 57296000 ext. 52000. Certificado de reserva de Derechos al uso Exclusivo del título No. 04-2008-062613190500-203, ISSN en trámite. Los artículos son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario. Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre y cuando se cite explícitamente la fuente.

La revista se especializa en el área de los sistemas computacionales y electrónicos; tanto en el desarrollo, como en la investigación en:

Ciencias de la Computación

Cómputo educativo

Cómputo Móvil

Comunicaciones

Disciplinas Emergentes

Electrónica

Física Electrónica

Ingeniería de Cómputo

Ingeniería de Software

Innovación Tecnológica

Inteligencia artificial

Matemática computacional

Procesamiento de señales

Robótica y cibernética

Sistemas de Información

Tecnologías de la Información

### **Distribución**

La revista cuenta con 300 ejemplares que se distribuyen en:

Europa, Asia y América Hispana; mediante CD ROM y correo electrónico

## Directorio



### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**DRA. YOLOXÓCHITL BUSTAMANTE DÍEZ**  
DIRECTORA GENERAL

**ING. JUAN MANUEL CANTÚ ALVAREZ**  
SECRETARIO GENERAL

**M. EN C. DAFFNY ROSADO MORENO.**  
SECRETARIA ACADÉMICA

**DR. JAIME ALVAREZ GALLEGOS**  
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**ING. ERNESTO MERCADO ESCUTIA**  
SECRETARIO DE SERVICIOS EDUCATIVOS

**ING. OSCAR JORGE SÚCHIL VILLEGAS**  
SECRETARIO DE EXTENSIÓN E INTEGRACIÓN SOCIAL

**M. EN C. FERNANDO ARELLANO CALDERON**  
SECRETARIO DE GESTIÓN ESTRATEGICA

**M. EN C. EMMA FRIDA GALICIA HARO**  
SECRETARIA DE ADMINISTRACIÓN

**LIC. JUDITH CLAUDIA RODRIGUEZ ZUÑIGA**  
DEFENSORA DE DERECHOS POLITÉCNICOS



### ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

**ING. APOLINAR FRANCISCO CRUZ LÁZARO**  
DIRECTOR

**DR. FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS**  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

**DR. JESÚS YALJÁ MONTIEL PÉREZ**  
JEFE DE LA SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**LIC. ARACELI LOYOLA ESPINOSA**  
SUBDIRECTORA DE SERVICIOS EDUCATIVOS E INTEGRACIÓN SOCIAL

**M. EN C. JUAN VERA ROMERO**  
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO

**DR. EDUARDO BUSTOS FARÍAS**  
EDITOR DE RISCE

## **Miembros del comité Revisor**

(Todo el comité técnico está formado por doctores en ciencias o su equivalente)

Francisca Losavio de Ordaz (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)

Alfredo Matteo (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)

Emmanuel F. Moya Anica (México)

Edgardo Manuel Felipe Riverón (Cuba) (México) (CIC)

Luis Enrique Palafox Maestre (México)

Eduardo F. Caicedo Bravo (Colombia)

Hilda Ángela Larrondo (Argentina)

Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez (Perú)

Elizabeth León Guzmán (Colombia)

María Cecilia Rivera (Chile)

Satu Elisa Schaeffer (Finlandia) (UANL)

Rafael Canetti (Uruguay)

Javier Echaiz (Argentina)

Pablo Belzarena (Uruguay)

Carlos Beltrán González (Italia) (Università di Genova)

Elena Fabiola Ruiz Ledesma (México)

Jonatan Gómez (Colombia)

Armando De Giusti (Argentina)

Juan José Torres Manríquez (México)

Jesús Yaljá Montiel Pérez (México)

Luis Alfonso Villa Vargas (México)

Marco Antonio Ramírez Salinas (México)

Félix Moreno González (España) (UPM)

Salvador Godoy Calderón (México) (CIC)

José Luis López-Bonilla (México) (IPN ESIME ZAC)

Lorena Chavarría Báez (México)

Miguel Santiago Suárez Castañón (México)

## ÍNDICE

Desempeño del Protocolo AODV-CDMA para Redes Ad-Hoc .....	1
Modelo de Administración de Servicios en Red para Ambientes Educativos .....	7
Diseño Conceptual MEMS Aplicado a la Detección de Fugas de Campo Magnético .....	15
Análisis de Estabilidad de un Controlador PID <i>WAVELET</i> .....	27
Trabajo cooperativo con Computadora (CSCW) Aplicado en plataforma de Enseñanza-Aprendizaje NEXUS de la UANL.....	33
<i>Instrucciones para los autores</i> .....	42

# Desempeño del Protocolo AODV-CDMA para Redes Ad-Hoc

Aldo L. Méndez-Pérez<sup>1</sup>, Roberto Castillo-Fernández<sup>1</sup>, Marco A. Panduro-Mendoza<sup>1</sup>, Manuel Munguía-Macario<sup>2</sup>,  
Hernando Chagolla-Gaona<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, UAMRR, Carr. Reynosa-San Fernando S/N, Colonia Arcoiris, 88779, Reynosa-Tamaulipas, México, e-mail: (almendez, mamendoza)@uat.edu.mx

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, FIME, Av. Nicolás de los Garza S/N, Ciudad Universitaria, 66451, San Nicolás de los Garza-Monterrey, México, e-mail: manuel.munguiamc@uanl.edu.mx

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Querétaro, DEPI, Avenida Tecnológico S/N esquina Mariano Escobedo, Colonia Centro, 76000, Querétaro-Querétaro, México, e-mail: hchagollag@hotmail.com

**Resumen:** Las redes ad-hoc inalámbricas son sistemas autónomos donde los nodos forman la red en ausencia de un apoyo centralizado. En la red ad-hoc cada nodo participa en el enrutamiento de los datos de un nodo a otro, y por consiguiente la determinación de cuáles nodos envían los datos se hace de forma dinámica basada en la conectividad de la red. Por otra parte, la popularidad de las redes ad-hoc se basa en gran medida en el control de acceso al medio. Sin embargo, los retos que enfrenta esta tecnología en el acceso al medio son la interferencia y las colisiones provocadas por los nodos dentro de la misma zona de cobertura. Por lo tanto, en este trabajo se presenta la interacción entre capas del protocolo de enrutamiento AODV y el control de acceso al medio basado en CDMA para redes ad-hoc. Este protocolo AODV-CDMA es evaluado a través de un proceso de simulación para diferentes tasas de transmisión.

**Palabras clave:** AODV, CDMA, control de acceso al medio, enrutamiento.

**Abstract:** Wireless ad-hoc networks are autonomous systems of nodes forming network in the absence of any centralized support. In the ad-hoc network each node participates in routing by forwarding data for other nodes, and so the determination of which nodes forward data is made dynamically based on the network connectivity. In addition to, the popularity of wireless ad-hoc networks is based on the access control of the wireless medium. The greatest challenges this technology faces, however, are interference and collisions caused by users sharing the same coverage area. Therefore, in this paper we present a cross-layer AODV protocol in CDMA-based ad-hoc networks. Finally, the performance of AODV-CDMA is evaluated through simulation with different transmission rates.

**Keywords:** AODV, CDMA, medium access control, routing.

## I. Introducción

Las redes son conjuntos de dispositivos – a los cuales llamaremos “nodos” – interconectados entre sí, donde estos pueden compartir información y/o recursos con los demás. Gracias a los avances tecnológicos, las conexiones de los nodos pueden hacerse de manera alámbrica como inalámbrica. Las redes inalámbricas son más convenientes que las alámbricas cuando los dispositivos estarán en movimiento constante, como es el caso de la telefonía celular, pero a su vez son más costosas. Sin embargo, es de vital importancia que la información transmitida llegue a su destino. Existen dos variantes principales en redes inalámbricas [1]: infraestructura y ad-hoc (equipo a equipo). En una red inalámbrica de tipo infraestructura, un nodo se comunica con otro nodo utilizando un dispositivo central (por ejemplo, un punto de acceso), que es el que se encarga de administrar y dirigir las trayectorias del envío de la información; en ocasiones, esto no es conveniente, ya que para hacer funcionar la red de esta manera, es necesario invertir en un dispositivo central, pero en ocasiones la instalación de dicho dispositivo no es factible, ya sea por un movimiento constante de la ubicación de la red, o por distintos factores geográficos y/o sociales, como accidentes geográficos que imposibilitan la instalación del punto de acceso o por situaciones como guerras. Es en estos casos en las que se opta por las redes ad-hoc inalámbricas.

Una red Ad-hoc es caracterizada por el hecho de que cada nodo puede compartir datos con otro sin la necesidad de un dispositivo central que marque una trayectoria para el envío de la información. Es decir, una red ad-hoc inalámbrica es un conjunto de dispositivos conectados inalámbricamente entre sí que no utilizan un dispositivo central para que la información llegue del origen a su destino [2]. Las redes Ad-hoc muestran un gran número de aplicaciones, tanto civiles, comerciales como militares.

Para que la información llegue a su destino, el dispositivo de origen transmite la información a uno o varios nodos, y estos a su vez la retransmitirán sucesivamente, hasta encontrar el nodo destino – este tipo de transmisión es denominada Multi-Salto [3]. Si los nodos están en constante movilidad, entonces las rutas para el envío de la información cambiarán en este mismo ritmo, y es aquí cuando los nodos utilizarán un algoritmo de enrutamiento [4] para poder encontrar la ruta óptima para llegar al destino. Estos algoritmos de enrutamiento pueden ser proactivos (todos los nodos están buscando la ruta óptima constantemente, sin importar si hay tráfico de datos o no, y al encontrar un cambio, se avisa a los demás de haber un cambio), reactivos (se busca la ruta óptima sólo cuando se necesitan, pero puede ocasionar retrasos para encontrar una ruta) e híbridos (combinando características de proactivos y reactivos).

A diferencia de una red celular, donde la estación base hace la comunicación de un emisor a un receptor, en una red inalámbrica no se tiene este dispositivo inteligente. En sí, una red celular es una red centralizada. En cambio, para una red inalámbrica, debido a que no hay una estación base, son los propios dispositivos móviles los que realizan la función de transferir la información. Por lo tanto, es necesario analizar algoritmos que nos permitan enrutar la información de un emisor a un receptor. Para esto se analiza el protocolo de enrutamiento AODV (“Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing”, o “Enrutamiento Ad-hoc a demanda de Distanciamiento Vectorial”) [5], [6].

El protocolo de enrutamiento AODV es un algoritmo de operación para redes no centralizadas en el que cada nodo opera como un dispositivo de enrutamiento, y las rutas para la transmisión de información son obtenidas como se vayan necesitando (a demanda) con poca o ninguna dependencia en búsquedas periódicas de otros nodos.

Por otra parte, debido a que no existe una autoridad centralizada que asigne radiofrecuencias específicas, ranuras de tiempo o códigos a diferentes nodos que están totalmente distribuidos, los nodos tienen que contender ellos mismos por el acceso al medio. Por ende, los protocolos de Control de Acceso al Medio (MAC) juegan un papel importante en el desempeño de la red ad-hoc. Un protocolo MAC define como cada nodo puede compartir el recurso limitado de ancho de banda inalámbrico de una manera eficiente [7].

Por lo tanto, en este trabajo de investigación se reporta la integración de la capa de control de acceso al medio, usando CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), y la capa de red (enrutamiento) en este caso manejando el protocolo AODV. Además se presentan resultados del desempeño para AODV-CDMA considerando distintas tasas de transmisión.

La organización de este trabajo es como sigue: como inicio se presentan las características del protocolo de enrutamiento AODV, para que posteriormente se analice CDMA como técnica de control de acceso al medio. Después de analizar AODV y CDMA se lleva a cabo el proceso de simulación y de resultados de la interacción de la capa MAC y de red (enrutamiento) con distintas tasas de transmisión. Por último proveemos las conclusiones de este trabajo.

## II. Protocolo de Enrutamiento AODV

El algoritmo de enrutamiento AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector) fue diseñado con el propósito de ser un sistema reactivo de adquisición de rutas [5], [6]; o sea, es un sistema con una menor congestión de tráfico de datos debido a que se crean trayectorias de un origen a un destino a través de una red de nodos sólo cuando hay información que se requiera transmitir, y no existe comunicación de lo contrario: las rutas sólo se diseñan y se mantienen de ser necesitadas; de lo contrario, se descartarán.

Con el conjunto de mecanismos que contiene este algoritmo, se busca:

- a) Transmitir paquetes de descubrimiento sólo cuando sea pertinente, minimizando la carga de la red y el tráfico.
- b) Distinguir gestión de conectividad local (detección de nodos cercanos) y mantenimiento general de topología.
- c) Diseminar información sobre los cambios en la conectividad local a los nodos móviles que probablemente necesiten estos datos.
- d) Asegurar rutas libres de lazos cerrados.

Cuando existe una red de nodos, un método que este algoritmo utiliza para saber sobre otros nodos es transmitiendo mensajes “hello” (mensajes para hacer saber a otros nodos de la presencia del nodo que lo envía), de los cuáles se espera obtener una respuesta para descubrir si hay un nodo activo en las cercanías. Cada nodo contiene tablas de ruteo con los datos de los tiempos de respuesta óptimos de espera [6].

Para descubrir las rutas, se usa un mecanismo de difusión (es decir, que se transmite a todos los nodos que lo puedan recibir, similar a ondas de radio), y de manera dinámica, se llenan tablas de ruteo en los nodos intermedios de la trayectoria [5]. Ahora bien, esto puede ocasionar que los nodos contengan diferentes tablas de ruteo que el paquete transmitido, o tablas de ruteo con información menos reciente que en otro nodo, y se podría ocasionar un conflicto de rutas, ya que los nodos no sabrían cuál ruta obedecer; para solucionar esto, cada nodo contiene un número de secuencia incremental que se usa para identificar qué tan reciente es la información de la tabla de ruteo. Además, así como en el algoritmo DSDV, se usa un sistema en el que se identifica mediante numeración la secuencia de los nodos para llegar al destino.

### III. Protocolo MAC Basado en CDMA

Para el análisis de la capa MAC, se plantea el uso de la técnica CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora evitando colisión) y para resolver el problema del nodo oculto y expuesto se utiliza el mecanismo RTS/CTS (petición para enviar/confirmación para enviar) [8]. A esta técnica se le adapta CDMA para poder transmitir simultáneamente varios nodos [9]. Por otra parte, en el esquema basado en CDMA cuando un nodo transmite un paquete, manda un RTS a todos los nodos adyacentes en un código común. El nodo receptor manda un CTS y comienza la transmisión en un código basado en el receptor. En este proceso de “handshaking” existen fallas debido a la congestión de red. A medida que aparece la falla en el proceso de “handshaking”, el nodo pasa a un estado de retroceso (backoff) y debe entonces retransmitir la información. Esta falla parece por dos razones: 1) Colisiones en el proceso de “handshaking”, 2) La interferencia (MAI) causada debido a los nodos activos que están transmitiendo a otros nodos.

En CDMA, el ancho de banda es constante, es dado por

$$B=1/T_c \quad (1)$$

donde  $T_c$  es el chip time.

Si (1) es multiplicado y dividido entre la duración del bit ( $T_b$ ), obtenemos

$$B = \frac{1}{T_c} = \frac{T_b}{T_c} \frac{1}{T_b} \rightarrow \text{es constante} \quad (2)$$

Observamos que el ancho de banda se constituye de dos términos:  $T_b/T_c$  es la ganancia de procesado ( $P_G$ ) y  $1/T_b$  es la tasa de transmisión en bps. Por lo tanto, el ancho de banda puede ser expresado en términos de la ganancia de procesado y la tasa de transmisión

$$B = \frac{1}{T_c} = \frac{T_b}{T_c} \frac{1}{T_b} = P_G R_b \text{ es constante.} \quad (3)$$

Si la tasa de transmisión es fija, tendrá un cierto nivel de protección contra la interferencia. En caso de carga baja en el canal, esto se debe a que hay menos nodos adyacentes transmitiendo simultáneamente y el nivel de interferencia será bajo. Por ende, una ganancia de procesado alta no será necesaria. En tales circunstancias, se puede reducir la ganancia de procesado e incrementar la tasa de transmisión en la misma proporción, de manera que la información que fluye por unidad de tiempo en el canal es mayor y consecuentemente el retardo puede ser reducido [10].

El objetivo principal de esta fusión es proveer información de la capa MAC a la capa de red para tener un diseño de red eficiente. En redes Ad hoc basada en CDMA, es primordial encontrar la trayectoria para establecer la transmisión de todos los reenvíos y permitir la transmisión de paquetes. Por otra parte, con el protocolo AODV-CDMA se debe tener más flexibilidad para llegar al destino y consumir eficientemente los recursos de la red. Además, reducir el número innecesario de envíos y el rango de un nodo es controlado para optimizar el descubrimiento de la ruta. Las transmisiones de todos los reenvíos en un protocolo AODV pueden reducirse utilizando la relación señal a interferencia. La relación señal a interferencia recibida en un nodo receptor indica la distancia aproximada de transmisión y la interferencia multiacceso sufrida por los nodos vecinos.

Para elaborar la fusión AODV-CDMA basada en redes ad-hoc, se definen normas adicionales en el protocolo AODV tradicional, siendo estas: en cada uno de los nodos se calcula la relación señal a interferencia, que indica la distancia para la transmisión, gracias a estos datos se crea una tabla de distancias que auxilian en el descubriendo de la ruta. Con los datos obtenidos se realizan comparaciones entre los nodos que se localizan entre el nivel mínimo y máximo

de la relación señal a interferencia. El mensaje de petición de ruta y réplica de ruta son modificados y así se obtiene la distancia de cada nodo. Por lo cual, con el mensaje de petición de ruta y réplica de ruta es posible obtener la distancia donde se localizan los nodos y con esto seleccionar la ruta óptima.

Una vez conocidos ambos protocolos (AODV y CDMA), en la siguiente sección se tendrá el proceso de simulación y análisis de resultados de AODV-CDMA con distintas tasas de transmisión.

#### IV. Simulación y Análisis de Resultados

Para la simulación, primero se va a evaluar el desempeño de algoritmo de enrutamiento AODV. Para demostrar si AODV encuentra la trayectoria demandada de forma rápida, se midió el tiempo que toma desde que se inicia la búsqueda de un nodo hasta el momento en que éste recibe la información que se le ha enviado (ver Tabla 1).

Tabla 1. Tiempo total de envío de información.

Nodos	Tiempo (ms)
50	914.5
80	252.65
120	88.16

Los resultados de la tabla 1, podemos observar que la red de menos nodos es la que toma más tiempo en encontrar al destino, y la red con más nodos es la que llega al destino más rápido; de esto, deducimos que el tiempo total requerido para enviar información es inversamente proporcional al número de nodos en la red.

Asimismo, en la figura 1, podemos observar el porcentaje de éxito para crear una ruta a un nuevo nodo de interés, así como el número de saltos y el número de búsquedas promedio que fueron requeridos para las diferentes poblaciones (nodos) utilizadas.

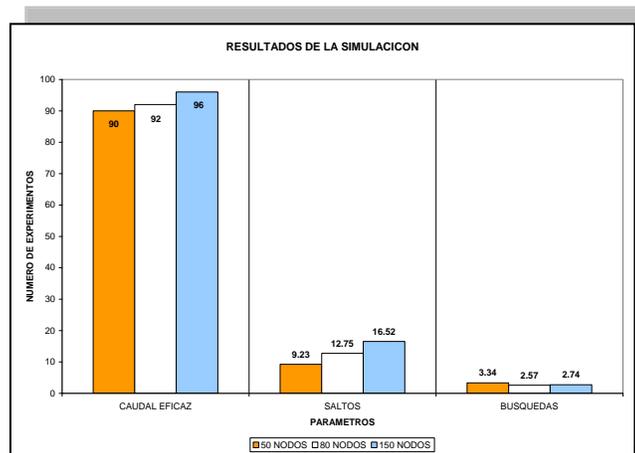


Fig. 1. Resultados de la simulación para AODV.

De acuerdo a la figura 1 observamos que la probabilidad de que la información llegue a su destino utilizando este algoritmo es mayor al incrementar el número de nodos, aunque aumenta el número de saltos al hacer esto. Por otra parte, el número de búsquedas del destino también se ve afectado por cantidad de nodos en la red, aunque no enormemente; podemos ver que la red de 50 nodos tuvo el mayor número de búsquedas, y que la red de 80 nodos tuvo un menor número de búsquedas que en la red de 120 nodos, pero podría atribuirse esto a uno de dos factores:

- 1) Que el número de nodos es inversamente proporcional al número de búsquedas, pero el resultado obtenido se debió a factores aleatorios de tráfico que hicieron que el resultado esperado fuera diferente del obtenido.

- 2) Que el número óptimo para que se realizaran menos búsquedas fue de 80 nodos, ya que entre mayor sea la cantidad de nodos, son más las rutas a encontrar, y en un número menor de nodos, puede existir más gestión de tráfico y menos alternativas para utilizar como trayectorias del origen al destino.

Después de obtener los resultados de AODV a continuación se presenta el resultado del protocolo AODV-CDMA. El proceso de simulación fue llevado a cabo mediante un programa en Lenguaje C, en una computadora personal, el cual tomó en cuenta todos los aspectos mencionados en las secciones previas, así como las propiedades de CDMA. Las ganancias de procesamiento usadas son 256, 128, 64 y 32, y a través de (3) es obtenida la tasa de transmisión para cada ganancia de procesamiento y el número de nodos es 50. Adicionalmente, todos los nodos transmiten con la misma potencia. Además se utiliza una tasa de chip de 4.096 Mcps (mega chips por segundo). El resultado del rendimiento (caudal eficaz) es mostrado en la figura 2.

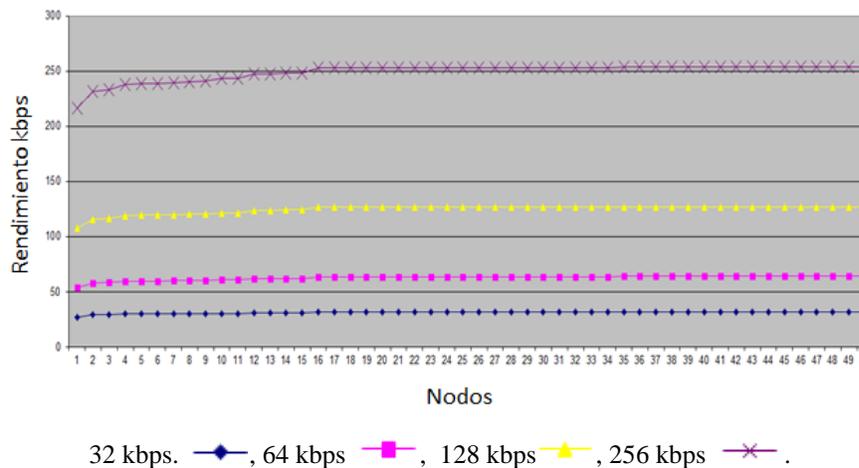


Fig. 2. Simulación de rendimiento para el protocolo AODV-CDMA.

En la figura 2 se observa la simulación del rendimiento para el protocolo AODV-CDMA, en donde apreciamos que mientras se incrementa el número de nodos el rendimiento del sistema permanece constante. Por otra parte, el rendimiento (caudal eficaz) podría aumentarse siempre y cuando se utilice un algoritmo que haga un manejo dinámico de las tasas de transmisión y con esto se tendría un sistema adaptable a las condiciones del tráfico en el canal.

## V. Conclusión

En este trabajo se analizó como primera etapa el algoritmo de enrutamiento AODV para redes ad-hoc inalámbricas que provee un buen desempeño para su implementación en redes no centralizadas, con un muy alto porcentaje de éxito en sus transmisiones y un tiempo de respuesta rápido; evita la formación de lazos cerrados y, por ende, los datos llegarán a su destino o se notificará del error de transmisión. Además, debido a ser un algoritmo de enrutamiento reactivo, evita la congestión de nodo a nodo, transmitiendo información sólo cuando sea necesario. Por otra parte se adaptó la capa de red (enrutamiento) con la capa MAC, basada en CDMA, evaluando por medio de un proceso de simulación el protocolo AODV-CDMA con diferentes tasas de transmisión. Los resultados obtenidos nos indican que es posible mantener el desempeño de forma constante con un aumento en el número de nodos. Como trabajo futuro al protocolo AODV-CDMA puede ser mejorado usando tasas de transmisión dinámica logrando con esto que se tenga una adaptabilidad del tráfico.

## VI. Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue llevado a cabo con el apoyo del fondo institucional UAT10-ING-0217.

## VII. Referencias

- (1) Royer, E.M. and Chai-Keong, T. "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks".

- IEEE Personal Communications*. Vol. 6(2). April 1999. pp. 46-55.
- (2) Ramanathan, R. and Redi, J. "A Brief Overview of Ad Hoc Networks: Challenges and Directions". *IEEE Communications Magazine*. Vol. 40(5). May 2002. pp. 20-22.
  - (3) Qin, L. and Kunz, T. "Survey on Mobile Ad Hoc Network Routing Protocols and Cross-Layer Design". Technical Report, Carleton University, Systems and Computer Engineering, T.R. SCE-04-14. August 2004. <http://kunz-pc.sce.carleton.ca/Thesis/RoutingSurvey.pdf>
  - (4) Lang, D. "A comprehensive overview about selected Ad Hoc Networking Routing Protocols", Technical Report, Department of Computer Science, Technische Universität München. March 2003. <http://wwwbib.informatik.tu-muenchen.de/infberichte/2003/TUM-I0311.pdf>
  - (5) Perkins, C.E. and Royer, E.M. "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing". In *Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, New Orleans, LA, February 1999, pp. 90-100.
  - (6) Moreno-Lemus, A. "Análisis del Desempeño del Algoritmo de Enrutamiento AODV para Redes Inalámbricas". *Tesis de Licenciatura*. Departamento de Electrónica. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Reynosa, Tamaulipas. México. Junio de 2008.
  - (7) Méndez, A. Covarrubias, D. Vargas, C. *Análisis de Prestaciones para Protocolos de Control de Acceso al Medio*. 1<sup>era</sup> edición. Agosto 2009. Innovación Editorial Lagares de México, S.A. de C.V. Naucalpan, Estado de México. México. pp. 71.
  - (8) Hoang, D. and Iltis, R.A. "Performance Evaluation of Multi-Hop CSMA/CA Networks in Fading Environments". *IEEE Transactions on Communications*. Vol. 56(1). January 2008. pp.112-125.
  - (9) Mendez, A. Aquino, R. Covarrubias, D. and Panduro, M. "Performance Evaluation of the RQMA-CDMA Scheme for Multimedia Traffic with QoS Guarantees," *AEU International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 64 (10). October 2010. pp. 916-923.
  - (10) Mendez, A. Panduro, M. Covarrubias, D. Dominguez, R. and Romero, G. "Quality of Service Support for Multimedia Traffic in Mobile Networks using a CDMA Novel Scheduling Scheme". *Computers and Electrical Engineering Journal special issue on "Recent Advances in Wireless Networks and Systems"*. Vol. 32(1-3). April 2006. pp. 178-192

# Modelo de Administración de Servicios en Red para Ambientes Educativos

Marco Antonio Hernández Pérez<sup>1</sup>, Salvador Álvarez Ballesteros<sup>2</sup>, Chadwick Carreto Arellano<sup>3</sup>

## Resumen.

En el presente trabajo se aborda el estado del arte del concepto “dominio en red”, así como la evolución que ha tenido. Se aborda el término de “Computo en nube” (*iCloud*) y de los diferentes tipos de servicios existentes. Posteriormente, se presenta una propuesta de diseño para implementar un modelo de administración de servicios en red para ambientes educativos, utilizando como base los conceptos antes escritos y el aspecto de inteligencia de dominios.

**Palabras clave:** cómputo en nube, dominio, dominio inteligente, redes ubicuas.

## Summary.

*This work engages the art's state of the paradigm “net domain”, as well as its evolution through the time. It discusses about “iCloud” and the different types of existing services. Secondly, we present a design proposal to implement a management model for web learning services environment using intelligence domains.*

**Keys words:** cloud computing, domain, intelligent domain, ubiquitous network.

## 1. Introducción.

La necesidad de obtener información especializada en forma rápida, segura, eficiente y a un bajo costo, es una realidad inherente dentro y fuera de un ambiente laboral y educativo. Es por esta causa, -entre otras-, que se han desarrollado aplicaciones para móviles que ayuden a satisfacer este requerimiento.

Hoy en día, es perfectamente normal hablar de redes en las que conviven dispositivos que no están totalmente conectados a Internet, tales como: teléfonos móviles, PDA's (*Personal Digital Assistant*), sistemas de navegación para vehículos, consolas de videojuegos, televisión digital; en definitiva, toda una clase de dispositivos heterogéneos. Las tendencias actuales en investigación indican que todos estos dispositivos se conectarán en muy pocos años, a redes con ancho de banda muy superior a lo actual. Al mismo tiempo, estas redes tendrán acceso multi-modal (IPv6, xDSL, CATV, Wi-Fi, fibra óptica), con lo cual, se multiplicará la conectividad de los dispositivos [1].

En la actualidad, no existen muchas aplicaciones conocidas que, además de cumplir el requisito de proporcionar información, cuenten con un mecanismo de identificación automático, así como con una jerarquización de privilegios de la información. De esta manera, si un profesor llega al aula de clase de un respectivo grupo, la red móvil existente, automáticamente lo identificará y en breve, se cargarán en su dispositivo móvil todos los privilegios a los cuales tiene acceso, como son: materiales de apoyo para la clase, listas de los alumnos, horario de clase, etc.

Dado lo anterior, se vuelve importante la creación de un medio o método que nos permita tener acceso a información de manera eficiente, fácil y rápida; disponible en cualquier momento y lugar y que además, proporcione la ventaja de que la información obtenida sea útil y veraz. De esta forma, se apoyará al proceso educativo más allá de un aula y de un libro [2].

Por esta razón, en el presente trabajo, se propone un modelo de administración de servicios en red, el cual, permitirá que se distribuyan los servicios en una red de acuerdo a los perfiles y a los espacios o “Dominios” de aplicación de los mismos.

A continuación, en la sección 2 se exhiben los antecedentes para concebir el modelo planteado; en la 3, se explica la propuesta; mientras que en la 4, se presenta el diseño del modelo. Finalmente, en la sección 5 se muestran las conclusiones de la propuesta y se establecen ideas para trabajos a futuro.

<sup>1,2</sup>Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México D.F., Teléfono: 57296000 Ext. 54755 Y 54756, mark\_antony\_001@yahoo.com.mx<sup>1</sup>, salvarez@ipn.mx<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Escuela Superior de Cómputo, IPN, Av. Juan de Dios Bátiz s/n esquina Miguel Othón de Mendizabal. Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Col. Lindavista C.P. 07738, México, D. F. Teléfono: 57296000 Ext. 52021, ccarreto@ipn.mx

## 2. Antecedentes.

### *Redes Ubicuas.*

La definición de tecnologías ubicuas fue introducida por Mark Weiser [3, 4], describiéndolas como entornos rodeados de computadoras y redes de comunicaciones inalámbricas, que se encuentran en interacción con los seres humanos. El nuevo paradigma de la tecnología de la información, -bajo este entorno-, se ha dado en llamar *redes ubicuas*.

La palabra *ubicuo* define la cualidad de “existir en cualquier lugar simultáneamente”. Las redes ubicuas permitirán a los usuarios acceder a Internet desde cualquier sitio, en cualquier momento.

Este nuevo paradigma se está imponiendo poco a poco en nuestra sociedad, y la educación, como colectivo habitual en el uso de nuevas tecnologías, es una de las primeras en utilizarlo cotidianamente. Esta investigación y desarrollo se centra en dar soluciones aplicadas a los entornos educativos bajo este nuevo paradigma de comunicación. Las redes ubicuas son, por tanto, el último eslabón en la secuencia de crecimiento de los entornos distribuidos.

Las redes ubicuas necesitan un mecanismo para permitir a los usuarios tener acceso seguro y transparente a los recursos de la red. Para solventar estos problemas se necesita una nueva generación de infraestructuras, incluidas aquellas para la autenticación y la autorización (AAI), para la gestión de atributos de certificados (AC), así como nuevos mecanismos para delegación y revocación de privilegios.

Todo apunta a que la próxima etapa de las comunicaciones “ininterrumpidas” será el surgimiento de nuevas tecnologías y redes ubicuas, las cuales, explotarán el entorno digital.

### *Tipos de servicios.*

El surgimiento de la tecnología Internet, ha dado lugar a que se generen diferentes servicios para un mejor manejo de la red:

- *Servicio Web.* Conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la Web.
- *Servicio Móvil.* Acompaña al usuario sin importar cuál sea su localización en la red
- *Servicio Interactivo.* Es aquél que ofrece un conjunto de funcionalidades de interés para el usuario con las que puede “interaccionar” sin retardos significativos para su percepción de la calidad, por medio de experiencias interactivas. De aquí, surge el término “experiencia interactiva”, siendo aquella en la que el usuario desarrolla una acción de forma libre con una o varias personas en tiempo real.
- *Servicio Distribuido.* Se define como una colección de computadores autónomos conectados por una red y equipados con el software distribuido adecuado, para que el sistema sea visto por los usuarios como una única entidad capaz de proporcionar facilidades de computación.
- *Servicio Colaborativo.* Basados en computadoras que soportan grupos de personas involucradas en una tarea común (u objetivo) y que proveen una interfaz a un ambiente compartido [5].
- *Servicio Federado.* Se encuentra disponible en una zona, una región o un dominio determinado. Los servicios no federados, están limitados a un dominio en específico y pueden ser accedidos desde cualquier parte de la red.

A continuación, en la tabla 1, se desarrollará una comparativa entre los diversos tipos de servicios existentes, con la finalidad de presentar de forma resumida sus características en cuanto a seguridad, escalabilidad, movilidad, conectividad, adaptabilidad, flexibilidad, disponibilidad y transparencia.

Entenderemos estos conceptos como:

- *Seguridad:* son los mecanismos de identificación y autenticación implementados para evitar el uso no autorizado de recursos.
- *Escalabilidad:* habilidad para extender el margen de operaciones sin perder calidad, o bien, manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida, o bien, para estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos.
- *Movilidad:* permite recibir la información que se necesite sin importar el lugar donde se encuentre el usuario; cualquier elemento de interacción del sistema puede estar en cualquier lugar.
- *Conectividad:* permite extender el alcance de una aplicación para que sea accesible desde diversos dispositivos o medios; admite establecer una conexión fiable en cualquier lugar y bajo cualquier infraestructura.
- *Adaptabilidad:* contempla la convivencia e inclusión de nuevas y futuras tecnologías o infraestructuras.
- *Flexibilidad:* permite dar una respuesta ágil y eficiente a los servicios.

- *Disponibilidad*: referencia al hecho de que un usuario autorizado pueda acceder a la información y/o a los servicios en el momento que lo requiera.
- *Transparencia*: habilidad mediante la cual el mecanismo para invocar servicios permanece igual, independientemente de si el servicio reside en una máquina local o en una máquina remota.

Tabla 1. Comparativa de diferentes servicios existentes.

Tipo de servicio	Características							
	Seguridad	Escalabilidad	Movilidad	Conectividad	Adaptabilidad	Flexibilidad	Disponibilidad	Transparencia
Web	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X
Móvil	X	✓	✓	✓	✓	✓ X	✓	X
Interactivo	X	X	✓ X	✓	X	X	X	X
Distribuidos	✓	✓	X	X	✓ X	✓	✓	✓
Colaborativos	✓	✓	✓ X	✓	X	✓	✓ X	✓
Federados	✓	✓	X	X	X	X	X	✓

Dónde:

- ✓ = sí cuenta con esa característica.
- X = no cuenta con la característica.
- ✓ X = cumple con la característica bajo ciertas condiciones.

### Cómputo en Nube.

Actualmente, especialistas alrededor del mundo han aprovechado diversas potencialidades que proporciona Internet para sustituir algunas de las estructuras físicas que antes eran necesarias para realizar el trabajo en una computadora. A este fenómeno se le ha denominado *computación en nube (cloudcomputing)*.

El término *cloudcomputing*, en palabras de Kevin Marks, de Google, “viene de los primeros días de Internet en los que los desarrolladores de aplicaciones Web dibujaban la red como una nube que almacena información temporalmente. Hoy, la nube, también procesa información. En realidad, la “nube” corresponde a gigantes dispositivos de almacenamiento de información del tamaño de edificios completos, que son propiedad de firmas informáticas.

El término *cómputo en nube* se encuentra en las primeras etapas de desarrollo. Por ello, han surgido una serie de iniciativas para estandarizar términos y definiciones al respecto, siendo el NIST (*National Institute of Standards and Technology*) y la CSA (*Cloud Security Alliance*), dos de los organismos que se han establecido como referentes en la industria.

*Modelos de servicio en nube.* En el documento de la CSA se define un “Modelo SPI”: 1) *Software*: el usuario usa aplicaciones en la nube, pero no tiene control de su infraestructura (e-mail). 2) *Plataforma*: el cliente desarrolla sus propias aplicaciones en la nube, pero sigue sin tener control sobre la infraestructura. 3) *Infraestructura*: proveedor suministra a sus clientes infraestructura básica de TI (servidores virtuales).

*Modelos de despliegue en nube.* La manera en la que el proveedor hace disponibles los servicios de nube, da origen a cuatro modelos de despliegue en la nube: 1) *Nube pública*: servicios a disposición de cualquiera. 2) *Nube privada*: servicios exclusivos para una organización. 3) *Nube comunitaria*: un grupo la comparte. 4) *Nube híbrida*: combinación de dos o más anteriores.

*iCloud*: Nombre aplicado por la empresa Apple. El servicio *iCloud*, es un disco duro “invisible” que guarda archivos en la Web. La nube de Apple, además, permite guardar la sincronización o transferencia de archivos de alguna computadora a algún dispositivo móvil como una *iPad*, un *iPhone* o un *iPod Touch*. Cuando se entra a *iCloud*, automáticamente se otorgan 5GB de libre almacenamiento.

### Tipos de dominios.

Las redes, o infraestructuras de telecomunicaciones, proporcionan la capacidad y los elementos necesarios para mantener a distancia un intercambio de información y/o una comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos, vídeo o una mezcla de los anteriores.

Surge entonces el concepto *Domino de Red*. Un dominio es un área limitada en la cual, concurren servicios de cómputo. Existen diferentes formas de clasificar a los dominios. A continuación, se describen dado el grado de movilidad que tienen:

1. *Dominios fijos*: en esta estructura, los usuarios y los terminales están permanentemente fijos, conectados físicamente a las redes mediante un cable o mediante espectro radioeléctrico, pero sin poder desplazarse de ubicación (ver Fig. 1).



Fig. 1. Estructura de un dominio fijo.

2. *Dominios móviles*: la Fig. 2 muestra un dominio como éste. En él, los accesos de la red están fijos y los usuarios están en movimiento dentro de las zonas de cobertura de la red; los terminales proporcionan a la red las señales que permiten su seguimiento e identificación.



Fig. 2. Estructura de un dominio móvil.

3. *Dominios distribuidos*: al igual que en un dominio móvil, el usuario no guarda una posición fija dentro de la zona de cobertura. Aquí, los accesos a la red también son móviles, por lo que la zona de cobertura de la red es igualmente móvil. Este tipo de arquitectura también es conocida como dominio virtual, debido a que uno puede acceder a determinada zona de cobertura sin estar precisamente en ella (ver Fig. 3).



Fig. 3. Estructura de un dominio distribuido.

### ***Redes educativas: una estrategia para mejorar la educación.***

En la actualidad, las redes educativas son un mecanismo mediante el cual, se van gestando alianzas y se generan espacios de intercambio entre personas e instituciones de distintos lugares del mundo, con objetivos claros y comunes.

Las redes educativas van tomando gran fuerza sumando miembros y sobre todo, generando nuevos espacios y formas de ver la realidad que vivimos; todo ello, enriquecido con el aporte de experiencias y políticas aplicadas en otros países.

Compartir otras visiones abre nuevas posibilidades para la diversidad de situaciones que vivimos en el país; tener nuevas oportunidades, es un aporte al crecimiento y al desarrollo [6].

En esta perspectiva, las redes están contribuyendo enormemente a mejorar la calidad educativa, generando un punto de encuentro, de diálogo, de interaprendizaje, de apoyo solidario, de crecimiento personal y colectivo, de intercambio de conocimientos y experiencias educativas; vale decir, una empresa del aprendizaje [7, 8].

Una vez consideradas las diversas tecnologías abordadas, el objetivo principal, -para este trabajo-, es desarrollar un modelo, el cual, tendrá como finalidad ofrecer al usuario de un entorno educativo, el acceso a la información y/o a los servicios de los diversos dominios de trabajo, de forma rápida, segura, transparente, desde cualquier lugar y en cualquier momento, brindando al usuario confort dentro del entorno educativo (ver Fig. 4). Dentro del modelo que se propone en el presente artículo, concebimos el concepto *Inteligencia de dominios* que propone extender la definición original de dominio.

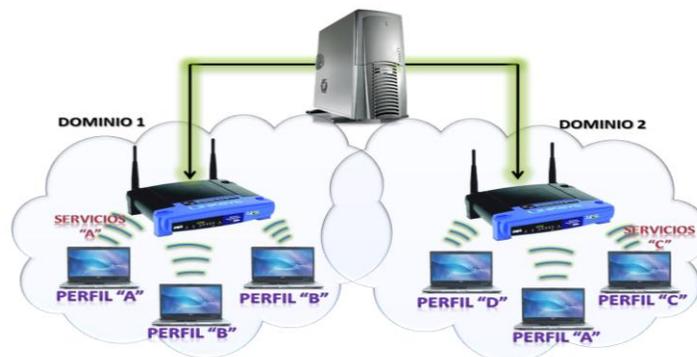


Fig. 4. Estructura del modelo propuesto.

### **3. Modelo propuesto.**

En la Fig. 5, se muestra el modelo propuesto que ofrece servicios y/o información a la comunidad del entorno educativo.



Fig. 5. Modelo propuesto.

De forma general, la arquitectura del modelo propuesto funciona de la siguiente manera:

1. Un dispositivo móvil, al entrar al área de cobertura inalámbrica que ofrece un *router* (que llamaremos dominio), automáticamente se podrá conectar al medio y tener los servicios normales que ofrece el dominio. Para llevar a cabo este proceso, el *router* identificará el dispositivo que desea conectarse al dominio y le asignará una IP.
2. Una vez que el *router* ha proporcionado conexión al dispositivo móvil, enviará al servidor central un mensaje, indicándole que un dispositivo nuevo se ha conectado; de igual forma, con ayuda de la tabla ARP del propio *router*, le indicará al servidor la IP y la dirección MAC que tiene este dispositivo.
3. El servidor, apoyándose en bases de datos que él mismo contiene y en la información que obtiene del *router*, es el encargado de llevar a cabo la identificación del usuario. Una vez definido el perfil del usuario, el servidor autoriza a la red que se le proporcionen las aplicaciones, a las cuales, tiene derecho dada su ubicación actual.
4. Como puede verse, el usuario, -dado el perfil al que pertenezca-, tendrá acceso a una serie de aplicaciones; sin embargo, las aplicaciones que únicamente coincidan con la ubicación actual del usuario, serán las que se proporcionen. Es decir, si el usuario está en un dominio 1, ese usuario recibirá las aplicaciones correspondientes al dominio 1; mientras que si el usuario está en un dominio 2, el usuario recibirá las aplicaciones del dominio 2.
5. La manera en que se presentan al usuario las diversas aplicaciones a las cuales tiene derecho, es a través de una página Web que se le desplegará al usuario automáticamente, una vez que el servidor autorice las aplicaciones al dispositivo en cuestión.

Como se puede observar, los usuarios que estén dentro del dominio de interés, se tienen que identificar para poder acceder a los servicios. Esto permite que el control de acceso se realice por medio de la autoridad de registro del sistema, dándonos un control bien definido de las personas que entran en él. Asimismo, se sabrá cuál es su nivel de acceso y cuáles serán las responsabilidades que tendrán en el sistema.

#### 4. Diseño del modelo de administración de servicios.

El modelo propuesto de la Fig. 5 está constituido de cuatro módulos, los cuales, se presentan en la Fig. 6. Éstos son:

- Módulo de análisis de red.
- Módulo de validación.
- Módulo de aplicaciones.
- Módulo de prestación de servicios.



Fig. 6. Módulos del modelo propuesto.

### ***Módulo de análisis de red.***

Este módulo es el encargado de hacer que el dispositivo móvil del usuario detecte la red inalámbrica existente en el área y tenga la posibilidad de incorporarse a la red o dominio del entorno educativo. Para ello, existirá un dispositivo de interconexión que será el encargado de permitir el acceso a la red y por ende, a los servicios que en ésta se ofrezcan. El dispositivo de interconexión es el punto de acceso del dispositivo móvil de usuario y del dominio.

*Conexión del dispositivo móvil y de la red por primera vez:* el punto de acceso de la red educativa transmite periódicamente su identificador de conjunto de servicio (SSID), luego, el equipo móvil de usuario escucha el SSID del punto de acceso y lo retransmite para lograr una asociación, para que finalmente, el dispositivo móvil realice una petición al servidor DHCP para que le proporcione la información necesaria para conectarse a la red. Cuando es un dispositivo móvil que previamente ha tenido acceso a la red, la asociación entre éstos, así como la petición al servidor DHCP, se hace de manera automática. El servidor DHCP envía al dispositivo móvil la configuración de red para usuario, que incluye la dirección IP, la dirección del *Gateway* y las direcciones de los servidores DNS.

Una vez que se lleva a cabo la asociación entre el dispositivo móvil y la red, el Servidor DHCP actualiza su tabla de usuarios (tabla ARP), la cual, contiene la asociación de la dirección IP con la dirección MAC de cada uno de los dispositivos móviles de los usuarios que estén conectados.

La tabla ARP del servidor DHCP es enviada al Servidor para que éste, a través de su base de datos de usuarios registrados, inicie el proceso de validación de usuario (módulo de validación).

### ***Módulo de validación.***

La seguridad es un aspecto fundamental en todo sistema de comunicaciones, y dado que este modelo tiene como uno de sus objetivos el proporcionar información y/o servicios a todos los usuarios del entorno educativo, no significa que cualquier usuario pueda tener acceso a cualquier información, sino que el acceso a los servicios debe ser controlado individualmente en función del tipo de privilegios con que cuenta el usuario.

Este módulo realiza la validación de usuarios por medio de un identificador (dirección MAC del dispositivo), verificando así, que el usuario ya registrado sea quien intente conectarse al dominio educativo y acceda a los servicios. De ser positiva la identificación del usuario, el servidor procede a continuar con el módulo de aplicaciones para consultar el perfil del usuario, con el fin de saber cuáles son los servicios disponibles para él; mientras que si es una identificación negativa, el servidor ofrece un servicio limitado, lo que abre la posibilidad a visitantes del entorno educativo.

### ***Módulo de aplicaciones.***

Este módulo lleva a cabo la administración de aplicaciones y/o de servicios con los que cuenta cada usuario. Este módulo presenta dependencia en relación con el módulo de identificación, ya que para poder establecer la administración de los servicios con los que cuenta el usuario, requiere previamente su autenticación.

Para este módulo de aplicaciones, existen dos condiciones o mecanismos para la toma de decisión:

- Perfil
- Dominio de acceso.

Para el caso del perfil, reconociendo la clase de perfil con el que cuenta el usuario que accede a la red, será el tipo de privilegios a los cuales tendrá acceso. Ejemplos de tipos de perfiles son:

- ✓ Estudiante.
- ✓ Profesor.
- ✓ Administrativo.
- ✓ Visitante.

Las aplicaciones que se ofrecen a los usuarios dependen del perfil que éstos tengan dentro de la base de datos de usuarios registrados en el sistema, por lo que estudiantes, profesores, personal administrativo y visitantes, tendrán servicios y/o aplicaciones acorde a sus necesidades (ver Fig. 7).

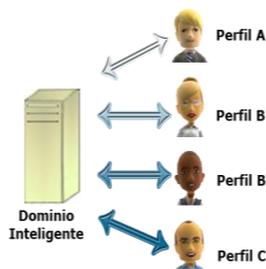


Fig. 7. Toma de decisión por medio del perfil del usuario.

Otro factor importante para definir las aplicaciones a las cuales tendrán acceso los usuarios, dependerá de la localización en que se encuentren los mismos dentro del *campus*, para otorgarles el tipo de información que recibirán. Por ejemplo: si están en la biblioteca, recibirán servicios acorde a ese dominio como lo es la consulta del catálogo de libros y de revistas; mientras que si se encuentran en el área de aulas, recibirán servicios como lo es la consulta de horarios de los grupos.

Una vez que el servidor de autenticación haya considerado las dos condiciones, enviará al dispositivo del usuario una interfaz HTML con la relación de las aplicaciones y/o de los servicios a los cuales tiene acceso.

### ***Módulo de prestación de servicios.***

En este módulo, el usuario selecciona uno de sus servicios disponibles. La conexión con los servicios se hace mediante una arquitectura Cliente-Servidor, la cual consiste básicamente en un cliente que realiza peticiones a un servidor y éste le da respuesta.

El usuario podrá seleccionar de su lista de servicios disponibles el que necesite cuando así lo requiera. Una vez seleccionada la aplicación se establece una conexión entre el usuario y el servidor. Éste último, procesa el servicio y envía una respuesta al usuario a través de una interfaz gráfica por medio de su dispositivo móvil. Cuando el usuario no requiera más este servicio bastará con finalizar la conexión para regresar al inicio, donde nuevamente podrá observar servicios disponibles.

La implantación de este modelo tiene como una de sus finalidades hacer que el usuario tenga una interacción lo más sencilla, transparente y ubicua que se pueda con el entorno educativo. Esta interacción se da en cada uno de los módulos que componen a dicho modelo.

## **5. Conclusiones y trabajo a futuro.**

Las redes móviles son cada día más comunes en las instituciones educativas. En nuestros días, se ha vuelto un objetivo conseguir un cómputo ubicuo que asegure una total interactividad en todo momento y en todo lugar; por consiguiente, este proyecto está enfocado a acercarnos a dichos objetivos, pretendiendo así, desarrollar un entorno capaz de ofrecer los servicios requeridos para usuarios específicos de la manera más transparente posible.

Actualmente, el modelo se encuentra en fase de desarrollo; sin embargo, se considera que es una propuesta viable debido a que proporcionará confort a los usuarios del sistema del entorno educativo, en base a la movilidad con la que se les permitirá actuar y a la disponibilidad de servicios.

El aprendizaje y el conocimiento son parte esencial en toda organización y comunidad; y al hablar de comunidad, es necesario que el conocimiento se distribuya y se aplique, de otra forma, se volvería inútil. Tomando esta filosofía, el modelo tiene como meta: *brindar información de forma rápida, segura y eficiente.*

En lo que respecta a trabajos futuros, se pretende realizar la implantación del modelo de administración de servicios propuesto en un ambiente educativo real.

Una vez que se verifique la funcionalidad esperada, este modelo bien podría ser útil para el desarrollo de sistemas similares en ambientes diferentes al educativo, por ejemplo: en la medicina (hospitales) y en entornos culturales (museos, teatros, etc.).

**Agradecimientos:** Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional, en particular a la ESIME, ESCOM, CECyT No. 1 “Gonzalo Vázquez Vela”, CIC, SIP, COFAA, el apoyo para la realización de este trabajo.

## 6. REFERENCIAS.

- [1] Reyes Cano, José. Universidad Politécnica de Valencia. (2003). Extraído el 19 de abril de 2011 desde <http://www.grc.upv.es/Software/bluepeer/Documentacion/José%20Cano%20Reyes%20-%20PFC.pdf>
- [2] Carreto Chadwick, Menchaca Rolando. (2004). *Arquitectura de Colaboración mediante dispositivos Móviles Aplicada a la Administración del Conocimiento*. Artículo de Investigación. Universidad de Colima, México.
- [3] Weiser, Mark. (1993). *Ubiquitous computing: origins, current research, and the future*. Eximio Simposio de Lectura. Universidad de British Columbia, Vancouver, Canada.
- [4] Weiser, Mark. (2006). *Ubiquitous computing: Intel Architecture Labs*. Hillsboro, OR.
- [5] Muñoz Duarte, Miguel Ángel. *Cómputo colaborativo consciente del contexto*. Tesis de Maestría, CICESE
- [6] Centro Nacional de Investigaciones Sociales y Educativas (CENAISE). Extraído el 8 de enero de 2011 desde <http://www.cenaise.org.ec/redes/redes.html>
- [7] Silvana, X. (2007). Extraído el 8 de enero de 2011 desde <http://ojosyoidos-santa.blogspot.com/2007/03/bienvenidos.html>
- [8] Kay, Alan. (1991). *Computers, Networks, and Education*. Revista Scientific American, 138-148.
- [9] Rajendran, V., Obrzacka, K., y García Luna, Aceves J.J. (2006). *Energy-Efficient, Collision-Free Medium Access Control for Wireless Sensor Networks*. Diario Wireless Networks, Vol. 12, No. 1.
- [10] Akyildiz, Ian F. (2002). *A Survey on Sensor Networks*. Revista IEEE Communications.
- [11] Parsa, C., García Luna, Aceves J.J. (2000). *Improving TCP Performance over Wireless Networks at The Link Layer*. Diario ACM Mobile Networks and Applications, Special Issue on Mobile Data Networks: Advanced Technologies and Services, Vol. 5, No. 1, 2000, 57-71.

# Diseño Conceptual MEMS Aplicado a la Detección de Fugas de Campo Magnético

César Alonso Gutiérrez Rojas<sup>1</sup>, Hugo Gámez Cuatzin<sup>2</sup>, Alfonso Gómez Espinosa<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, 01-442-211-98-00 ext1353, c\_alonso182@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, 01-442-211-98-00 ext1353, hgomez@cidesi.mx

<sup>3</sup> Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, 01-442-211-98-00 ext1412, agomez@cidesi.mx

## Resumen

Este trabajo se enfoca en el diseño de un sensor MEMS para aplicación en la técnica de Fugas de Campo Magnético. Los sensores que normalmente se utilizan para esta técnica son de Efecto Hall. La línea de este trabajo se basa en explorar una alternativa en el uso de sensores proponiendo un sensor MEMS que pueda cubrir las necesidades de esta técnica y aprovechar las ventajas de los sensores tipo MEMS. El diseño conceptual parte de pruebas de campo realizadas con sensores de Efecto Hall y a partir de conocer la sensibilidad requerida y los parámetros apropiados utilizados en esta técnica, se propone un sensor MEMS que trabaja con corriente por tuneleo. Actualmente se está trabajando en la

simulación de este diseño en un software de Elemento Finito y se cuenta con resultados parciales positivos conforme a lo esperado.

## Summary

This work focuses on a sensor MEMS design to be used in the technique of magnetic flux leakage. The sensors normally used for this technique are the Hall effect. The line of this work is based on exploring an alternative in the use of MEMS sensors by proposing a sensor that can be used for the needs in this technique and take advantage of these MEMS types. The conceptual design starts from field trials with Hall Effect sensors and from knowing the sensitivity required and the appropriate parameters used in this technique, we propose a MEMS sensor that works by tunneling current. We are currently working on the simulation of this design in a Finite Element software, and has partial positive results as expected.

**Palabras clave:** Elemento finito, Electrón tunneling, Fugas de Campo Magnético, MEMS.

## Introducción

### Antecedentes

Los sistemas micro electromecánicos (MEMS), es la integración de elementos mecánicos, eléctricos, sensores y actuadores en un sustrato de silicio. Utilizados actualmente en diversos sectores como el militar, automotriz, aeroespacial, medico, entre otros.

Fugas de Campo Magnético es una técnica utilizada para inspeccionar superficies ferrosas, perteneciente a ensayos no destructivos, esta técnica se basa en conducir un campo magnético a través del material a inspeccionar, este campo pasa por el material hasta encontrar una falla, grieta, picadura o lo que significa una reducción de espesor, las líneas de campo que ya no encuentran por donde pasar debido a esta pérdida de material, se fugan del mismo para pasar por el aire, estas líneas de campo que se fugan son detectadas por un sensor de campo magnético (*ver Fig. 1*). La técnica también se conoce como MFL por sus siglas en inglés Magnetic Flux Leakage.

### Problemática

Básicamente se utilizan 3 tipos de sensores de efecto hall para MFL:

Arseniuro de indio (InAs): menor sensibilidad que InSb, resultando en una baja resistencia de ruido de bajo gasto, coeficiente de temperatura del VT de salida inferior a  $-0,1\% / ^\circ\text{C}$ .

Arseniuro de galio (GaAs): alta sensibilidad, alta resistencia haciéndolos relativamente ruidoso, coeficiente de temperatura de salida VT inferior a  $-0,1\% / ^\circ\text{C}$ .

Antimoniuro indio (InSb): alta sensibilidad, baja resistencia que resulta en el ruido de bajo gasto, coeficiente de temperatura de salida VT es de  $-1,0\% / ^\circ\text{C}$ .

Los sensores de efecto hall con mayor sensibilidad no alcanzan la escala de micro Tesla (*ver Fig. 2*). Y es

necesario mencionar que la resolución y sensibilidad de la técnica está directamente relacionada con la sensibilidad de los sensores que detectan las fugas de campo, es decir, una pérdida de material abrupta implica una gran cantidad de líneas de campo magnético “fugado” y estas son fáciles de detectar, sin embargo una pequeña grieta o lo que es lo mismo, una pequeña pérdida de espesor, implica pocas fugas de campo, por lo que se necesita un sensor capaz de detectar un campo magnético pequeño, esto significa que mientras mayor sensibilidad tenga el sensor de MFL esta técnica será capaz de detectar imperfecciones más pequeñas.

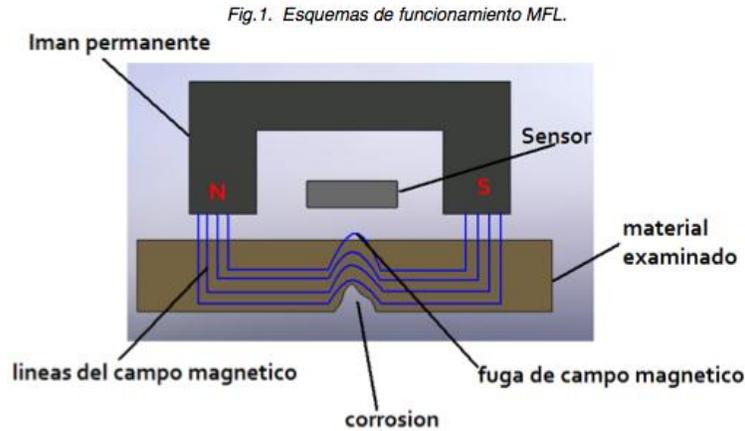
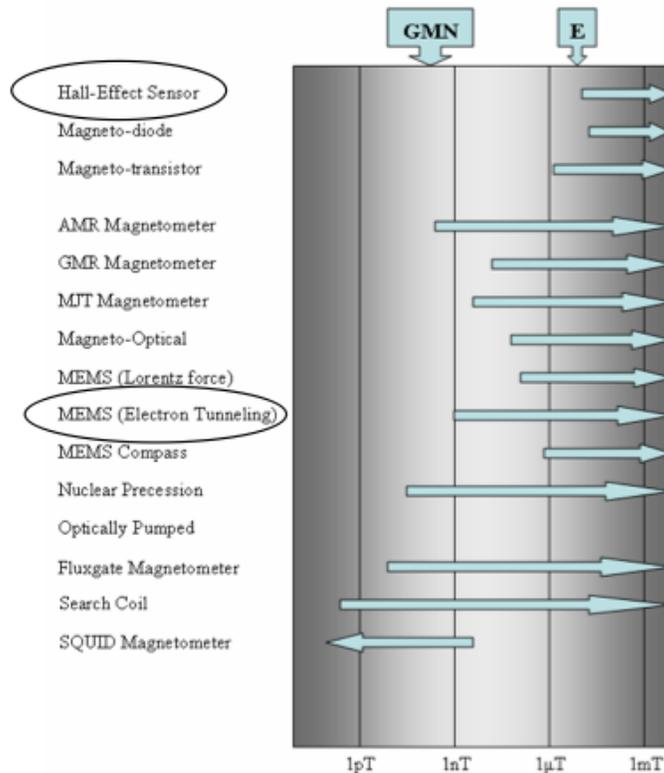


Fig.2. Los símbolos E (strength of the Earth's) y GMN (geomagnetic noise) se utilizan para indicar la fuerza del campo magnético de la Tierra y de ruidos geomagnéticos respectivamente [1] .



En una prueba realizada a una placa hierro de 80\*30 cm y 2cm de ancho (ver Fig. 3) con distintos tipos de falla se obtuvo que los valores iban desde 0.1 gauss donde no había falla (ver Fig. 4), valor que muestra que estaba saturado el material (el material se satura para asegurar que al encontrar una pérdida de espesor por pequeña que sea, las líneas de campo se tendrán que ir por el aire) y el campo magnético detectado en el aire es mínimo hasta los 2.5 gauss en donde había la falla de una pérdida del 100 % de espesor (ver Fig. 5).

La resolución del sensor de Efecto Hall fue insuficiente para realizar las pruebas en la placa, ya que el sensor no es confiable midiendo menos de 15 gauss, por lo que las pruebas se realizaron con un equipo de alta precisión, el 7030 three-channel GAUSS/TESLA METER de la marca F.W. Bell.

Un gauss (G) es una unidad de campo magnético del Sistema Cegesimal de Unidades, La unidad del Sistema Internacional de Unidades (SI) para el campo magnético es el tesla.

Un gauss es equivalente a  $10^{-4}$  tesla ó  $1 \text{ T} = 10\,000 \text{ G}$ , por lo que los valores arrojados por la prueba realizada con el GAUSS/TESLA METER son en el S.I. 1-5 T para medición sin falla (ver Fig. 4) y 25-5 T para la medición en la falla con 100% de pérdida de espesor (ver Fig. 5). Lo que deja claro que los sensores de efecto Hall promedio no pueden hacer estas mediciones debido a la resolución que manejan (ver Fig. 2).

Fig.3. Placa de hierro para pruebas de MFL

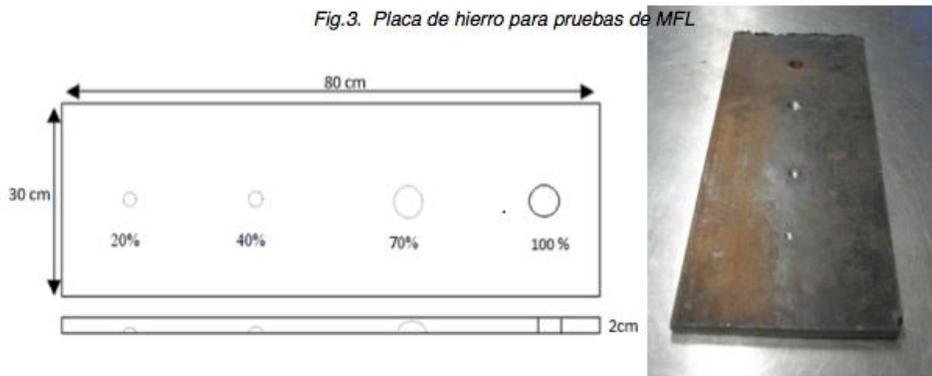
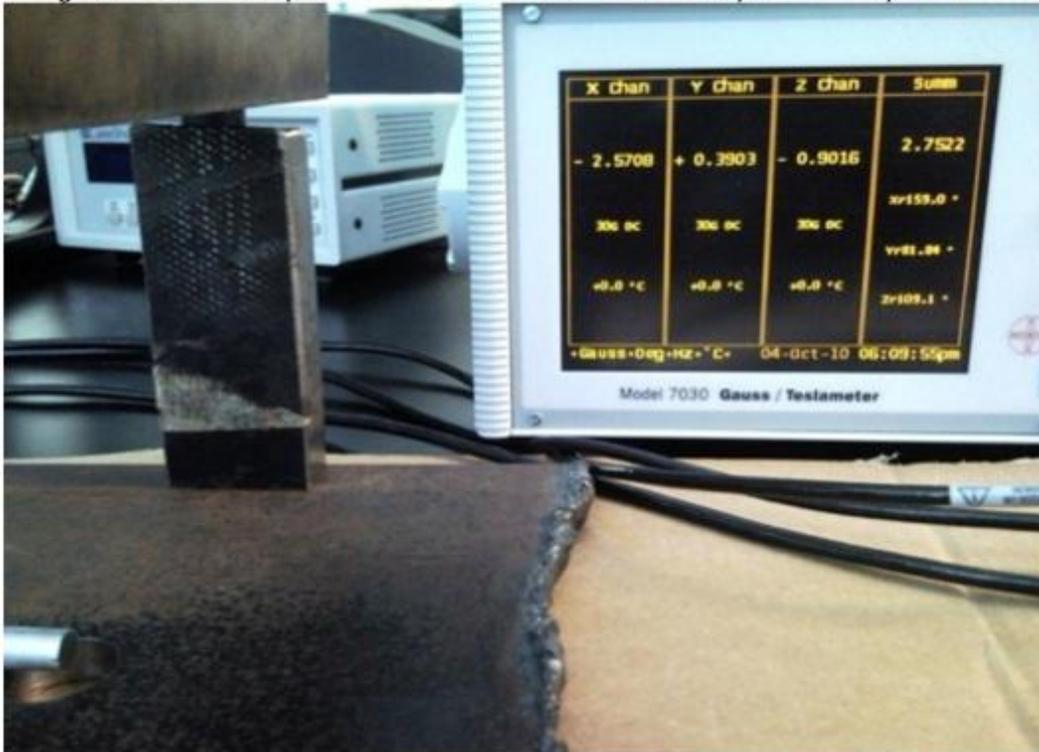


Fig.4. Medición en la placa sin falla



Fig.5. Medición en la placa en la falla donde se encuentra una pérdida de espesor del 100%.



## Fundamentos teóricos

### MEMS

Los sistemas micro electromecánicos presentan importantes ventajas, en general tienen:

- Bajo costo
- Bajo consumo de energía
- Pequeñas dimensiones
- Alto desempeño
- Integración con electrónica
- Confiables
- Fácil adaptación e integración a sistemas actuales

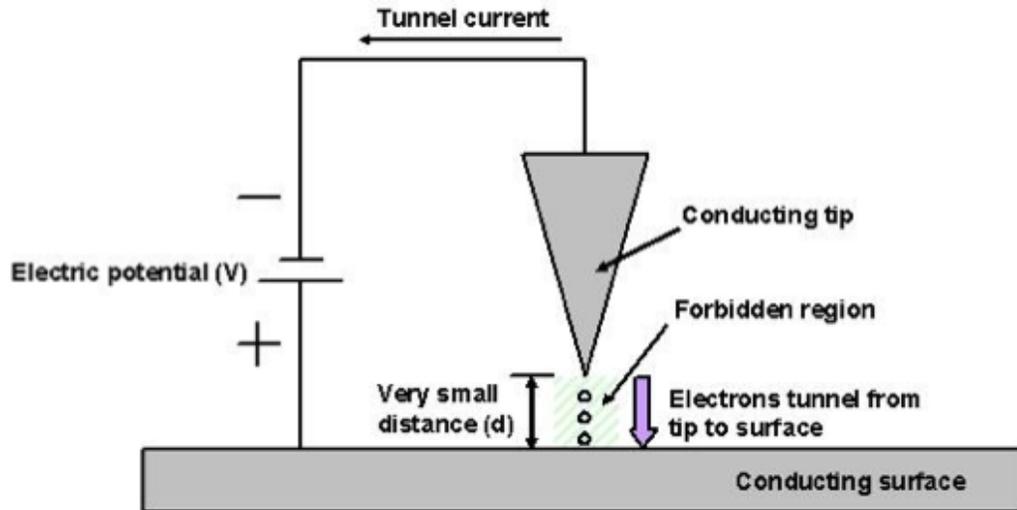
### Corriente de tuneleo

El principio de funcionamiento de la corriente por tuneleo (ver Fig. 6) o en inglés electron tunneling utilizado en sensores de campo magnético ofrece las siguientes ventajas [2] :

- Alta precisión y sensibilidad (nano Tesla)
- Puede hacerse por micro maquinado en silicio
- Puede ser operado con un muy bajo consumo de potencia desde 1 mW, lo que facilita tener un arreglo de sensores

El sensor se puede hacer de tamaño tal que se implemente junto con su electrónica en un solo circuito integrado

Fig.6. esquema de funcionamiento de la corriente de efecto túnel o de tuneleo



## Diseño

### *Sensor MEMS para Fugas de Campo Magnético*

El micro sensor consta de una viga en cantiléver (ver Fig. 7) la cual aumenta o disminuye la separación entre la punta portadora de electrones y su polo contrario al que se transportan los electrones, teniendo así un flujo de corriente, estas distancias varían por las fuerzas magnéticas ya que la viga tiene en la parte superior un micro imán permanente (ver Fig. 8) que se ve influido por fuerzas de atracción o repulsión al contacto con otro campo magnético, variando el flujo de corriente, que deberá ser medida como la indicadora del sensor.

El esquema de funcionamiento de corriente por efecto túnel del diseño se aprecia de manera directa al voltear la estructura (ver Fig. 9).

Fig.7. viga en cantiléver

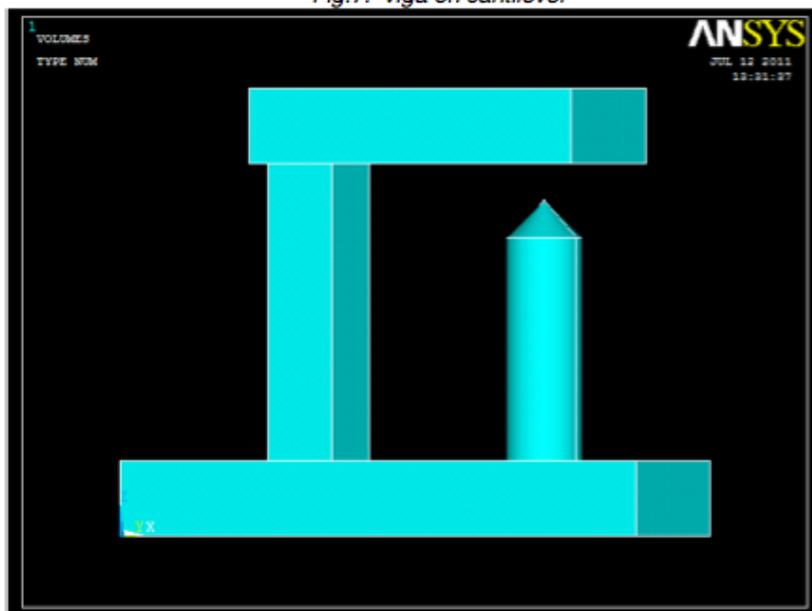


Fig.8. Viga en cantiléver con micro imán permanente

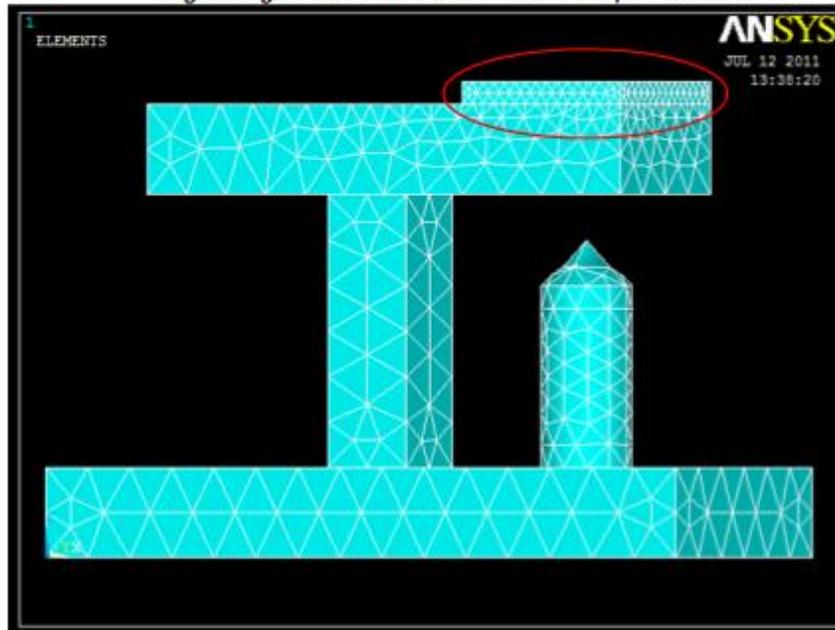
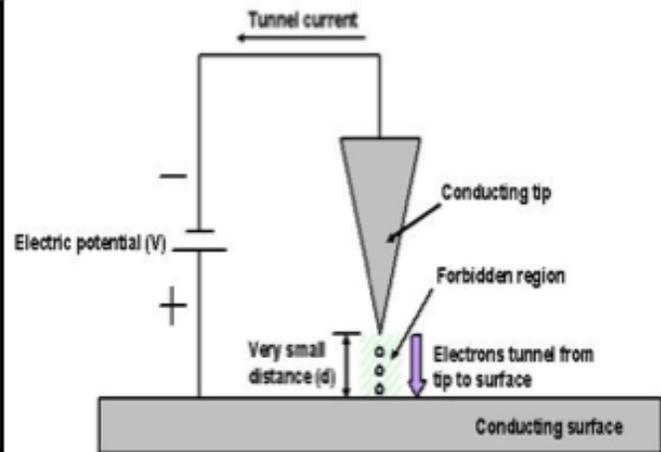
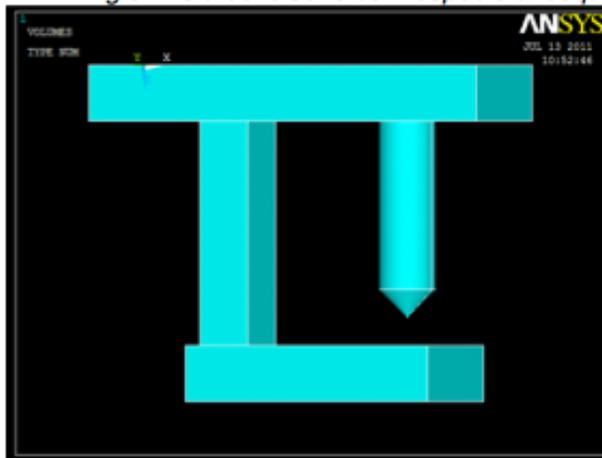


Fig.9. Vista del diseño con respecto al esquema de funcionamiento de la corriente por efecto túnel



### Materiales para el MEMS

Los volúmenes marcados con color verde agua (ver Fig. 10), son los conductores de corriente, en este caso un semiconductor "Si" silicio con las siguientes propiedades [3].

Módulo de Young  $169 \times 10^9$  Pa

Poisson ratio 0.22

Resistividad Eléctrica  $2.3 \times 10^{-11}$  ohm-micro metro

Para el Aire que es la barrera que cruzaran los electrones, que se modela entre la punta conductora y la viga de igual material con el volumen color rojo (ver Fig. 10):

Resistividad  $2.3 \times 10^{10}$  ohm-micro metro [4]

Permeabilidad relativa magnética 1

El poste entre las placas de silicio, volumen color morado (ver Fig. 10), es un dieléctrico con una muy alta

resistividad eléctrica, su función es dar soporte a la viga en cantiléver y tiene resistividad tan alta que evita que la corriente cruce por ahí, obligando a los electrones a cruzar la barrera del vacío que hay entre la punta y la viga. Se compone de "SiO2" oxido de silicio:

Poisson Ratio 0.15

Módulo de Young 66.3e9 Pa

Resistividad Eléctrica 10e11 ohm-micro metro

El imán permanente colocado en la parte superior de la viga, marcada con el color azul (ver Fig. 10), es un imán de tierras raras, se compone en su mayor parte por Neodimio, su composición es NdFeB, Neodimio, Ferrita y Boro, las propiedades necesarias para el análisis del comportamiento del imán son [5]:

Curva B-H (ver Fig. 11)

Fuerza coercitiva 1.3 T

Fig.10. Estructura MEMS completa

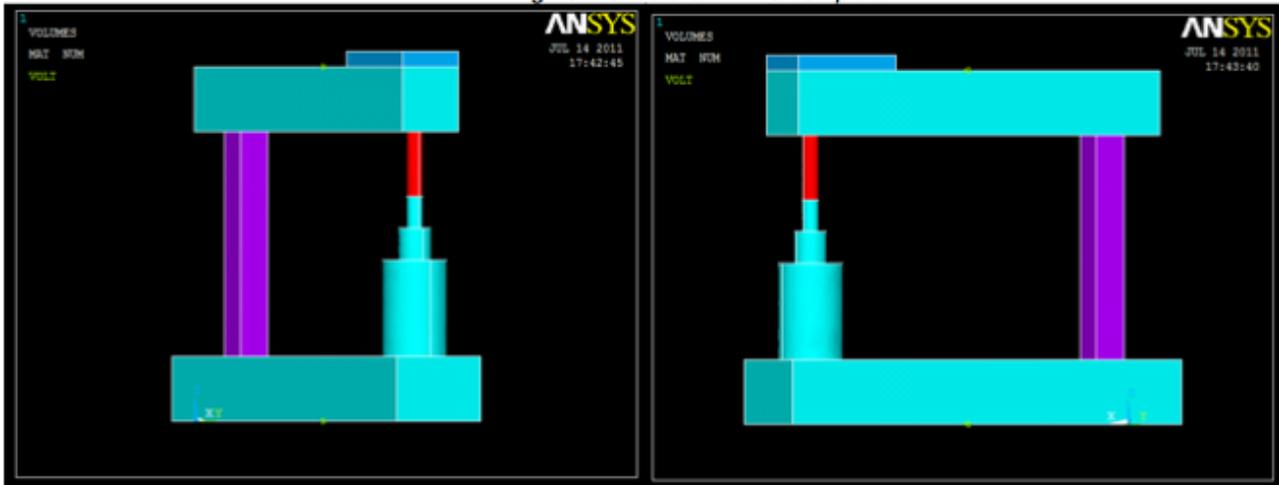
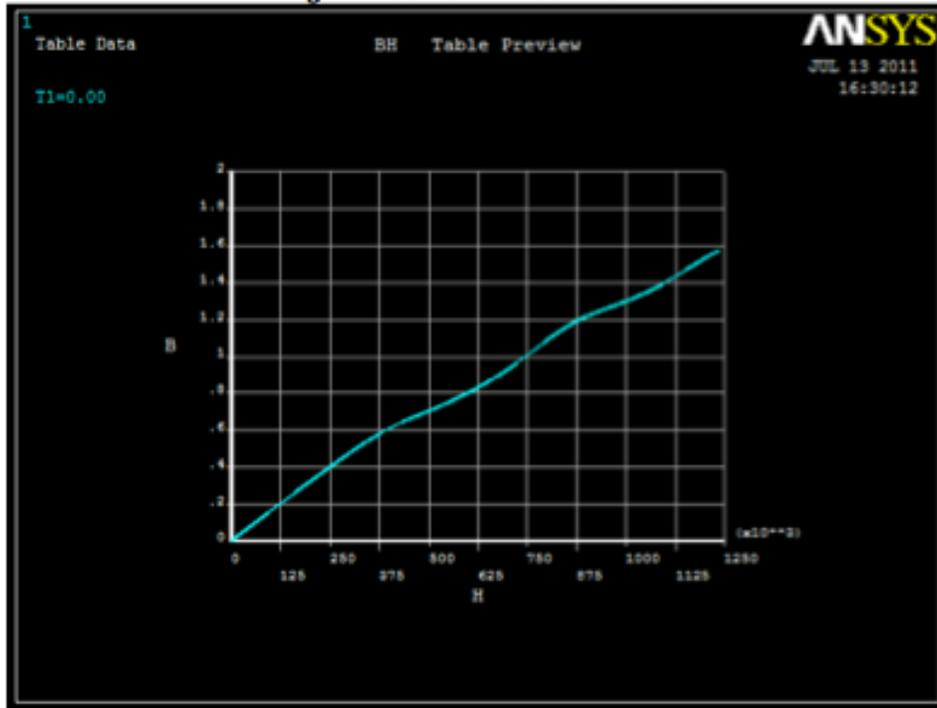


Fig.11. Curva B-H de imán NdFeB



### Análisis y resultados Eléctricos

#### Análisis y resultados

Aplicando una diferencia de potencial de 0.15 Volts [2]. Se rompe la barrera del dieléctrico que proporciona el aire entre los materiales semiconductores, y se da una caída de potencial (ver Fig. 12). Esta caída de potencial representa que parte de la carga que crea el punto de mayor potencial se trasladara a través de un conductor (en este caso por efecto túnel) al punto de menor potencial, este traslado de cargas implica que tenemos una corriente eléctrica entre ambos puntos.

Cuando entre dos puntos de un circuito puede circular una corriente eléctrica continua, la polaridad de la tensión viene determinada por el sentido que sigue la corriente (cargas positivas), que es opuesto al sentido que siguen los electrones (cargas negativas); esto es, desde el punto con mayor potencial hacia el que tiene menor potencial. Por lo tanto, en la viga con color rojo aparece el valor de 0.15 volts y en la viga contraria que es el polo contrario 0 volts.

Esta caída de potencial genero una corriente de  $0.114 \times 10^{-5}$  Amp a una distancia entre la punta y la viga de 4 micro metros (ver Fig. 13). La corriente crece o decrece de manera exponencial según varié la distancia entre ambos puntos, por lo que es muy notoria una variación de corriente ante una pequeña variación en la distancia del túnel [2].

En el análisis tridimensional se cambió la punta del sensor cónica por cilindros sucesivos de menor volumen por simplificación para poder realizar el análisis, de otra manera demanda muchos recursos computacionales.

Fig.12. Caída de potencial.

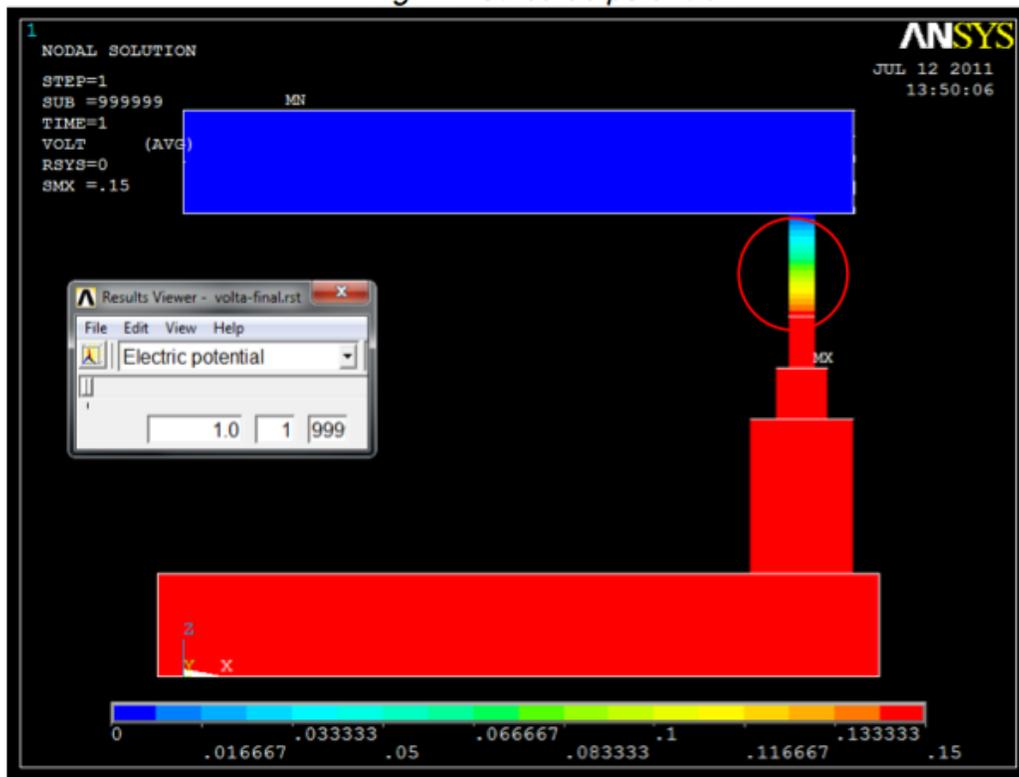
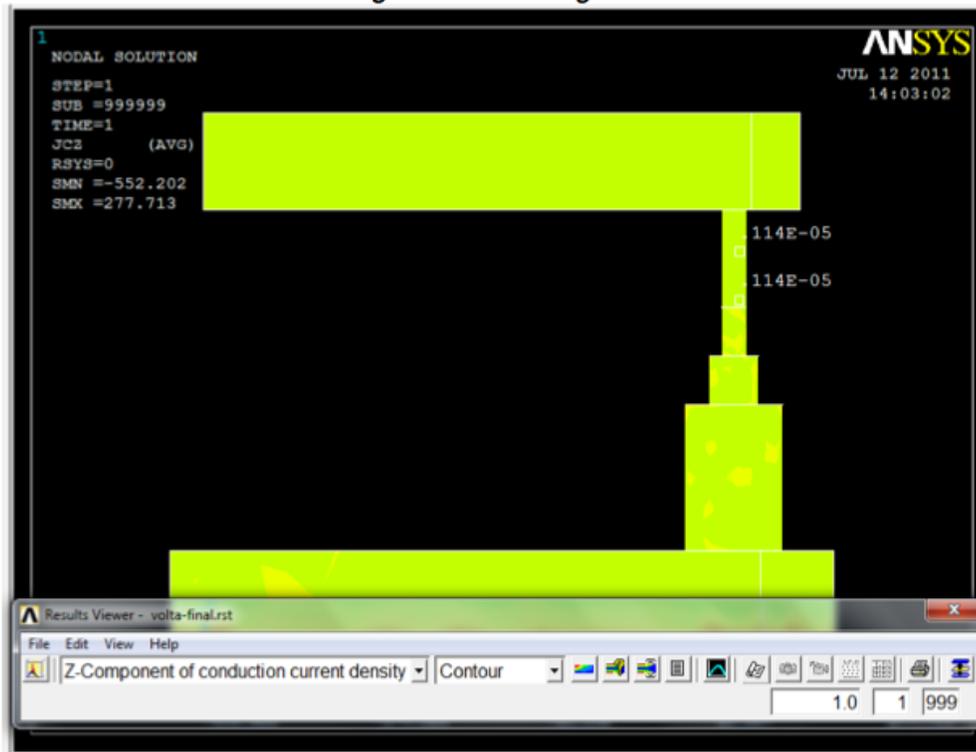


Fig.13. Corriente generada.



### Análisis y resultados Magnéticos

En la Fig. se muestra en color azul el imán que va colocado en la parte superior de la viga del MEMS, la parte en color rojo es un volumen utilizado para modelar el aire, y la parte morada es un imán que se utiliza para simular el campo magnético al que será sometido el imán permanente (azul) del sensor (ver Fig. 14). Esto para ver cómo interactúan los campos magnéticos y las fuerzas de atracción o repulsión que se generan sobre el imán del sensor, estas fuerzas son las que moverán la viga generando un desplazamiento que acorta o extiende la distancia entre la punta portadora de electrones y la viga.

Como resultado del análisis al someter el imán permanente del sensor a un campo magnético externo, en un rango de 1-5 T a 25-5 T, campo magnético necesario según la pruebas arrojadas por el GAUSS/TESLA METER, las fuerzas generadas por el campo magnético estuvieron en .001859N, en este caso para una configuración de repelencias, es decir con polos magnéticos de la misma polaridad, lo que genero un empuje (ver Fig. 15).

Fig.14. Estructura magnética.

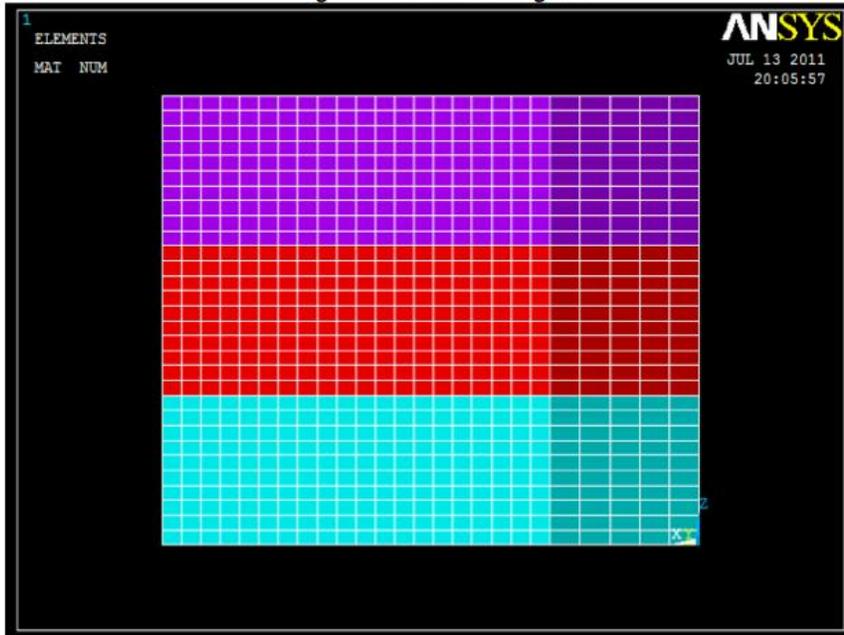
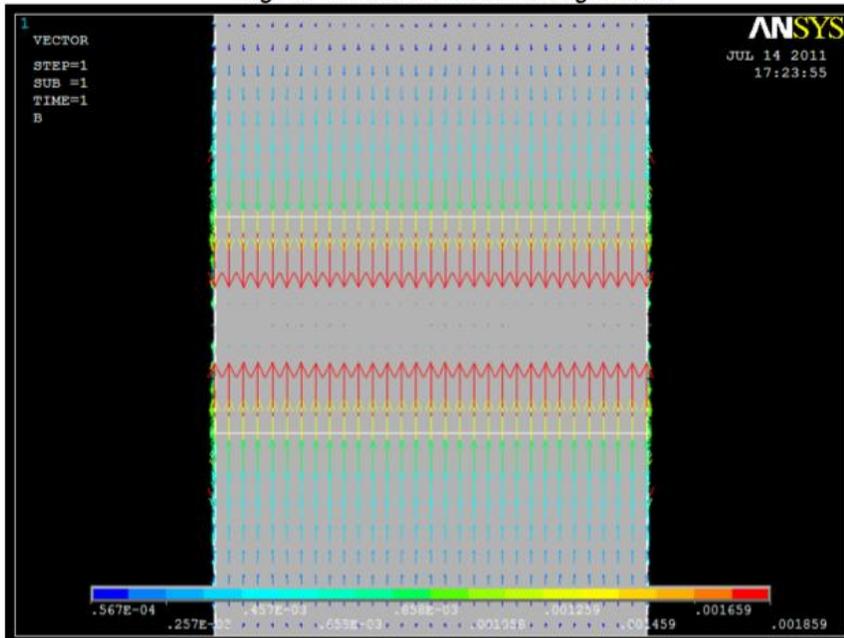


Fig.15. vectores de fuerzas magnéticas.

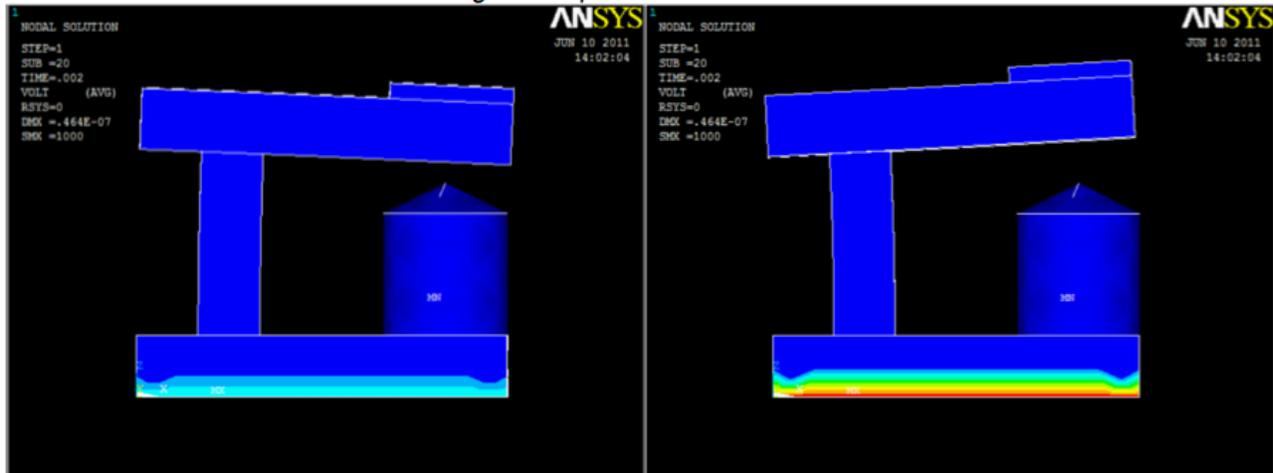


### Análisis y resultados Estructurales

Aplicando una fuerza de  $0.001859$  N como resultado de las fuerzas magnéticas a la estructura MEMS, la viga en cantiléver tiene un desplazamiento máximo de  $0.464 \text{ e-7 m}$  (ver Fig. 16). Resultado de este desplazamiento se acorta o

extiende la distancia entre la punta y la viga, lo que genera tener una mayor o menor oposición la flujo de la corriente respectivamente, esta variación indica el campo magnético que está censando el MEMS.

Fig.16. Desplazamientos estructurales.



## CONCLUSIÓN O DISCUSIÓN

La estructura MEMS trabaja bajo los parámetros deseados, mostrando una buena capacidad para detectar campos magnéticos pequeños alrededor de 1-5 T, teniendo una sensibilidad superior a la alcanzada por un sensor de efecto hall promedio, debido al funcionamiento de corriente por tuneleo, el sensor puede ser operado con un muy bajo consumo de potencia desde 1 mW, lo que facilita tener un arreglo de sensores, esto es importante en la técnica MFL pues permite el caracterizar la falla detectada, para trabajos futuros queda analizar cómo se comporta la estructura ante un campo magnético más grande, para así ver la resistencia de la estructura, también es de considerar que el campo magnético al que fue sometido en el análisis de elemento finito fue siempre paralelo a la viga, por lo que también sería interesante analizar su comportamiento cuando las líneas de campo inciden de manera angular y analizar la influencia de la temperatura en el MEMS.

## REFERENCIAS

- [1] A. L. Herrera-May, L. A. Aguilera-Cortés, P. J. García-Ramírez y E. Manjarrez. Sensors, Resonant magnetic field sensors based on MEMS technology, Sensors 9,7785-7813, (2009).
- [2] DiLella, Daniel. Lorton. Colton Richard. "electron tunneling magnetic field sensor with constant tunneling current maintained between tunneling tip and rotatable magnet". *United states patent* No. 5,481,1899. Año (1996 junio 2).
- [3] Tutorials ANSYS Release12.1 chapter 5 Micro-electromechanical system (MEMS). Año (noviembre 2009).
- [4] Pawar, S. D. Murugavel, P. Lal, D. M. "Effect of relative humidity and sea level pressure on electrical conductivity of air over Indian Ocean". Journal of Geophysical Research 114: D02205. (2009).
- [5] Xueren Wang. Mark Tillack, "2-D Magnetic Circuit Analysis for a Permanent Magnet Used in Laser Ablation Plume Expansion Experiments" University of California, San Diego. Año ( Diciembre 2002).

# Análisis de Estabilidad de un Controlador PID WAVELET

Homero Roldán Rubio<sup>1</sup>, Benjamín Alfonso Itzá Ortiz<sup>2</sup>, Luis Enrique Ramos Velasco<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Egresado la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas de la universidad Autónoma del Estado Hidalgo, Pachuca de Soto, Hidalgo, México, 42090, wolfox6613@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Matemáticas de la Universidad Autónoma del Estado Hidalgo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, 42090 itza@uaeh.edu.mx

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas de la Universidad Autónoma del Estado Hidalgo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, 42090 lramos@uaeh.edu.mx

## Resumen

### (Summary)

En este trabajo se analiza la estabilidad de un controlador PID multiresolución, el cual hace uso de la teoría *wavelet* para la descomposición de la señal de error de seguimiento. Se presenta una función de error general en términos de errores parciales la cual nos da las diversas frecuencias en las que aparece el error. Una vez obtenido el espectro de la señal del error, dividimos el error en sus frecuencias que se ponderan por unas ganancias propuestas por el diseñador y suponiendo que la señal es constante se obtiene la estabilidad del sistema de lazo cerrado.

In this work we analyze the stability of a PID multiresolution controller, which uses *wavelet* theory for the decomposition of the tracking error signal. We present a general error function in terms of partial errors which gives us the various frequencies appearing in the general errors. Once we obtain the spectrum of the error signal, we divide the error at frequencies that are weighted by earnings proposed by the designer, and assuming that the reference signal is constant, it follows the stability of the closed loop system.

**Palabras clave:** Controlador PID, Estabilidad, Teoría *Wavelet*.

## Introducción

El controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es uno de lo más usados en la industria. Recientemente se ha propuesto un controlador multiresolución PID *wavelet* (ondoleta) en la literatura [3,4], en este trabajo discutiremos los resultados para la estabilidad de dicho controlador, en base a las propiedades de las *wavelet* y la norma Euclideana del espacio. Este artículo se divide en tres partes, en la primera parte se dan algunas definiciones de la teoría de control, en la segunda se abordan conceptos esenciales de la teoría *wavelet* y en la tercera parte se combinan las dos teorías de las secciones anteriores y se establecen los resultados de esta investigación desde un punto de vista teórico.

## Teoría de control

Usualmente, en teoría control, una planta es modelada por una ecuación diferencial de orden  $n$ .

Para nuestra conveniencia nosotros usaremos la representación matricial en variables de estado dado por (1).

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx \end{aligned} \tag{1}$$

donde  $\mathbf{x}$  es el vector de estado,  $\mathbf{u}$  es el vector de entrada,  $\mathbf{y}$  es el vector de salida,  $\mathbf{A}$  es la matriz de estado,  $\mathbf{B}$  es la matriz de entrada y  $\mathbf{C}$  es la matriz de salida. Nosotros podemos resolver el sistema de ecuaciones usando la transformada de Laplace obteniendo su solución

$$\begin{aligned}\mathbf{x}(t) &= e^{A(t-t_0)} \mathbf{x}(t_0) + \int_{t_0}^t e^{A(t-\tau)} \mathbf{B} \mathbf{u}(\tau) d\tau \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C} \mathbf{x}(t)\end{aligned}\quad (2)$$

Si asumimos que  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{C}$  son matrices constantes para obtener la forma discreta de (2) si  $t = nT$  con  $n = 1, 2, 3 \dots$  entonces

$$\begin{aligned}\mathbf{x}(n+1) &= e^{AT} \mathbf{x}(n) + \int_{nT}^{(n+1)T} e^{A(nT+T-\tau)} \mathbf{B} \mathbf{u}(\tau) d\tau \\ \mathbf{y}(n+1) &= \mathbf{C} \mathbf{x}(n+1)\end{aligned}\quad (3)$$

Definimos como en [1]

$$\begin{aligned}\Phi &= e^{AT} \\ \Gamma &= \left( \int_0^T \Phi d\tau \right) \mathbf{B}\end{aligned}\quad (4)$$

Entonces obtendremos

$$\begin{aligned}\mathbf{x}(n+1) &= \Phi \mathbf{x}(n) + \Gamma \mathbf{u}(n) \\ \mathbf{y}(n+1) &= \mathbf{C} \mathbf{x}(n+1).\end{aligned}\quad (5)$$

### Teoría wavelet

Nosotros vamos a ocupar la teoría *wavelet* usada en [2]. Definiremos a  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  como un espacio vectorial sobre los complejos  $\mathbb{C}$  de la siguiente forma

$$\ell^2(\mathbb{Z}_N) := \{ \mathbf{z} = (\mathbf{z}(0), \mathbf{z}(1), \dots, \mathbf{z}(N-1)) : \mathbf{z}(j) \in \mathbb{C}, 0 \leq j < N \}$$

Consideraremos que toda  $\mathbf{z}$  en  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  se encuentra definida para todos los número enteros usando periodicidad módulo  $N$  de la siguiente manera:

$$\mathbf{z}(j + N) = \mathbf{z}(j)$$

para toda  $j$  en los enteros.

**Definición 1.** Supongamos que  $\mathbf{z}$  y  $\mathbf{w}$  son elementos de  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$ , el producto interno está dado por

$$\langle \mathbf{z}, \mathbf{w} \rangle = \sum_{k=0}^{N-1} \mathbf{z}(k) \overline{\mathbf{w}(k)}.$$

Y la norma asociada al producto interno es

$$\|\mathbf{z}\| = \left( \sum_{k=0}^{N-1} |\mathbf{z}(k)|^2 \right)^{1/2}.$$

**Definición 2.** Sea  $\mathbf{z}$  un elemento de  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  para  $m = 0, 1, \dots, N-1$  definiremos

$$\mathbf{z}(n) = \sum_{r=0}^{N-1} \mathbf{z}(r) e^{-2\pi i m r / N}.$$

Denotaremos que  $\mathbf{z} = (\mathbf{z}(0), \mathbf{z}(1), \dots, \mathbf{z}(N-1))$ . Entonces el mapeo  $\hat{\cdot}: \ell^2(\mathbb{Z}_N) \rightarrow \ell^2(\mathbb{Z}_N)$  que lleva  $\mathbf{z}$  a

$\hat{\mathbf{z}}$  es llamado la transformada discreta de Fourier (usualmente llamada DFT por sus siglas en inglés o TDF por las mismas en español).

**Definición 3.** Si  $Z$  pertenece a  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  y  $k$  es un elemento de los enteros entonces definiremos para toda  $n$

$$(R_k(z))(n) = z(n-k).$$

**Definición 4.** Para cualquier  $W$  que pertenece a  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$ . Definimos a  $\tilde{w}$  para toda  $n$  en los enteros como

$$w(n) = \overline{w(-n)} = \overline{w(N-n)}.$$

**Definición 5.** Para  $Z$  y  $W$  elementos de  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$ , la convolución  $Z * W$  en  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  será el vector con las componentes

$$(z * w)(m) = \sum_{n=0}^{N-1} z(m-n)w(n)$$

para toda  $m$ .

**Definición 6.** Supongamos que  $N$  es un natural par es decir  $N = 2M$  para algún  $M$  en los naturales una base ortornormal de  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  con la forma

$$\{R_{2k}u\}_{k=0}^{M-1} \cup \{R_{2k}v\}_{k=0}^{M-1}$$

donde  $u, v$  son elementos de  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  es llamada la primera etapa de la base *wavelet* para  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$ . A  $u$  y  $v$  se les llaman generadores, usualmente a  $u$  se le llama la *wavelet* padre y  $v$  la *wavelet* madre.

**Definición 7.** Supongamos que  $M$  es un natural y  $N = 2M$ . Definimos  $D: \ell^2(\mathbb{Z}_N) \rightarrow \ell^2(\mathbb{Z}_M)$  para  $n = 0, 1, \dots, M-1$  como

$$D(z)(n) = z(2n).$$

**Definición 8.** Supongamos que  $N$  es divisible por  $2^p$ . La  $p$ -ésima etapa de filtros de secuencia *wavelet*, es el siguiente conjunto de vectores  $\{u_1, v_1, u_2, v_2, \dots, u_p, v_p\}$ , donde para cada  $l = 1, 2, \dots, p$ , los vectores  $u_l, v_l$  son elementos de  $\ell^2(\mathbb{Z}_{N/2^{l-1}})$  y la matriz

$$A(n) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} u_l(n) & v_l(n) \\ u_l(n + N/2^l) & v_l(n + N/2^l) \end{pmatrix}$$

es unitaria para toda  $n = 1, 2, \dots, (N/2^l) - 1$ . Para  $Z$  en  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  definimos

$$x_1 = D(Z * v_1) \text{ en } \ell^2(\mathbb{Z}_{N/2})$$

y

$$y_1 = D(Z * u_1) \text{ en } \ell^2(\mathbb{Z}_{N/2}).$$

Recursivamente definimos  $x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_p, y_p$  como

$$x_l = D(x_{l-1} * v_l) \text{ en } \ell^2(\mathbb{Z}_{N/2^l})$$

y

$$y_l = D(x_{l-1} * u_l) \text{ en } \ell^2(\mathbb{Z}_{N/2^l})$$

para  $l = 2, \dots, p$ . Se le llama  $p$ -ésima etapa *wavelet* al conjunto de vectores  $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots, x_p, y_p$ .

**Definición 9.** Suponga que  $M$  es un número natural y  $N = 2M$ . Definimos  $U: \ell^2(\mathbb{Z}_M) \rightarrow \ell^2(\mathbb{Z}_N)$  para  $z$  en  $\ell^2(\mathbb{Z}_M)$  como

$$(U(z))(n) = \begin{cases} z(n/2) & \text{si } n \text{ es par} \\ 0 & \text{si } n \text{ es impar.} \end{cases}$$

## Estabilidad de un controlador PID *wavelet*

Se toma en cuenta que el error del sistema es un vector de datos el cual es comparado con la entrada del sistema, esto da el sentido de retroalimentación. Primero tomaremos (2) la cual nos da la solución de nuestro sistema (1). Para ello al controlador lo abordaremos desde el punto de vista de la base *wavelet*, para este fin necesitaremos un vector de muestro, llamémosle  $e_m$  en  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  donde  $N = 2^p$  con  $p \geq 2$ . Si se quiere usar la teoría de filtros es necesario que  $y$  tenga dimensión  $n = 2^k$  con  $p \geq k$ . Usando la  $p$ -ésima etapa del filtro de secuencias *wavelet* como en la *Definición 8* para  $e_m$ , tendremos que

$$\alpha_1 = D(e_m * v_1) \text{ y } \beta_1 = D(e_m * u_1) \text{ son elementos de } \ell^2(\mathbb{Z}_{N/2})$$

así mismo  $\alpha_2, \beta_2, \alpha_3, \beta_3, \dots, \alpha_p, \beta_p$  se obtienen con

$$\alpha_l = D(\alpha_{l-1} * v_l) \text{ y } \beta_l = D(\beta_{l-1} * u_l) \text{ que son elementos de } \ell^2(\mathbb{Z}_{N/2^l}).$$

Nosotros definiremos nuestro controlador en términos de  $\alpha_l$  y  $\beta_l$  como

$$u_m = \sum_{l=1}^p (k_{\alpha l} U^l(\alpha_l) + k_{\beta l} U^l(\beta_l)) \quad (6)$$

donde  $\{k_{\alpha l}\}_{l=1}^p$  y  $\{k_{\beta l}\}_{l=1}^p$  son números complejos, la acción de obtener estos valores se llama sintonización del controlador.

**Lema 1.** Sean  $a$  y  $b$  dos elementos de  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  entonces

$$\|a * b\|^2 \leq N \|a\|^2 \|b\|^2.$$

**Demostración** Por definición de norma

$$\|a * b\|^2 = \sum_{k=0}^{N-1} |(a * b)(k)|^2.$$

Si nosotros sustituimos  $\alpha(n) = a(m-n)$  y  $d(n) = \overline{b(n)}$ , aplicando la desigualdad del triángulo y la desigualdad de Cauchy-Schwarz se tiene que

$$\begin{aligned} |(a * b)(m)| &= \left| \sum_{n=0}^{N-1} a(m-n)b(n) \right| = \left| \sum_{n=0}^{N-1} \alpha(n)d(n) \right| \\ &\leq |\langle c, d \rangle| \leq \|c\| \|d\| = \|a\| \|b\|. \end{aligned}$$

Por lo tanto

$$\|a * b\|^2 = \sum_{k=0}^{N-1} |(a * b)(k)|^2 \leq N \|a\|^2 \|b\|^2.$$

**Definición 10.** Decimos que una transformación lineal,  $T: \ell^2(\mathbb{Z}_N) \rightarrow \ell^2(\mathbb{Z}_N)$  es una contracción si y solo si existe una constante positiva  $\delta < 1$  tal que para todo  $x$  en  $\ell^2(\mathbb{Z}_N)$  se tiene

$$\|T(x)\| \leq \delta \|x\|.$$

**Teorema 1.** Si tenemos un sistema dado por (1) cuyo controlador es (6) y suponemos que  $\Phi$  es una contracción, entonces el controlador es asintóticamente estable.

**Demostración.** Para demostrar el teorema verificaremos que para cualquier  $\varepsilon > 0$  existe  $M$  en los naturales tal que para toda  $m > M$  se cumple que

$$\|e_{m+1} - e_m\| < \varepsilon, \quad (7)$$

con  $e_m = y(m-1) - y_{ref}$  y  $e_{m+1} = y(m) - y_{ref}$

$$\begin{aligned} \|e_{m+1} - e_m\| &= \|y(m) - y_{ref} - y(m-1) + y_{ref}\| = \|C\mathbf{x}(m) - C\mathbf{x}(m-1)\| = \|C(\mathbf{x}(m) - \mathbf{x}(m-1))\| \\ &= \|C(\Phi\mathbf{x}(m-1) + \Gamma u_{m-1} - \mathbf{x}(m-1))\| = \|C(\Phi - I)\mathbf{x}(m-1) + C\Gamma u_{m-1}\|. \end{aligned}$$

Por la desigualdad del triángulo tendremos

$$\|e_{m+1} - e_m\| \leq \|C(\Phi - I)\mathbf{x}(m-1)\| + \|C\Gamma u_{m-1}\|. \quad (8)$$

Trabajaremos por separado los dos sumandos del lado derecho de (8).

Para facilitar la demostración vamos a suponer que las normas de los vectores  $u_l$  y  $v_l$  para cada  $l = 1, 2, \dots, p$  sean iguales a 1. Note además que la norma de  $e_m$  es finita por definición del espacio  $^2 \left( \begin{matrix} N \\ N \end{matrix} \right)$ . Por la linealidad del producto de matrices con respecto a los vectores y los escalares y la desigualdad del triángulo se tiene que

$$\begin{aligned} \|C\Gamma u_{m-1}\| &= \left\| C\Gamma \sum_{l=1}^p (k_{\alpha_l} U'(\alpha_l) + k_{\beta_l} U'(\beta_l)) \right\| \\ &\leq \sum_{l=1}^p (\|k_{\alpha_l} C\Gamma U'(\alpha_l)\| + \|k_{\beta_l} C\Gamma U'(\beta_l)\|). \end{aligned}$$

Aplicando la propiedades de la norma, además del *lema 1*, usando el hecho de que  $\alpha_l$  y  $\beta_l$  fueron contruidos de manera recursiva y que  $\|C\Gamma \mathbf{x}\| \leq \|C\Gamma\| \|\mathbf{x}\|$ , tendremos que

$$\|C\Gamma u_{m-1}\| \leq \sum_{l=1}^p (|k_{\alpha_l}| \|C\Gamma\| \|U'(\alpha_l)\| + |k_{\beta_l}| \|C\Gamma\| \|U'(\beta_l)\|) \quad (9)$$

Ahora trabajaremos con  $\|U'(\alpha_l)\|$  y  $\|U'(\beta_l)\|$

$$\|U'(\alpha_l)\| = \|\alpha_l\| = \|D(e_m * v_l)\| \leq \|e_m * v_l\| \leq \sqrt{N} \|e_m\| \|v_l\| = \sqrt{N} \|e_m\|$$

Análogamente  $\|U'(\beta_l)\| \leq \sqrt{N} \|e_m\|$ . Substituyendo.

$$\|C\Gamma u_{m-1}\| \leq \sum_{l=1}^p (|k_{\alpha_l}| \|C\Gamma\| N^{1/2} \|e_m\| + |k_{\beta_l}| \|C\Gamma\| N^{1/2} \|e_m\|) = \sum_{l=1}^p \|C\Gamma\| N^{1/2} \|e_m\| (|k_{\alpha_l}| + |k_{\beta_l}|) \quad (10)$$

Ahora trabajaremos con el primer sumando de (8). Recordando que  $C$  es lineal, a su vez es Lipschitz con  $\delta_1 = \|C\|$ . Por otro lado como  $\Phi$  es una contracción entonces  $\Phi - I$  es Lipschitz, por lo que existe  $\delta_2$  tal que

$$\|Cz\| < \delta_1 \|z\| \text{ y } \|(\Phi - I)z\| < \delta_2 \|z\|.$$

Usando las propiedades recursivas de  $\mathbf{x}(m+1)$  podemos ver que

$$\mathbf{x}(m+1) = \Phi^{m+1} \mathbf{x}(0) + \sum_{k=0}^m \Phi^k \Gamma u_{m-k}.$$

Entonces tendremos que

$$C(\Phi - I)\mathbf{x}(m-1) = C(\Phi - I) \left[ \Phi^{m-1} \mathbf{x}(0) + \sum_{k=0}^{m-2} \Phi^k \Gamma u_{m-2-k} \right] = C\Phi^{m-1} (\Phi - I)\mathbf{x}(0) + \sum_{k=0}^{m-2} C\Phi^k (\Phi - I)\Gamma u_{m-2-k}.$$

Por lo tanto al tomar normas y usando la desigualdad del triángulo obtenemos que

$$\|C(\Phi - I)x(m-1)\| = \|C\Phi^{m-1}(\Phi - I)x(0)\| + \sum_{k=0}^{m-2} \|C\Phi^k(\Phi - I)\Gamma u_{m-2-k}\|.$$

Como  $\Phi$  es una contracción tenemos que existe una constante positiva  $\rho > 1$  tal que para toda  $z$  elemento de  $\mathbb{R}^2(N)$  tenemos que

$$\|\Phi z\| \leq \rho \|z\|.$$

Por otro lado, dado  $\varepsilon_1 > 0$ , podemos encontrar una  $m$  suficientemente grande tal que  $\rho^{m-1} < \frac{\varepsilon_1}{2\delta_1\delta_2\|x(0)\|}$ . Pediremos que para cada  $k$  que pertenece a  $\{0, 1, \dots, m-2\}$  se tenga que

$$\|\Gamma u_{m-2-k}\| \leq \frac{\varepsilon_1}{\delta_1\delta_2\rho^k 3^{k+1}},$$

y esto es posible ya que  $u_{m-2-k}$  es el controlador y es sintonizado por el desarrollador. Por lo tanto al substituir obtenemos

$$\|C(\Phi - I)x(m-1)\| \leq \delta_1\delta_2\rho^{m-1}\|x(0)\| + \delta_1\delta_2\sum_{k=0}^{m-2}\rho^k\|\Gamma u_{m-2-k}\| < \frac{\varepsilon_1}{2} + \sum_{k=0}^{m-2}\frac{\varepsilon_1}{3^{k+1}} < \varepsilon_1. \quad (11)$$

Nuestro problema se ha reducido a dar valores que sean de nuestra conveniencia, es decir a acotar los valores de  $k_{\alpha l}$  y  $k_{\beta l}$  para  $l = 1, 2, \dots, p$  tales que (7) se cumpla. Estos valores serán:

$$|k_{\alpha l}| \leq \frac{\varepsilon}{N^{l/2}\|e_m\|\|C\|6^l} \quad \text{y} \quad |k_{\beta l}| \leq \frac{\varepsilon}{N^{l/2}\|e_m\|\|C\|6^l}. \quad (12)$$

Remplazado los valores de (11) y (10) en (8) así como  $\varepsilon_1 = \varepsilon / 2$  al igual que los valores de (12), se obtiene lo siguiente

$$\|e_{m+1} - e_m\| \leq \varepsilon_1 + \sum_{l=1}^p \|C\| N^{l/2} \|e_m\| (|k_{\alpha l}| + |k_{\beta l}|) \leq \frac{\varepsilon}{2} + \sum_{l=1}^p \left( \frac{\varepsilon}{6^l} + \frac{\varepsilon}{6^l} \right) < \frac{\varepsilon}{2} + \frac{2\varepsilon}{5} < \varepsilon.$$

## Conclusión

En este trabajo de investigación se dan condiciones sobre el controlador para asegurar la estabilidad del sistema sin la necesidad de buscar una función de Lyapunov. Una propuesta para el seguimiento de la investigación, sería llevar a cabo experimentación para observar que este método llega a la señal de referencia o dar condiciones para que esto ocurra. Otra propuesta es poder continuar este trabajo para sistemas que sean no lineales y robustos.

## Referencias

- [1] Smith J. *Modeling and Digital Simulation for Engineers and Scientists. Part I: Mathematical Modeling Preliminaries*. 1987. Smith JM. pp 147-149.
- [2] Fraizer W. *An Introduction to Wavelets Through Linear Algebra* 1999.. Springer.
- [3] Park C. & Tsiotras P, "Approximations to Optimal Feedback Control Using a Successive Wavelet Collocation Algorithm", *Proceedings of the American Control Conference Denver*, Colorado June 4-6, 2003.
- [4] Park C. & Tsiotras P, "Sub-optimal Feedback Control Using a Successive Wavelet-Galerkin Algorithm", *Proceedings of the American Control Conference Denver*, Colorado June 4-6, 2003.

# Trabajo cooperativo con Computadora (CSCW) Aplicado en plataforma de Enseñanza-Aprendizaje NEXUS de la UANL

Aída Lucina González Lara, Rubén Suárez Escalona, Francisco Torres Guerrero

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME)  
Universidad Autónoma de Nuevo León

[aida.gonzalezlr@uanl.edu.mx](mailto:aida.gonzalezlr@uanl.edu.mx)

[ingerubensuarez@gmail.com](mailto:ingerubensuarez@gmail.com)

[franciscot@gmail.com](mailto:franciscot@gmail.com)

## Resumen

Groupware y Computer-Supported Cooperative Work (Trabajo cooperativo con Ordenador CSCW) son términos que se refieren al trabajo entre grupos de personas que colaboran entre sí mediante redes de computadoras; estos conceptos están incluidos como objetos de estudio del área de la Interacción Humano Computadora. Debido a que un grupo de alumnos que cursa una clase a distancia forma parte, junto con su profesor o facilitador, de un entorno de trabajo colaborativo en línea, los términos de Groupware y CSCW se aplican en las plataformas de enseñanza aprendizaje. En este trabajo se muestra un análisis de NEXUS, que es la Plataforma Institucional de Enseñanza Aprendizaje de la UANL, con la finalidad de evaluarla con respecto a los diferentes aspectos que debe cubrir para lograr que el Groupware trabaje eficientemente según las características definidas para un CSCW.

**Palabras clave:** Computer-Supported Cooperative Work, Groupware, Interacción Humano Computadora, Plataforma Enseñanza-Aprendizaje

## Summary

Groupware and Computer-Supported Cooperative Work are terms referred to work between groups of people that collaborate with each other through computer networks; moreover these concepts are considered as object of study of the area of Human Computer Interaction. Since a group of students that take a distance education course is part, along with its professor or facilitator, of an online collaborative work environment, the terms Groupware and CSCW are applied on teaching and learning platform. In this work, NEXUS, which is the Institutional Education Platform, is analyzed with the purpose of evaluating it with respect to the different aspects that it should cover in order to make that the Groupware work efficiently according to the characteristics defined for a CSCW.

**Keywords:** Computer-Supported Cooperative Work, Groupware, Human Computer Interaction, Teaching and Learning Platform

## Introducción

La tecnología representa un aspecto importante en nuestra vida diaria, desde que surge el primer dispositivo para comunicarnos telefónicamente hasta el uso de internet y celulares ya que los humanos son seres sociales que pretenden mantenerse en contacto siempre y en cualquier lugar.

De manera específica las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICS) han evolucionado e impactado de tal forma que esta época es conocida como la era digital. La era digital demanda trabajar de manera colaborativa, rápida y eficazmente, teniendo como objetivo compartir el conocimiento, aumentar la sinergia y romper las barreras de espacio y tiempo [1].

Groupware y Computer-Supported Cooperative Work (Trabajo cooperativo con Ordenador CSCW) son términos referidos al trabajo entre grupos de personas que colaboran entre sí mediante redes de computadoras. Se trata de uno de los campos que más se ha desarrollado, entre los que integran los sistemas de interacción humano-computadora. Uno de los casos de los conceptos antes mencionados es la cooperación que surge en los ambientes académicos en todas sus posibles relaciones: alumno-profesor, alumno-alumno, o profesor-profesor, la colaboración entre los distintos elementos, mediante redes de computadoras puede redundar en un mejor aprovechamiento de los recursos y del trabajo desarrollado [2].

La ventaja del uso de las TICS en el proceso de enseñanza-aprendizaje es precisamente que proporciona al estudiante la posibilidad de ser responsable de la construcción de su propio conocimiento y apoya el aprendizaje significativo, mediante la relación de los contenidos a aprender y proporcionando un sentido a partir de la estructura conceptual que ya posee. Se aclara que esto no depende únicamente de las TICS por sí mismas, sino de la manera en que son utilizadas didácticamente así como del enfoque con el que son construidos los contenidos con los que se trabaja en ellas.

### CSCW y Groupware

El término CSCW lo introducen Grief y Cashman como “Una vía para describir como la tecnología de los computadores, puede ayudar a los usuarios a trabajar juntos en grupos” [3].

CSCW es la disciplina científica que describe como desarrollar aplicaciones Groupware, teniendo también por objeto el estudio periódico y práctico de cómo las personas trabajan en cooperación y como afecta al Groupware, el comportamiento del grupo. Su objetivo es observar la forma en que las personas interaccionan y colaboran entre ellas.

Debido al carácter interdisciplinario del tema, la cantidad de campos en los que se podría aplicar es muy amplia. De manera general los sistemas tienden a ser colaborativos para facilitar la comunicación humana y ser una herramienta útil en los procesos y coordinación de actividades, se espera que la cantidad de aplicaciones, ideas, formas etc. se incremente en los próximos años [4].

El término Groupware hace referencia a el hardware y el software que soportan y aumentan el trabajo en grupo. El objetivo del Groupware no es eliminar otros tipos de trabajo cooperativo con ordenador de comunicación sino añadir un nuevo componente en el proceso de colaboración. Por tanto, el Groupware es un conjunto de productos orientados al trabajo en grupo, es decir, que ayudan a los grupos de personas a trabajar juntos [2].

Aunque los términos de CSCW y Groupware no son fáciles de definir, CSCW se orienta hacia la investigación mientras que Groupware hacia la tecnología. Es común diferenciar estos términos diciendo que Groupware está enfocado tecnológicamente y facilita las formas de cooperación que abarca CSCW. Se considera que Groupware es la tecnología que permite, ya sea con hardware, software, servicios y/o técnicas, que las personas trabajen en grupo y por su parte CSCW se enfoca en el estudio de las herramientas y técnicas de grupos de trabajo así como su perfil social, psicológico y su impacto organizacional [5].

Suele expresarse que el Groupware sirve para aumentar la eficacia en tres niveles: Comunicación, Coordinación y Cooperación. [2].

La comunicación es el proceso de intercambio de mensajes en las organizaciones. Se intenta que sea eficaz, es decir, que quien envía y quien recibe la información perciban el mismo concepto; y eficiente en cuanto a gasto de un mínimo de recursos.

La coordinación es un conjunto de mecanismos del grupo u organización utilizados para establecer un enlace coherente entre las actividades de cada subunidad. Las organizaciones emplean cinco mecanismos: el ajuste mutuo, la supervisión directa, y las estandarizaciones de los procedimientos de trabajo, de los resultados y de los métodos.

La cooperación, por último, es la participación intencionada y coordinada de los miembros de un grupo. Aspectos claves del CSCW son el concepto de grupo, la interfaz multiusuario, el control de concurrencia, la coordinación y comunicación dentro del grupo, los espacios de información compartida y el soporte de un entorno abierto heterogéneo que integre aplicaciones preexistentes basadas en un solo usuario.

### Taxonomía de Aplicaciones Groupware

La taxonomía más utilizada se basa en una clasificación espacio-temporal que puede observarse en la Tabla 1 [6].

En la interacción distribuida síncrona se comparte información al mismo tiempo, puede ser por teléfono, videoconferencia o chat, aunque no estén las personas en el mismo lugar, cada individuo está conectado con el otro durante el tiempo que dure esa comunicación.

La interacción distribuida asíncrona se puede dar mediante correo electrónico, fax, correo de voz, no se comparte el tiempo ni el lugar, la interacción se da una vez que se lee el mensaje enviado.

En el aspecto de la interacción en un espacio compartido, ésta se puede dar al mismo tiempo, que estaría representada por la interacción cara a cara, tal como en un salón de clases, una reunión de trabajo o una colaboración espontánea.

La interacción asíncrona en el mismo espacio se lleva a cabo cuando se utilizan tableros de avisos o pizarrones en cuartos de diseño, los participantes pueden tener interacción con la información cuando acudan a ese lugar en diferente tiempo.

Tabla 1. Taxonomía espacio-temporal de Groupware.

		TIEMPO	
		Mismo tiempo	Diferente tiempo
ESPACIO	Mismo Lugar	Interacción cara a cara	Interacción asíncrona
	Diferente Lugar	Interacción sincrónica distribuida	Interacción asíncrona distribuida

El Groupware también es llamado software colaborativo ya que permite que varios usuarios trabajen de manera concurrente en el mismo proyecto. El Groupware se enfoca en un grupo de usuarios en lugar de hacerlo de manera individual, esto permite una comunicación rápida y clara entre el equipo así como compartir diferentes experiencias y perspectivas, razón por la cual el diseño y mantenimiento de un Groupware es más complicado que una aplicación de software individual [5].

## NEXUS

NEXUS es una plataforma desarrollada por la *Dirección General de Informática (DGI)* de la *Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)*, la cual funge como plataforma institucional teniendo como objetivo facilitar la colaboración entre alumnos y maestros en el proceso de enseñanza aprendizaje, en su modalidad presencial, a distancia y mixta, NEXUS se distingue de otras plataformas comerciales por estar integrada con conceptos pedagógicos gracias al apoyo de personal académico de la UANL que ha participado durante el desarrollo y la optimización de la misma [7].

### Antecedentes

En los años 2002 y 2003 la UANL, tuvo un gran crecimiento en sus cursos a distancia, utilizaban la plataforma Blackboard [8], daban servicio a aproximadamente 15 mil usuarios, y era administrado por una entidad central que a la vez cobraba a la UANL por sus servicios.

Durante el año 2004 se desarrolló un proyecto piloto en la Facultad de Arquitectura de la misma UANL, el cual contaba con módulos como foros, tareas, documentos de apoyo, pero solo daba servicio a esta facultad; posteriormente en 2005 la DGI volvió a hacer mejoras significativas a la plataforma existente inicialmente llamada SAED (Sistema de Apoyo a la Educación) [7].

En Enero de 2006, la plataforma es evaluada por el departamento de Innovación Académica y Efectividad Institucional, en esta evaluación un grupo de pedagogos, realizó el diseño instruccional de la Plataforma, aspecto que hasta el día de hoy es una ventaja en comparación con plataformas como Blackboard o Moodle [9].

Finalmente en Agosto de 2006 se lanza la primera versión de NEXUS [10], Plataforma de Enseñanza -Aprendizaje como plataforma institucional de la UANL brindando servicio a todos los niveles educativos y contando con una población inicial de 30,000 usuarios [7].

## Evolución

El equipo de desarrollo de la plataforma trabajó durante un año corrigiendo errores de funcionalidad, y dando respuesta a las solicitudes de los usuarios y debido a que la plataforma se utiliza a diferentes niveles, se crea un comité que representa a cada uno de esos niveles y a las diferentes modalidades; su objetivo es determinar qué funcionalidades tienen prioridad realizando un consenso entre sus integrantes, de esta forma, con el paso del tiempo, NEXUS se ha optimizando agregando nuevas funcionalidades y mejoras a la plataforma, versión tras versión. Algunos de los aspectos que se desarrollaron posteriormente incluyen el desarrollo de la integración con el *Sistema Integral para la Administración de Servicios Educativos* (SIASE), el cambio de imagen de la plataforma y el rediseño instruccional en un modelo basado en competencias. Se implementaron medidas de accesibilidad en el idioma, se migró a un código más seguro y se instalaron servidores de más capacidad [7].

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Nexus**  
Plataforma de Enseñanza-Aprendizaje

UANL  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Educación de calidad, un compromiso social

Nexus > Plataforma de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Autónoma de Nuevo León

**Ingresar a NEXUS**

Usuario  
|  
Contraseña  
Entrar

¿Olvidaste tu contraseña?

**Acerca de NEXUS**

Nexus es una plataforma que facilita la colaboración entre alumnos y maestros en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en sus modalidades presencial, a distancia y mixto.

**Avisos**

**Curso de Administración de Proyectos**

A todos los MAESTROS pertenecientes a instituciones de la UANL.

Se les informa que por disposiciones Centrales, su número de usuario (empleado) fue modificado. Si su número de empleado empieza con dígitos (por ejemplo 12345); se le agregó un cero al principio (Por ejemplo 012345) y si su número de empleado empieza con letra (por ejemplo FD001) se le agregó un cero al final (por ejemplo FD0010).

Nexus v5

Nuevas características  
Mejor integración  
Más oportunidades

*Fig. 1. Pantalla de entrada a NEXUS Plataforma institucional de enseñanza-aprendizaje de la UANL Versión 5.*

Actualmente la plataforma se encuentra en la versión 5, con una experiencia de 5 años y trabajando arduamente para la siguiente versión la cual se espera que tenga su versión para móviles.

En el año 2009 la dirección de innovación académica realizó una investigación para conocer la manera en que se utilizaba la plataforma NEXUS en ese momento, con la hipótesis de que estaba siendo subutilizada, es decir, no utilizaban todos los elementos que según los pedagogos son básicos para un proceso de enseñanza y aprendizaje de calidad. Después del monitoreo se llegó a la conclusión de que los cursos en todas las facultades estaban incompletos, es decir carecían de algún elemento del diseño instruccional propuesto y un gran porcentaje estaba como No disponible, debido a que no se había utilizado de nuevo para impartir un curso.

### **Análisis de NEXUS como CSCW y Groupware**

Se hace un análisis de la plataforma NEXUS con la finalidad de evaluarla con respecto a los diferentes aspectos que debe cubrir para lograr que el Groupware trabaje eficientemente según las características definidas para un CSCW: la comunicación entre los miembros del grupo, la compartición de información, la coordinación y control de objetos compartidos, la compartición de un espacio de trabajo, la organización y entendimiento común del proceso de trabajo [2].

#### **Comunicación entre los miembros del grupo**

Actualmente NEXUS tiene las siguientes herramientas de comunicación que se mencionan en la categoría que le corresponde según la taxonomía espacio temporal antes definida: de Interacción síncrona distribuida cuenta con una herramienta de chat mediante la cual existe una comunicación entre alumnos o profesor-alumno; de interacción asíncrona distribuida posee una herramienta de correo electrónico desde la cual se pueden enviar mensajes a correos externos, una herramienta de Avisos mediante la cual el profesor publica información de interés para los alumnos así como una herramienta de Mensajes, que tiene funcionalidad de correo interno mediante el cual se da la comunicación en la misma plataforma de los integrantes del grupo, en esta misma categoría hay una sección importante que es la de sección de foros, que si se utiliza adecuadamente es una herramienta muy poderosa. La Figura 2 muestra las herramientas mencionadas en la interfaz de la plataforma.



Fig. 2. Clasificación de las herramientas de interacción para comunicación en NEXUS

Las herramientas antes mencionadas hacen uso de un editor de texto que permite incorporar videos, animaciones, archivos de audio entre otros. Cuando la plataforma es utilizada en la modalidad semipresencial, es decir que existen algunas sesiones presenciales en un salón de clases, entonces la interacción en el mismo lugar al mismo tiempo se puede dar, esto es cara a cara, sin embargo en la modalidad a distancia los anterior no es posible; en las reuniones presenciales dentro de un salón de clases se tiene información adicional a la que presenta el profesor, por ejemplo, el tono de la voz, los ademanes que usa, los comentarios de los compañeros, que son elementos que no están escritas en el pizarrón o reflejadas en el video proyector pero que son una parte de comunicación importante dentro del proceso de aprendizaje; los canales visuales, auditivos e incluso kinésicos nos permiten aprender dentro del aula.

Se considera que un elemento muy importante que podría de cierta manera permitir una interacción en la que algunos de los elementos antes mencionados podrían percibirse, es mediante una herramienta de videoconferencia, que es un aspecto con el que aún no cuenta la plataforma; para esta aplicación se puede tomar como ejemplo a Webex que se muestra en la Figura 3 [11].

Compartición de información

Compartir la información es importante para prevenir una duplicación innecesaria de esfuerzos, en este sentido es importante notar que en la interacción profesor-profesor los maestros necesitan estar comunicados, compartir sus experiencias e incluso sus materiales didácticos, tales como pueden ser los objetos de aprendizaje [7].

NEXUS actualmente tiene opciones para compartir bancos de reactivos entre varios maestros; también el administrador, tiene la opción de replicar un curso, de esta forma un grupo de maestros puede trabajar de manera colaborativa en un curso para después guardarlo como curso maestro y replicarlo cuando sea necesario, posee además en su diseño una sección de documentos compartidos, la cual permite compartir información con los alumnos; otra sección en la que se comparte información es la de trabajo en equipo en la que cada equipo tiene un espacio de trabajo en el cual puede compartir la misma en la plataforma, ya sea con sus compañeros de equipo y/o con su profesor. La DGI está trabajando en un repositorio Institucional el cual deberá tener facilidades de almacenamiento, navegación y extracción de información y podrá ser utilizado por todos los profesores desde la plataforma.

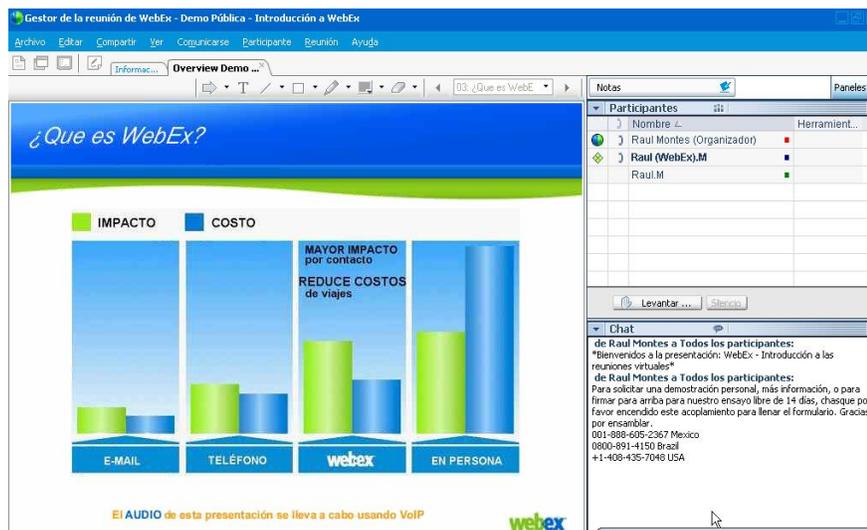


Fig. 3. WebEx es una aplicación para videoconferencia que puede tomarse como modelo para su implementación en NEXUS.

## Coordinación y Control de Objetos Compartidos

Tener un control de cambios es importante, ya que al trabajar de manera colaborativa, los archivos tienden a contener varias versiones y hace falta controlar actualizaciones, NEXUS actualmente posee un espacio de documentos de equipo en el cual los alumnos de un equipo tienen acceso a la información, no tiene un control de cambios, pero es muy útil si se tiene una adecuada administración del espacio por parte de los usuarios, es decir el control se hace de manera manual (como se haría en una reunión presencial) o apoyándose con herramientas externas, por lo que sería conveniente implementar esta funcionalidad para evitar confusiones.



Fig. 4. Repositorio Institucional de Objetos de Aprendizaje de la UANL

## Compartición de un espacio de trabajo

Se refiere a lo que presencialmente sería una pizarra, en NEXUS todo lo que se puede proyectar o escribir en la pizarra se tiene dentro de los documentos de apoyo, considerando una interacción asíncrona, en donde el alumno puede ver el material de apoyo de cada clase. El maestro debe construir material adecuado para la educación a distancia con lineamientos de estructura como los que establecen los objetos de aprendizaje, estos a su vez deben poderse compartir entre maestros con la finalidad de ser reutilizables y que sean parte de una solución hacia un tema complicado dentro de la materia en cuestión. Actualmente NEXUS no tiene esta pizarra electrónica para interacción distribuida sincrónica y sería importante dado que los miembros del grupo necesitan un espacio de trabajo común donde desarrollar sus ideas; sin embargo sí tiene una sección de chat que permite tener esa interacción sincrónica aunque de manera textual.

## Organización y entendimiento común del espacio de trabajo

En la plataforma NEXUS esta característica se cumple de manera adecuada, ya que su diseño instruccional, basado en competencias, permite hacer una planeación eficiente. Además la sección de calendario de actividades, admite establecer los criterios de evaluación, las fechas de entrega y el desarrollo de las actividades en sí de una manera clara, además existe un espacio en el que se puede hacer referencia a bibliografía, objetos de aprendizaje y otros tipos de recursos informativos.

## Conclusiones

La Plataforma NEXUS cuenta con elementos para trabajar de manera eficiente de acuerdo con los aspectos revisados en relación a las características del Groupware y CSCW, se detectan áreas de oportunidad que sería recomendable atender para que los participantes en el curso virtual maximicen su aprovechamiento, entre las que mencionamos : mejoras en la categoría de la interacción distribuida sincrónica como lo inclusión de herramienta de Videoconferencias para optimizar la comunicación, además de compartir pizarra, con lo que mejoraría la compartición del espacio de trabajo en beneficio del desarrollo de ideas; en la interacción profesor-profesor, perfeccionar la parte del repositorio mejorando la facilidades de almacenamiento, navegación y extracción de información y en el tema del espacio compartido implementar control de cambios para los documentos.

Es importante mencionar que el hecho de que la plataforma contenga las herramientas antes mencionadas no significa que sean usables, para evaluar lo anterior se requeriría una evaluación de usabilidad de la aplicación en cada una de sus secciones que involucra realizar evaluaciones con los usuarios mediante herramientas específicas definidas para ese estudio.

## REFERENCIAS

- [1] Arias Osorio, J. "Planeación Estratégica, en Tecnologías de Información : Definiciones y modelos". *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*. Vol. (17). 2006 (30 Abril) .Bogotá.
- [2] Bravo, J.Ortega, M. *Trabajo Cooperativo con Ordenador*. 2001.Universidad Castilla- La Mancha : AIPO, España.
- [3] Crowe, M K. *Cooperative work with multimedia*. Springer-Verlang : s.n., 1994.
- [4] Penichet, V.M.R. et all. "A Classification Method for CSCW Systems." Elsevier, *2nd International Workshop on Views On Designing Complex Architectures*. 2007.págs. 237-247. Bertinoro, Italy.
- [5] Rama, J., Bishop, J. "A survey and comparison of CSCW Groupware applications". *South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists*. SAICSIT '06 Proceedings of the 2006 annual research conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT Research in Developing Countries. 2006 . págs. 198-205. República de Sudáfrica.
- [6] Ellis, C." Grupware: Some Inssues and Experiences". *Communications of the ACM*. 1991. págs. 39-58.

- [7] Silva Zamarripa, J. *Seminario Permanente sobre Tecnología y Cambio Educativo*. 5ta Edición. UANL.2011. Monterrey N.L
- [8]Blackborad. Blackborad <http://www.blackboard.com/International/EMEA.aspx?lang=en-us>
- [9] Moodle. Moodle. [En línea] 2009. [Citado el: 26 de Abril de 2011.] <http://moodle.com/>
- [10].NEXUS. NEXUS. [En línea] 2011. [Citado el: 26 de Abril de 2011.] <https://www.nexus.uanl.mx/App/login/wflogin.aspx>
- [11].CISCO . Webex. Webex. [En línea] 2011. [Citado el: 26 de Abril de 2011.] <http://www.webex.es/>

## *Instrucciones para los autores*

Los artículos que se someten a RISCE deben contener resultados inéditos y originales, no haber sido publicados con anterioridad ni haber sido sometidos simultáneamente a otra revista científica. Si el artículo ha sido presentado, sometido o publicado en alguna otra parte, deberá informarse al coordinador editorial. Los artículos deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

- Idioma Inglés (anexar un resumen y palabras clave en español)
- Idioma Español (anexar un resumen y palabras clave en Inglés)
- Procesador de texto admitido: MS-Word.
- Tamaño de página: carta, utilizar un solo lado de la hoja. Máximo 10 páginas.
- Márgenes: izquierdo 2.5 cm y derecho 2 cm., superior 2.5 cm e inferior 2.5 cm.
- Autores: primer nombre seguido de los dos apellidos (sin abreviaturas), abajo: afiliación y e-mail.
- Tipo de letra del texto regular: Times o Times New Roman de 10 pt (título original 22 pt; secciones 11.5 pt, subsecciones 11.5 pt, en negritas).
- Texto: a una columna y con espaciado sencillo (renglón seguido).
- Resumen/Abstract: entre 70 y 150 palabras, colocado al principio del texto, seguido del de Español o inglés según sea el caso.
- Palabras clave/Keywords: colocadas después del resumen en negritas, y no más de 10.
- Imágenes y fotografías: deben ser de alta calidad, con colores bien definidos y contrastantes, en mapa de bits (no sectorizadas) en formato JPG e incrustadas en el texto de forma que se puedan manipular independiente.
- Fórmulas: Deberán de presentarse en formato de tabla sin bordes, centradas y la numeración de c/u justificada a la derecha con negritas en mapa de bits, no vectorizadas.
- Pies de figura. Deben mencionarse dentro del texto y numerarse de manera consecutiva con un tipo de letra Times New Roman 9 puntos
- Cabecera de tabla. Deberá presentarse en la parte superior de la tabla un numeración consecutiva y descripción con tipo de letra Times New Roman 9
- Referencias:

En cualquier caso el nombre del autor del artículo o publicación web deberá mostrarse al principio. Deberán ordenarse conforme aparezcan dentro del texto encerradas entre paréntesis cuadrado —[ ]—. A continuación algunos ejemplos:

- [1]. Baldonado, M., Chang, C.-C.K., Gravano, L., Paepcke, A.: The Stanford Digital Library Metadata Architecture. *Int. J. Digit. Libr.* 1 (1997) 108–121
- [2+]. Bruce, K.B., Cardelli, L., Pierce, B.C.: Comparing Object Encodings. In: Abadi, M., Ito, T. (eds.): *Theoretical Aspects of Computer Software. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1281. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1997) 415–438
- [3]. van Leeuwen, J. (ed.): *Computer Science Today. Recent Trends and Developments. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1000. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1995)
- [4]. Michalewicz, Z.: *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1996)

### **Instrucciones:**

Enviar el archivo en extenso a la siguiente dirección electrónica: ebustosf@gmail.com

Los revisores técnicos le harán llegar sus observaciones y modificaciones, las cuales deberá realizar y reenviar el archivo corregido al correo arriba mencionado.

El comité editorial se comunicara mediante correo electrónico indicándole la aceptación o rechazo del artículo.

Se le solicitará autorización para publicación; en caso de aceptar se le indica la cuenta donde debe hacer el depósito por cobro de publicación y el costo, el cual no debe exceder de \$1000.00 pesos mexicanos.

**Reserva de Derechos 04-2008-062613190500-203**