

DI F U₁₀₀ci@

Revista de Difusión Científica

ISSN 2007-3585

Vol. 4, No.1, mayo-agosto 2010

Investigación

**Crecimiento y
caracterización de
cristales orgánicos para
aplicaciones
electroópticas y fotónicas**

Martha Isabel Alcalá Salas et al.

Investigación

**Robot Móvil Operado en
Ambientes Interiores
Dedicado a Sistemas de
Seguridad**

S. Ramírez Zavala et al.

Por la divulgación de la ciencia y la tecnología

ISSN 2007-3585



9 772007

3585

PRODUCCIÓN
Universidad Autónoma de Zacatecas

PRODUCCIÓN Y DISEÑO

Gerardo Miramontes de León

D.R. de la Presente Edición

Gerardo Miramontes de León
Universidad Autónoma de Zacatecas
López Velarde 801, Centro
98000 Zacatecas, Zac. México

ISSN 2007-3585

DIFU100ci@ (léase difuciencia) Vol. 4, No.1, mayo-agosto 2010, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, "Francisco García Salinas", Jardín Juárez 147, Col Centro Zacatecas, Zac. C.P. 98000. www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm. correo-e:gmiram@ieee.org. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo del Título expedido por el INDAUTOR, Reserva: 04-2010-110314331900-102. Responsable de la última actualización Gerardo Miramontes de León, López Velarde 801, Zona Centro, Zacatecas, Zac. C.P. 98000. Fecha de última modificación 30 de mayo de 2012.

HECHO EN MÉXICO
MADE IN MEXICO

DIRECTORIO

M. en C. Francisco Javier Domínguez Garay Rector
I. Q. Armando Silva Cháirez Secretario General
M. en C. Jesús Octavio Enriquez Rivera Secretario Académico
M. en A Emilio Morales Vera Secretario Administrativo
Dra. Isabel Terán Elizondo Coord. Investigación y Posgrado
Dr. Luis Alejandro Aguilera Galaviz Coord. de Investigación
Dr. Diego Miramontes de León Coord. de Posgrado

CONSEJO EDITORIAL

Leonardo Acho Zuppa, U Politècnica de Catalunya, España
Miguel Andrés, U. de Valencia, España
Pedro Andrés, U. de Valencia, España
Luis Tupak Aguilar, CITEDIPN, México
David H. Covarrubias Rosales, CICESE, México
Ernesto García Domínguez, U. Autónoma de Zacatecas
Mireya Sara García Vázquez
CITEDIPN, México
Luis García Santander
U. de Concepción, Chile
Geminiano D. Martínez Ponce, CIO, México
Lyle E. McBride, CSU, Chico USA
Oscar Montiel, CITEDIPN, México
Arturo Moreno Báez, U. Autónoma de Zacatecas
Claudia Sifuentes Gallardo, U. Autónoma de Zacatecas

Contenido

Vol. 4, No. 1, mayo-agosto 2010

EDITORIAL

Número especial 2

6

Selección de trabajos presentados en el ENINVIE-2010. El Encuentro de Investigación en Ingeniería Eléctrica se ha venido celebrando desde el año 2004. Se presentan dos trabajos seleccionados de entre el total de las ponencias. El primero trabajo trata el crecimiento y caracterización de cristales. El segundo trabajo presenta un Robot Móvil operado en ambientes interiores dedicado a sistemas de seguridad.

Crecimiento y caracterización de cristales orgánicos para aplicaciones electroópticas y fotónicas

7

por Martha Isabel Alcalá Salas et al. pp. 7 – 11

Cristales de los compuestos 8,10-Dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-1), 2-Cloro-8,10-dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-2) y 3-Nitro-8,10-dimethyl-6-phenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclonone (BE-3), fueron obtenidos a partir de la evaporación lenta de una solución de cloroformo. La difracción de rayos X corroboró la estructura molecular, así como el empaquetamiento no centrosimétrico de los cristales. El análisis térmico se llevó a cabo por las técnicas termogravimétricas y térmico diferenciales. Por otra parte, la espectroscopía de absorción UV-Visible, infrarrojo y fotoluminiscente se aplicaron para la caracterización óptica lineal, en tanto que la generación de segundo armónico permitió la caracterización óptica no lineal de los cristales orgánicos.

INVESTIGACIÓN

Robot Móvil operado en ambientes interiores dedicado a sistemas de seguridad **12**

por S. Ramírez Zavala, et al. pp. 12 – 17

El presente artículo muestra una aplicación de la Robótica móvil. En este proyecto, se plantea el diseño de un robot móvil empleado como apoyo en el área de seguridad en un espacio físico determinado. El operador puede visualizar el área alrededor del robot mediante la operación remota de la cámara montada en el robot. El robot tiene sensores que le permiten conocer algunos parámetros del entorno donde se mueve. Las señales de los sensores son acondicionadas para ser leídas por un microcontrolador en el cual se desarrolla el control inteligente del robot. El robot está basado en microcontroladores de la familia PIC. Se describe la construcción y funcionamiento del robot así como los resultados obtenidos.

Número especial 2

EN este número especial se incluyen dos trabajos que fueron presentados en el ENINVIE-2010. El Encuentro de Investigación en Ingeniería Eléctrica se ha venido celebrando desde el año 2004, por cinco años consecutivos hasta el 2008, cuando se decidió celebrarlo cada dos años. Así en el 2010 se celebró el sexto ENINVIE.

En este segundo número especial se presenta una selección de trabajos. El primero trabajo trata el crecimiento y caracterización de cristales de los compuestos 8,10-Dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-1), 2-Cloro-8,10-dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-2) y 3-Nitro-8,10-dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-3) para aplicaciones electroópticas y fotónicas.

El segundo trabajo presenta un Robot Móvil Operado en Ambientes Interiores Dedicado a Sistemas de Seguridad, incluyendo una aplicación de la robótica móvil. Se espera que ambos trabajos difundan el conocimiento en estas dos importantes áreas de la ciencia y la tecnología.

© agosto 2010 G. Miramontes

correo-e: gmiram2002@yahoo.com

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Jardín Juárez 147, Col Centro Zacatecas, Zac. Tiene como objetivo difundir conocimientos científicos y tecnológicos del área de la ingeniería a través de artículos de divulgación y artículos que muestren temas de investigación.

EDITOR EN JEFE

Gerardo Miramontes de León
U. Autónoma de Zacatecas

CONSEJO EDITORIAL

[Leonardo Acho Zuppa](#)

U Politècnica de Catalunya
España

[Miguel Andrés](#)

U. de Valencia, España

[Pedro Andrés](#)

U. de Valencia, España

[Luis Tupak Aguilar](#)

CITEDI-IPN, México

[David H. Covarrubias Rosales](#)

CICESE, México

[Ernesto García Domínguez](#)

U. Autónoma de Zacatecas

[Mireya Sara García Vázquez](#)

CITEDI-IPN, México

[Luis García Santander](#)

U. de Concepción, Chile

[Geminiano D. Martínez Ponce](#)

CIO, México

[Lyle E. McBride](#)

CSU, Chico USA

[Oscar Montiel](#)

CITEDI-IPN, México

[Claudia Sifuentes Gallardo](#)

U. Autónoma de Zacatecas

El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores. Se permite la reproducción total o parcial de los contenidos siempre y cuando se cite la fuente, y en los términos de la Ley Federal de Derechos de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables.



Crecimiento y caracterización de cristales orgánicos para aplicaciones electroópticas y fotónicas

Alcalá Salas Martha Isabel, Ramos Ortiz G., Rodríguez Rivera M.

Growth and characterization of organic crystals for electro-optical and photonic applications

Recibido: enero 12, 2010

Aceptado: febrero 22, 2010

Palabras clave: cristales orgánicos; aplicaciones fotónicas; caracterización óptica

Abstract:

Crystals of the compounds 8,10-Dimethyl-6-phenyl-5, 7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-1), 2-chloro-8 ,10-dimethyl-6-phenyl-5 ,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzocicloneno (BE -2) and 3-Nitro-8 ,10-dimethyl-6-phenil-5 ,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclonone (BE-3) were obtained from the slow evaporation of a chloroform solution. X-ray diffraction confirmed the molecular structure and the non-centrosymmetric packing of the crystals. Thermal analysis was carried out by the techniques thermogravimetric and differential thermal. Moreover, absorption spectroscopy UV-visible, infrared and photoluminescent

were applied to the linear optical characterization, whereas the second harmonic generation allowed the characterization of the nonlinear optical organic crystals.

Keywords: organic crystals; photonic applications; optical characterization

L

A óptica no lineal (ONL) es el estudio de la interacción de la materia con una luz de alta intensidad, como la producida por un láser.

Cuando un material no lineal es atravesado por la radiación de un láser, se tiene como resultado un haz de radiación con fase, frecuencia y amplitud diferente al aplicado inicialmente al material [3]. Los materiales ópticos no lineales juegan un papel esencial dentro de la fotónica y optoelectrónica. Muchos logros significativos se han obtenido en el desarrollo de materiales ópticos no lineales, tanto orgánicos como inorgánicos [13]. A partir de la década de los 90's se ha puesto un énfasis mayor en los materiales orgánicos, debido a tres factores principales: el bajo costo en su preparación, la gran variedad de posibilidades de diseño molecular y sus propiedades ópticas no lineales de gran magnitud, además de su alta velocidad de respuesta

[8], [16], [19], [20]. Entre la gran variedad de materiales orgánicos ópticos no lineales que se han estudiado a la fecha, los materiales en forma cristalina [1], [12] han recibido especial atención en los años recientes, debido a sus aplicaciones en la tecnología de láseres, comunicaciones ópticas, almacenamiento óptico de datos y el procesamiento de señales ópticas [5], [7], [15], [20].

Los materiales ópticos no lineales juegan un papel esencial dentro de la fotónica y optoelectrónica

Sin embargo, la polarización no lineal de segundo orden, tan sólo se exhibe en aquellos cristales donde no se presenta un centro de inversión [3], [4], [14].

En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos del crecimiento y caracterización de cristales no centrosimétricos de tres nuevos compuestos conteniendo átomos de boro: 8,10-Dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-1), 2-Cloro-8,10-dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclononeno (BE-2) y 3-Nitro-8,10-dimetil-6-fenil-5,7-dioxa-11-aza-6-bora-benzociclonone (BE-3).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las moléculas orgánicas BE-1, BE-2 y BE-3 fueron preparadas de acuerdo a la referencia [17] en los laboratorios del departamento de Química de CINVESTAV-IPN, México Distrito Federal. La obtención de cristales no centrosimétricos se llevó a cabo por los métodos de evaporación lenta [2], [9], [11] o el de enfriamiento lento de una solución del material orgánico [11], [15], [18]. La caracterización óptica de los cristales orgánicos se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones en Óptica A.C.

La técnica de difracción de rayos X se empleó para la determinación de los parámetros de red de los cristales en un difractor KAPPA CCD. El análisis por espectroscopía de absorción UV-Visible se empleó para determinar la transparencia de los cristales orgánicos; el espectro fue determinado en un espectrofotómetro Lambda 900 UV/VIS/NIR Perkin Elmer. El análisis infrarrojo se realizó sobre pastillas de KBr, con un espectrofotómetro Perkin Elmer Spectrum

BX FT-IR System (2-20 μm), para llevar a cabo la identificación de grupos funcionales de las moléculas orgánicas. La emisión de los cristales fue promovida por la exposición a radiación ultravioleta; para medir la intensidad de la fotoluminiscencia, se empleó un espectrómetro de fibra óptica marca Ocean Optics.

La determinación de coeficientes no lineales de segundo orden se llevó a cabo empleando el método de Kurtz-Perry para la generación de segundo armónico (SHG, Second Harmonic Generation) [10], sometiendo los cristales a la interacción de una longitud de onda de 1220 nm, con una energía de pulso de 7.6 mJ. Las mediciones de SHG, se llevaron a cabo sobre muestras de microcristales colocados entre dos placas de vidrio con un espesor entre ellos de 2 μm . La detección de la señal de SHG producida por el cristal se llevó a cabo empleando una cámara CCD conectada a una computadora. Para cada compuesto analizado se sacó un valor promedio a partir de cinco lecturas realizadas en distintos puntos aleatorios dentro de la muestra y se comparó con respecto a la obtenida por la muestra de urea. El análisis termogravimétrico se llevó a cabo en un rango de temperatura de 25-460 $^{\circ}\text{C}$, en atmósfera de nitrógeno, empleando una Termobalanza Mettler-Toledo TGASDTA851e.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se observó la formación de cristales de los compuestos BE-1 y BE-2 a partir de la evaporación lenta de una solución de cloroformo, después de tres semanas de iniciado el proceso de cristalización. Cristales de BE-3 y urea se obtuvieron después de una semana por el método de enfriamiento lento (ver Figura 1). La difracción de rayos X arrojó como resultado que los cristales de BE-1 y BE-2 cristalizan en el sistema ortorrómbico en el grupo espacial $P2_12_12_1$, [17]. El compuesto BE-3 cristalizó en el sistema ortorrómbico en el grupo espacial $P2_12_12_1$, con cuatro moléculas en la celda unitaria con parámetros de red: $a=8.5364(2)$ Å, $b=12.5227(3)$ Å, $c=18.9518(6)$ Å y $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$.

El espectro de absorción determinó que los cristales presentan transparencia óptica en el rango de 500 nm a 1200 nm. Los picos o bandas de estiramiento de los enlaces C=C y C=N obtenidos a partir de espectroscopía infrarroja, confirmaron la estructura química de los compuestos. En la Figura 2 se puede observar el espectro de absorción así como el de infrarrojo para el BE-1. Las soluciones de BE-1, BE-2 y BE-3 no exhibieron fotoluminiscencia notable,

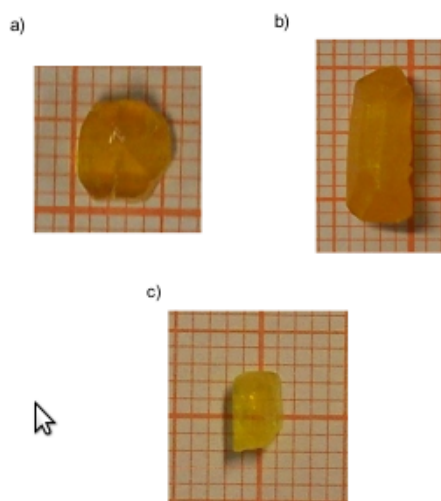


Figura 1. Cristales orgánicos de: a) BE-1, b) BE-2 y c) BE-3.

sin embargo, los cristales de BE-2 y BE-3 fueron altamente fotoluminiscentes (ver Figura 3).

Los cristales de BE-1, BE-2 y BE-3 presentaron respuesta óptica no lineal de segundo orden en 610 nm (confirmado visualmente por la emisión de radiación anaranjada, Figura 4) y por las lecturas de la CCD. El cristal de BE-1 presentó una respuesta óptica no lineal 3.9 veces mayor que la de urea, BE-2 a su vez fue 2.5 veces mayor y BE-3 resultó ser 2.1 veces, respectivamente. La respuesta óptica no lineal con respecto al KDP (fosfato ácido de potasio) se calculó empleando la relación publicada en la referencia [6], por lo que el cristal de BE-1 presentó una respuesta no lineal 25.9 veces mayor que el KDP, BE-2 16.6 veces mayor y a su vez BE-3 13.9 veces.

La estabilidad térmica de los cristales orgánicos BE-2 y BE-3 se llevó a cabo mediante el análisis termogravimétrico (TG) y el análisis térmico diferencial (DTA), ver Figura 5. La curva de TG para el cristal de BE-2 presentó una pérdida de masa de alrededor de 7 %, entre los 80-120 °C, atribuida a la pérdida de disolvente; en seguida se presentó una fase estable hasta los 200 °C, donde el cristal presentó una fase de degradación entre los 200-270 °C, con una pérdida del 92 % de la masa inicial. El DTA determinó un pico exotérmico entre los 220-270 °C con un valor máximo 237 °C, atribuido al punto de fusión. La curva de TG para BE-3 mostró una fase de descomposición entre los 220-320 °C y una pérdida de masa del 55.6 %. El DTA presenta un pico endotérmico a 29 °C, que se atribuye a la pérdida de moléculas de disolvente o pequeñas impurezas en la superficie del cristal. Un

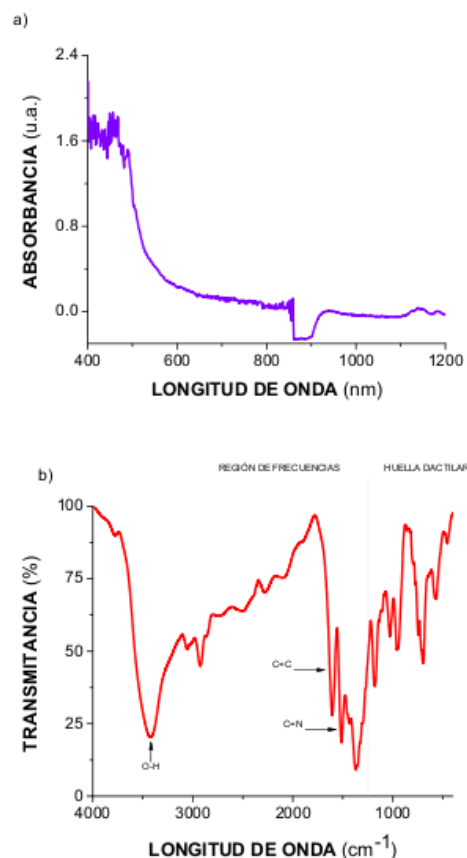


Figura 2. Análisis del cristal de BE-1 a) Espectro de absorción y b) espectro infrarrojo.

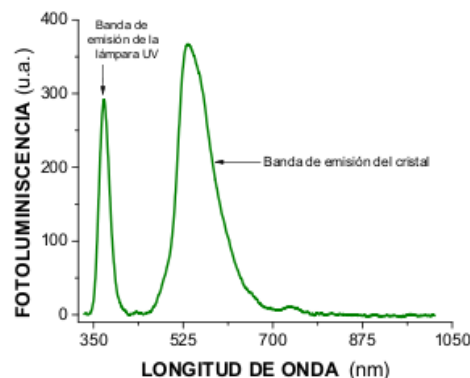


Figura 3. Espectro fotoluminiscente de BE-2.

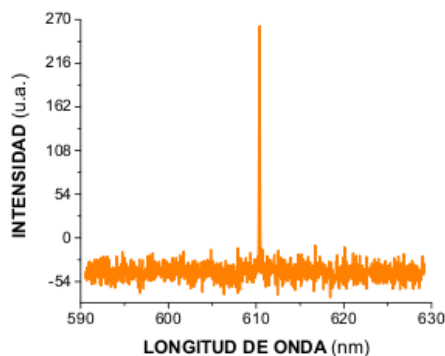


Figura 4. Espectro de SHG generado por BE-3.

segundo pico endotérmico se observó a 246 °C, atribuido al punto de emisión de la lámpara UV fusión de la muestra. A 276 °C se observa un pico exotérmico, correspondiente al punto de ebullición.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron cristales orgánicos no centrosimétricos de los compuestos BE-1, BE-2 y BE-3 a partir de las técnicas de evaporación lenta y enfriamiento lento de una solución. El pequeño tamaño de la molécula, así como su bajo momento dipolar y la presencia de átomos de halógenos promovieron la formación de enlaces de hidrógeno que favorecen la formación de un sólido no centrosimétrico. Los compuestos BE-1, BE-2 y BE-3 cristalizaron en el sistema ortorrómbico, en el grupo espacial $P2_12_12_1$. La transparencia óptica que exhibieron los cristales en la región de 500-1200 nm abre la oportunidad de ser empleados para aplicaciones ópticas, en particular fenómenos ópticos no lineales. Experimentalmente, se corroboró la generación de segundo armónico en un rango continuo de longitudes de onda de excitación que van desde los 1100 nm a los 1600 nm, para los cuales la longitud del armónico generado cayó en el rango de transparencia de los cristales. El compuesto BE-1 presentó una respuesta no lineal mayor que BE-2 y BE-3. El punto de fusión para BE-2 se presentó a 237 °C, mientras que para BE-3 fue a 245 °C.

Bibliografía

[1] Referencias

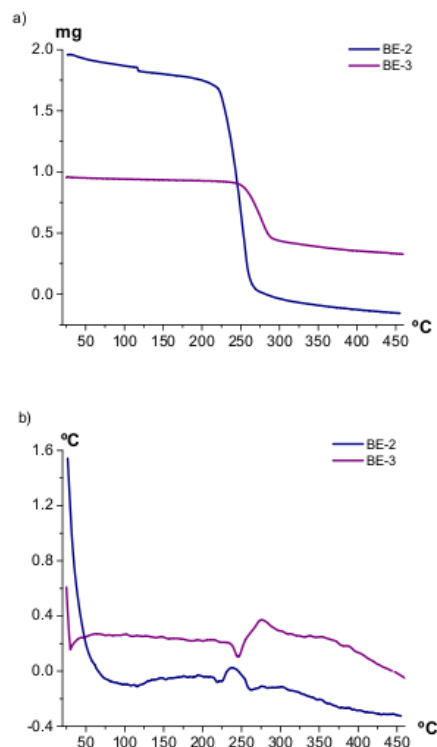


Figura 5. Análisis térmico: a) TG y b) DTA.

- [2] Arivanandhan, M., Melt growth of novel organic non-linear optical material and its characterization, in Science Direct-Materials Letters, Volumen 61, P. 4836-4838, 2007.
- [3] Balasubramanian, T., Development of NLO tunable band gap organic devices for optoelectronic applications, in Science Direct-Materials Letters, Volumen 61, P. 4836-4838, 2007.
- [4] Boyd, R. Nonlinear Optics, Editorial Academic Press. EUA, Pp. 439, 1992.
- [5] Eaton, D. Nonlinear Optical Materials, in Science, Volumen 253, P. 252-254.1991.
- [6] Gopalakrishnan, R., Synthesis, crystal growth and characterization of organic material: N-Bromosuccinimide (NBS) for NLO applications, in Science Direct-Materials Letters, Volumen 62, P. 2486-2489, 2008.
- [7] Geopalakrishnan, R., Studies on the Growth and Characterization of L-Asparaginium Picrate (LASP) A Novel Nonlinear Optical Crystal, in Crystal Growth & Design, Volumen 6, Número 7, P. 1663-1670, 2006.

- [8] Jayavel, R., Growth and characterization of nonlinear optical Larginine melete dehydrate single crystals , in Science Direct-Materials Letters, Volumen 62, P. 755-758, 2008.
- [9] Jerome Das, S., Growth and characterization of new semiorganic nonlinear optical sodium paranitrophenolate paranitrophenol dihydrate single crystal, in Science Direct-Materials Letters, Volumen 61, P. 5053-5055, 2007.
- [10] Kandavelu, V., Synthesis, crystal growth, structural, thermal and optical properties of naphthalene picrate an organic NLO material, in Science Direct-Spectrochimica Acta Parte A, Volumen 71, P. 755-759, 2008.
- [11] Kurtz, S. y Perry, T., A powder technique for the evaluation of nonlinear optical materiales, in Journey of Applied Physics, P. 39:3798, 1970.
- [12] Milani, M., Growth and optical properties of large single crystals of rhodamine from methanol solution, in Science Direct-Journal of Crystal Growth, Volumen 310, P. 4468-4471, 2008.
- [13] Murugakoothan, P., Growth and characterization of new semiorganic nonlinear optical single crystal L-Phenylalanine L-Phenylalaninium perchorate (LP-PAPC) , in Science Direct-Materials Letters, Volumen 63, P. 363-365, 2009.
- [14] Nalwa, H.S., y Miyata, S, Nonlinear Optics of Organic Molecules and Polymers, Editorial CRC-Press, EUA, Pp. 885, 1997.
- [15] Prasad, P.N y Williams, D. J, Introduction to Nonlinear Optical Efects in Molecules and Polymers, Editorial John Wiley & Sons, EUA, Pp. 307, 1991.
- [16] Ramasamy, P., Synthesis, growth, and characterization of a non-linear optical crystal-glycine lithium chloride in Science Direct-Optics Communications, Volumen 282, P. 1202-1206, 2008.
- [17] Richardson, T.H., Functional Organic and Poly-meric Materials, Editorial John Wiley & Sons, EUA, Pp. 398, 2000.
- [18] Rodríguez Rivera, M., Reactividad y análisis estructural de boronatos derivados de enolimas y enamionas tridentadas, Tesis de doctorado Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional-Departamento de Química, México, 2007.
- [19] Tsutsumi, J., A noncentrosymmetric crystal structure of a zwitterionic compound, pyridinium 5,7-dihydro-5,7-dioxo-6H-cyclopenta b oyridin-6-ylide, realized by weak hydrogen bonds, Science Direct-Journal of Molecular Structure, Volumen 920, P. 52-69, 2009.
- [20] Veeravazhuthi, V., Importance of hydrogen bonding for second harmonic generation e ect: X-ray difraction and DFT study on S-benzyl isothiuronium chloride , in Science Direct-Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol- umen 70, P. 322-325, 2009.
- [21] Xu, D., Growth and characterization of nonlinear optical single crystal: L-Lysinium tri uoroac- etate, in Science Direct-Materials Research Bulletin. Volumen 44, P. 925-930, 2009.

Acerca del autor o autores

Alcalá Salas Martha Isabel, Ramos Ortiz G., Rodríguez Rivera M. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C., Departamento de Fotónica, León, Guanajuato CP-37150. correo-e: malcalas@hotmail.com



Robot Móvil operado en ambientes interiores dedicado a sistemas de seguridad

S. Ramírez Zavala, N. Barrera Gallegos, I. I. Lázaro Castillo

Mobile Robot in Indoor Environment Dedicated to Security Systems

Recibido: enero 7, 2010

Aceptado: febrero 6, 2010

Palabras clave: administración; producto; DSPs

Abstract:

This paper presents an application of mobile robotics. In this project, we propose the design of a mobile robot used as support in the safe area on a given physical space. The operator can view the area around the robot by remote operation of the camera mounted on the robot. The robot has sensors to know some parameters of the environment in which it moves. The sensor signals are conditioned to be read by a microcontroller which develops intelligent robot control. The robot is based on PIC microcontroller family. This paper describes the construction and operation of the robot and the results obtained.

Keywords: project; design; DSPs

LOS robots móviles se han implementado de diferentes formas como son: con patas, con péndulo invertido, que vuelan, humanoides y con ruedas [1]. Los robots móviles con ruedas pueden estar constituidos por diversos materiales y sensores, estas configuraciones son utilizadas para satisfacer las diversas aplicaciones como extender las actividades realizadas por un manipulador a través de la movilidad por tener características como: tele operación, funcionamiento repetitivo y autonomía e inteligencia, así como, el reconocimiento de lugares y personas, la construcción de mapas, soldar, pintar, etc. [2].

Los robots móviles con ruedas pueden estar constituidos por diversos materiales y sensores

En el caso del área de la seguridad desde la aparición de las cámaras de video, el uso de los robots manipuladores y los robots móviles han sido muy utilizados para desarrollar y apoyar estas tareas de seguridad. La seguridad realizada por personas puede ser ineficaz dado que las personas

que vigilan pueden cansarse al realizar varias rondas durante un tiempo prolongado y esto provocaría que puedan dejar de poner atención en las actividades de seguridad que realizan, es por eso que el uso de un robot que apoye o realice la tarea de seguridad mejorara la seguridad de los espacios físicos, sobre todo donde existan áreas muy grandes ya que los robots hacen su trabajo según un programa o rutina computacional. En el área de seguridad ya existen diversas empresas que ofrecen un sistema de seguridad basado en el uso de robots [2], [3], [4].

Así el objetivo principal de este trabajo, es desarrollar un robot móvil que permita ayudar o realizar las actividades de seguridad de espacios físicos. En la sección dos se describe la estructura general del robot. Los materiales utilizados son descritos en la sección tres. El modo de operación de este robot se presenta en la sección cuatro Al final se mencionan las pruebas y resultados realizados al robot.

En casos seguridad desde la aparición de las cámaras de video, el uso de los robots manipuladores y los robots móviles han sido muy utilizados

ESTRUCTURA GENERAL DEL ROBOT MÓVIL

En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques de las partes generales correspondientes al sistema de control y sensores. En este diagrama se puede destacar la estructura modular del diseño permitiendo que con pequeños cambios el robot pueda aplicarse a otro tipo de actividad.

El programa principal de control se encuentra implementado en un microcontrolador PIC16F877 (microcontrolador A), cuyas funciones principales son recibir y procesar la información provenientes del modulo de radiofrecuencia necesarios para el manejo del móvil, de los sensores de distancia y compas que detectan la información del ambiente, enviar los comandos de movimiento al microcontrolador B que es encargo de estos controlar estos comandos y enviar las señales al módulo de movimiento de la cámara formado por dos motores de pasos y microcontroladores PIC16F84 [4], [5], permitiendo moverla en forma esférica. La cámara

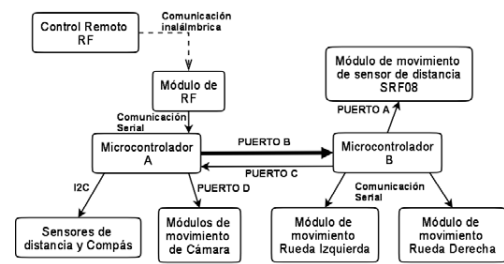


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema.

transmite la señal por radiofrecuencia a un monitor donde el operador encargado de seguridad monitorea el entorno del robot y la seguridad del espacio físico. Se cuenta con dos sensores ultrasónicos, uno mide la distancia a la que se encuentran los objetos y otro mide los desniveles del terreno en que se mueve el robot. Un sensor de compás que realiza la función de una brújula electrónica con respecto al campo magnético terrestre, proporcionando la dirección del robot. En cada módulo de movimiento se tiene un motor de corriente directa (CD) y un microcontrolador PIC18F4431 (especial para controlar motores con sensores) programado con la rutina de control de la velocidad y posición de cada motor. Los motores cuentan con sensores que permiten medir su velocidad y posición. La etapa de potencia de los motores se realiza con circuitos integrados de tipo Puentes-H (LMD18200) diseñado para aplicaciones de control de movimiento en motores de CD. La etapa de potencia y la de control de los motores se encuentran aisladas por medio del optoacoplador H11L1 [6]. El robot móvil cuenta con un sistema de comunicación inalámbrica para la transmisión y recepción de instrucciones de los movimientos del robot y de la cámara por parte del operador [4], [5]. Con la distribución propuesta en forma distribuida del robot móvil permite de una manera fácil y rápida el mantenimiento o corrección de errores del mismo.

En cuanto al diseño mecánico del móvil, se ha optado por el empleo de una plataforma metálica que sirve de apoyo a todo el hardware. La estructura tiene forma rectangular de 24.5 cm. de ancho por 26 cm. de largo y una estructura trasera que sobresale 8 cm como se muestra en la Figura 2a. Además cuenta con soportes en cada esquina de la estructura, donde se colocan las plataformas que sirven de base para los circuitos de control. Se tienen dos baterías que son la fuente de energía del robot. Una de estas baterías alimenta a los motores y la otra alimenta los circuitos de control; y son de 12 Volts a 12 Amperes-hora y 8 Amperes-

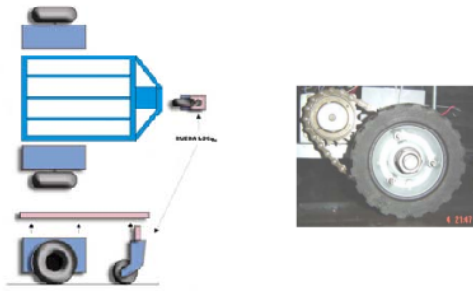


Figura 2. (a) Colocación de las ruedas, (b) Acoplamiento entre motor y rueda llanta acoplada con el motor.

hora respectivamente. La tracción del robot se encuentra en las dos ruedas delanteras. Para ello, en cada rueda están acopladas un conjunto de estrellas de las usadas en las bicicletas. Estas estrellas están acopladas mediante una cadena de eslabones como se muestra en la Figura 2b. La rueda trasera es de libre movimiento que puede girar 360° y sirve sólo de soporte del robot móvil.

**Un robot que apoye o realice la
tarea de seguridad mejorara la
seguridad de los espacios físicos**

En la parte frontal del robot se montaron dos sensores de ultrasonido (SRF08 y SRF02), un sensor permite ver la distancia al frente a la que se encuentra el robot de algún objeto u obstáculo; y se encuentra montado en un motor a pasos permitiendo monitorear hasta 0 180 y el otro sensor se utiliza para saber si existe algún desnivel en el suelo; y está montado sobre una varilla roscada que gira y hace que el sensor se desplace hacia ambos lados del robot de manera secuencial. El movimiento del sensor lo realiza a razón de 4 vueltas por minuto [7], [8], [9]. En la Figura 3 se muestra una fotografía del panel frontal del robot donde se muestra la ubicación de los sensores y la estructura del mismo.

MODO DE OPERACIÓN

El modo de operación lo define el usuario indicando las instrucciones del movimiento del robot en el espacio físico que se desea vigilar, mediante un control remoto

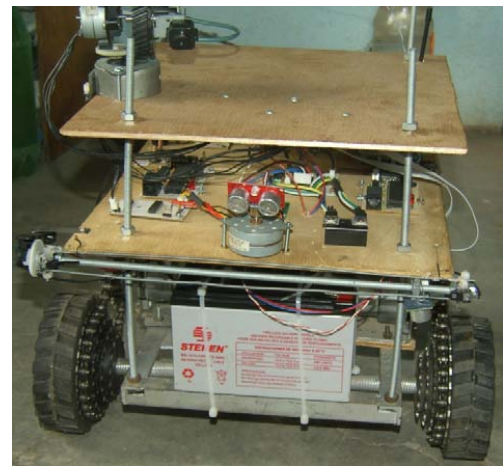


Figura 3. Parte frontal del robot.



Figura 4. Diagrama de conexión del control remoto.

inalámbrico. El diagrama de conexión se muestra en la Figura 4.

El control remoto permite la manipulación de los movimientos del robot a distancia. Está compuesto por un microcontrolador PIC18F2431, dos palancas analógicas, un módulo de radiofrecuencia (TWS315 MHz) [10] y la conexión serial que permite conectar el control remoto a una computadora. Haciendo uso de los módulos de radiofrecuencia se envían y reciben los comandos codificados, enviados desde el control remoto y son interpretados en el robot. Este control se muestra en la Figura 5.

De la Figura 5, la palanca izquierda controla el movimiento del avance del robot, si se mueve para arriba el robot avanzara; si se mueve abajo el robot retrocederá; si se mueve a la derecha o a la izquierda el robot girara sobre su mismo eje a la derecha o a la izquierda respectivamente. La palanca de la derecha controla el movimiento de los motores de paso que sostienen a la cámara. Si la palanca se mueve para arriba o



Figura 5. Control remoto inalámbrico.

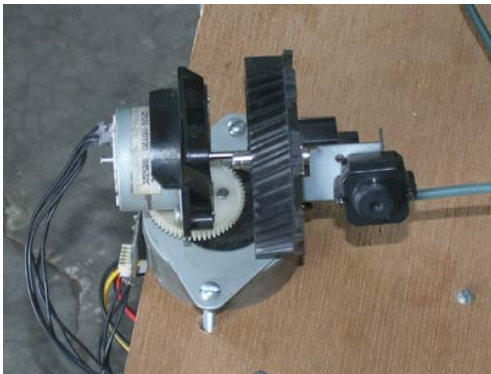


Figura 6. Mini cámara montada sobre los motores de paso.

abajo, el motor de pasos que se encarga del giro vertical se mueve provocando que la cámara gire arriba o abajo respectivamente, Si la palanca se mueve a la izquierda o derecha el motor de pasos que genera el giro horizontal hace que la cámara gire a la izquierda o derecha respectivamente. Con esto se tiene movimientos combinados de los motores de forma esférica, el giro horizontal de la cámara está limitado a 180° en forma horizontal, debido a los cables de alimentación del motor, en la Figura 6 se muestra este arreglo. Las acciones deseadas del robot son recibidas por un módulo de radiofrecuencia (RWS315 [10]) a una velocidad de transmisión de 9600 baudios/segundo, procesadas e interpretadas en el microcontrolador A y dependiendo de la instrucción recibida se realiza la acción de acuerdo a la Tabla I. Cuando se trata de mover al robot el microcontrolador principal transmite el comando necesario (Tabla II) al microcontrolador que controla estos movimientos (microcontrolador B), éste manda las acciones a realizar de cada uno de los módulos de control de las ruedas a través de comunicación serie. Para indicar movimiento en la rueda derecha envía el comando de identificación correspondiente a la letra

Tabla 1. Instrucciones a realizar por el microcontrolador A.

Instrucción	Acciones del robot
11110000	Detiene cualquier movimiento del robot
11100001	Mueve el motor del movimiento horizontal de la cámara hacia la derecha.
11100000	Mueve el motor del movimiento horizontal de la cámara hacia la izquierda.
11010010	Mueve el motor del movimiento vertical de la cámara hacia arriba.
11010000	Mueve el motor del movimiento vertical de la cámara hacia abajo.
10110100	Envía la instrucción al PIC B para que el robot avance
10110000	Envía la instrucción al PIC B para que el robot retroceda
01111000	Envía la instrucción al PIC B para que el robot gire sobre su eje a la derecha.
01110000	Envía la instrucción al PIC B para que el robot gire sobre su eje a la izquierda.

Donde:
 1: indica un voltaje lógico alto.
 0: indica un voltaje lógico bajo.

“D” y para indicar movimiento en la rueda izquierda envía la letra “I”, después de seleccionar la rueda se envía el comando que corresponde al movimiento de dicha rueda como se muestra en la Tabla III. Cuando alguno de los sensores de ultrasonido detecta objetos que obstruyan la trayectoria del robot o algún desnivel el microcontrolador B que controla los movimientos de los motores manda el comando de paro a cada motor con el fin de que el robot no colisione con el objeto.

En cada uno de los módulos de control de movimiento de las ruedas se implemento una rutina de control digital de posición donde interviene un control de velocidad del tipo proporcional-Integral (PI). En la Figura 7 se muestran la distribución de los circuitos de control colocados en la tabla

Tabla 2. Comandos de velocidad recibidos en el microcontrolador B.

Instrucción	Acción del PIC2
00000000	Detiene cualquier acción.
11110001	Envía los comandos de avance.
11110010	Envía los comandos de retroceso.
11110011	Envía los comandos de giro a la izquierda.
11110100	Envía los comandos de giro a la derecha

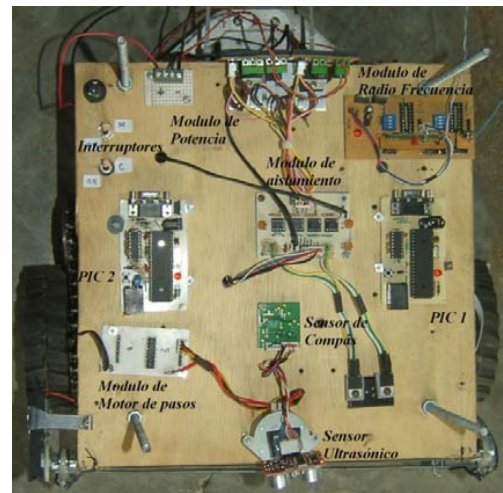


Figura 7. Distribución de los circuitos de control montados en el robot.

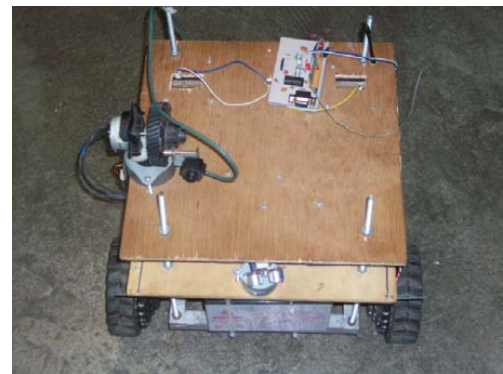


Figura 8. Parte superior del robot.

Tabla 3. Comandos recibidos en los módulos de movimiento.

Carácter	Acción de los módulos de movimiento
S	Detiene cualquier acción.
A	Avanza con velocidad constante
R	Retrocede con velocidad constante
M	Espera recepción de la referencia de posición

que se coloca en la parte de arriba del robot.

En la parte superior del robot solo se encuentra la cámara con los motores de pasos que permiten su movimiento como se muestra en la Figura 8, también se encuentra el circuito receptor de radiofrecuencia con el que se reciben las señales del control remoto.

PRUEBAS REALIZADAS.

Las pruebas realizadas iniciaron desde que se implemento cada uno de los módulos para verificar que se tuviera el comportamiento adecuado por separado por la facilidad del diseño en distribución modular, una vez hecho esto se procedió con la conexión de todos los módulos. Después de interconectar todos los circuitos que componen al robot móvil, fue necesario probar que los programas tuvieran un fun-

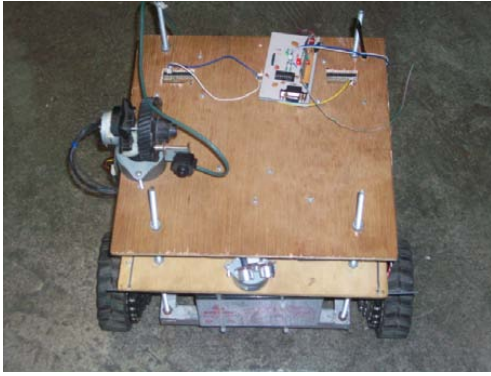


Figura 9. Robot en funcionamiento.

cionamiento adecuado primero para el microcontrolador A y luego para el microcontrolador B.

Se probó en conjunto el funcionamiento del robot, verificando primero que el robot siguiera las instrucciones de acuerdo a los movimientos realizados desde el control remoto, después se probó con obstáculos para verificar el comportamiento de los sensores realizando en todos los casos una buena tarea el robot. Se comprobó la funcionalidad de manejo de la cámara con el robot, presentando buenas características como se muestra en la Figura 9.

1 CONCLUSIÓN.

Se diseñó e implementó un robot móvil; aplicándose como apoyo en el área de seguridad en casas y/o industrias, permitiendo desplazarse con seguridad e independencia ante la presencia de objetos no deseados con una facilidad dentro de un área deseada. Esto debido a que el sistema desarrollado aumenta la información acerca de algunos obstáculos que el robot pueda encontrar en su camino en una distancia de 1 cm. a 25 cm. La utilización de los sensores como fuentes de información del medio ambiente en el que se desenvuelve el robot brinda la posibilidad de ayudar al usuario a alcanzar una trayectoria libre de obstáculos. Al realizar las pruebas se pudieron obtener desplazamientos con velocidades de 25.5 centímetros por segundo. Se mostró la versatilidad del diseño e implementación en forma modular del robot lo que facilitó probar cada uno de los módulos en forma independiente permitiendo la detección de errores en el software y hardware, para posteriormente ir agrupando cada módulo hasta lograr el objetivo deseado. El desarrollo del presente proyecto permite sentar las bases para futuros proyectos en área de robótica móvil.

Bibliografía

- [1] <http://www.quizma.cl/robotica/tipos.htm>
- [2] http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/intro.htm
- [3] <http://www.movirobotics.com/>
- [4] Angulo J., Microcontroladores PIC Diseño Practico de Aplicaciones, McGraw Hill 1997.
- [5] Manual del microcontrolador PIC16F87xA, y PIC16F84, <http://www.microchip.com>.
- [6] Muhammad H. Rashid. Power Electronics Circuits, Devices and Applications. Prentice-Hall 1993.
- [7] Robodacta <http://www.robodacta.com.mx/>
- [8] Santafe Y. E., Jugo D., Cote P., González M., “Sistema de detección de obstáculos por sonar ultrasónico para personas invidentes (Bastón ultrasónico)”, Memorias del II Congreso Colombiano de Ingeniería e Ingeniería Biomédica, Bogotá, Octubre 2005.
- [9] Herrera A., Jaramillo R., “Diseño y construcción de un dispositivo para la alerta de obstáculos (DAO)”, Revista Ingeniería Biomédica, ISSN 1909-9762, numero 1, mayo 2007, Págs. 23-27.
- [10] www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/General/MO-SAWR.pdf

Acerca del autor o autores

S. Ramírez Zavala, N. Barrera Gallegos, I. I. Lázaro Castillo Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Mich. CP- 58030. TEL: +(443)3223500, ext. 4353, correo-e: @umich.mx, a0001125x@correo.fie.umich.mx, @umich.mx.

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

DIFU100ci@ (léase difuciencia) es una publicación cuatrimestral del Cuerpo Académico de Procesamiento e Instrumentación óptica, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas. Tiene como objetivo difundir conocimientos científicos y tecnológicos del área de la ingeniería, a través de artículos de divulgación y artículos que muestren temas de investigación. La revista cuenta con el Certificado de Reserva de Derecho al Uso Exclusivo del Título expedido por el INDAUTOR, Reserva: 04-2010-110314331900-102.

Los trabajos pueden ser clasificados, al menos, en tres categorías: Divulgación, Investigación, y Tutoriales.

Divulgación: Artículos que no necesariamente contienen resultados de proyectos de investigación propiamente. En esta sección también se podrán incluir trabajos que presenten nuevos enfoques a temas de investigación de modo que permitan ampliar su difusión.

Investigación: Se pueden incluir resultados de investigación aunque conservando el enfoque a la divulgación, es decir, no necesariamente con el rigor de un “paper”. Con ese enfoque se pretende motivar aun mayor número de lectores al hacerles llegar los nuevos tópicos que se estudian actualmente. Los trabajos sobre desarrollo tecnológico pueden ser considerados en esta categoría y se recomienda que un mayor número de trabajos correspondan a esa importante tarea.

Tutoriales: Se muestran temas novedosos, pero poco conocidos. O bien, nuevos enfoques a temas básicos, con un objetivo didáctico, de modo que permitan ampliar el conocimiento y motiven su aplicación en proyectos de ingeniería (desarrollo tecnológico). Página provisional de la Revista:

<http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm> **Sobre el formato del texto:** Los trabajos se pueden enviar en formato txt y las gráficas o figuras en formato jpg con buena resolución. De ser posible debe enviarse un solo archivo rar o zip que contenga tanto el texto como las figuras. En el caso de utilizar Word, se deberá enviar en formato .doc, sin utilizar macros (no se aceptará formato docx). También se aceptarán trabajos en formato OpenOffice. No se solicita ningún formato de página en especial, ya que el texto será llevado al formato de la revista. El trabajo debe incluir

1. Título y Lista de autores.
2. Resumen en un máximo de 200 palabras. El Resumen se utiliza como descripción del trabajo en el índice ampliado, y no aparece en el cuerpo del documento (ver algún número anterior como muestra).
3. Cuerpo del documento: El título de las Secciones será en MAYÚSCULAS, debidamente acentuadas. Las Subsecciones en minúsculas con la primera letra en mayúscula.
4. Las ecuaciones deberán indicarse lo más claramente posible, aun en formato txt. Por ejemplo: $H(\omega_1) = z^2 / (z - 0.5)$ where $z = e^{(j)\omega_1}$
5. Biografía de los autores. El lugar de adscripción se incluirá en una sección “acerca del autor” donde se podrá incluir una breve descripción del puesto que desempeña o ha desempeñado cada autor.

El autor principal deberá enviar debidamente llenado y firmado el formato de “cesión de derechos”, manifestando además que el trabajo no ha sido publicado previamente.

POLÍTICA EDITORIAL:

Los originales serán sometidos a un proceso editorial en varias fases. En primer lugar, los artículos recibidos serán objeto de una evaluación preliminar por parte del Comité Editorial, quien determinará la pertinencia de su publicación, con base a los requisitos temáticos. En la segunda fase, los artículos son enviados a dos pares académicos externos, quienes determinarán en forma anónima uno de los siguientes dictámenes: a) publicar sin cambios, b) publicar después de cumplir correcciones menores, c) publicar una vez que se haya revisado a fondo, d) rechazar. En caso de discrepancia entre los dos árbitros, el texto será enviado a un tercer árbitro, cuya decisión definirá si es aceptado o rechazado. Los resultados del proceso del dictamen son inapelables en todos los casos.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

DIFU100ci@ (read difuciencia) is a quarterly publication of the Processing and Optical Instrumentation Academic Group, Faculty of Electrical Engineering, Universidad Autonoma de Zacatecas. It aims to disseminate scientific and technological knowledge in the field of engineering, through application oriented articles and articles showing research topics. The magazine has a certified copyright number for exclusive use of the title issued by INDAUTOR, Reserve: 04-2010-110314331900-102.

Aims and Scope: The articles can be classified in at least three categories: Divulgation, Research, and Tutorials.

Divulgation: The articles do not necessarily contain results of research projects themselves. This section will also include works that showcase new approaches to research subjects so as to broaden its distribution.

Research: The articles include research results while maintaining the focus on disclosure (divulgation), ie not necessarily with the rigor of a “paper”. This approach is intended to motivate even more to bring readers to the new topics that are studied today. Works on technological development can be considered in this category and it is recommended to have more articles related to this important task.

Tutorials: These include new issues, but little known. Alternatively, they may include new approaches to basic knowledge, with a didactic purpose, so that will expand knowledge and encourage its application in engineering/technological projects. Provisional Web site of the Magazine: <http://www.uaz.edu.mx/gmiram/Revista.htm>

Format for submmision: The work can be sent in .txt formats and graphics or pictures in .jpg format with good resolution. It will be acceptable to send a single .zip or .rar file containing both the text and figures. In the case of using word, it must be sent in .doc format without using macros (.docx format is not accepted). It will be also accepted as an OpenOffice file. It is not requested any page format, especially since the text will be brought to the format of the magazine.

The article should include:

1. Title.
2. List of authors.
3. Summary in a maximum of 200 words. The summary is used as the article description in the expanded index, and does not appear in the document body (see a previous issue as a sample).
4. Main body of document. The title of the section will be in UPPERCASE, properly spelled. Subsections must be written in lowercase with the first letter capitalized.
5. The equations should be indicated as clearly as possible, even in txt format. For example:
$$H(\omega_1) = z^2 / (z - 0.5) \text{ where } z = e^{(j)\omega_1}$$
6. Biography of the authors. The actual job position will be included in a section “about the author” which may include a brief description of the position played or had played each author.

The lead author must submit the duly completed and signed form of “transfer of rights”, saying that the work has not been published previously.

EDITORIAL POLICY:

Manuscripts will undergo an editorial process in several phases. First of all the items received will be subject to a preliminary assessment by the Editorial Committee, who will determine the relevance of its publication, based on thematic requirements. In the second phase, items are sent to two external academic peers, who determine anonymously one of the following opinions: a) accept unchanged, b) accept after serving minor corrections, c) accept once it has been fully reviewed, d) reject. In case of discrepancy between the two arbitrators, the text will be sent to a third arbitrator, whose decision will define if it is accepted or rejected. The results of the opinion process are final in all cases.

