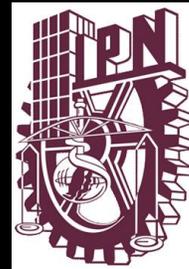


# RISCE

# Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos



Editor: Rodolfo Romero  
Herrera

Marzo 2009



ISSN: En Trámite

## Contenido

Sistema predictor de estructuras de proteínas utilizando Dinámica Molecular (MODYPP)

Medición del perfil del índice de Refracción en diferentes fibras ópticas con el método de campo cercano transmitido

Sistema de Visión por Computadora

A note about the electromagnetic environment in the RFID applied to vehicular control,

Restauración de Imagen en color mediante el uso de Filtrado inverso por aberración de movimiento.

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 Mendizabal. “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:

Computo Móvil

Física Electrónica

Ingeniería de software

Procesamiento de señales

Inteligencia artificial

Comunicaciones

Electrónica

Robótica y cibernética

Computo educativo

Matemática computacional

Innovación Tecnológica

### **Distribución**

La revista cuenta con 300 ejemplares que se distribuyen en:

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

## **Directorio**

Dr. José Enrique Villa Rivera

Director General

Dr. Efrén Parada Arias

Secretario General

Dra. Yoloxóchilt Bustamante Diez

Secretaria Académica

Director de la ESCOM

Ing. Apolinar Cruz Lazaró

Subdirector Académico de la ESCOM

M. en C. Flavio Arturo Sánchez Garfias

Jefe del Departamento de Postgrado de la ESCOM

Jesús Yaljá Montiel Pérez

## **Editor**

Rodolfo Romero Herrera

## **Coordinador Técnico**

Gustavo Antonio Juárez Gracia

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 Mendizabal. "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.

I

### **Miembros del comité Revisor**

(Todo el comité técnico esta 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)

## INDICE

### **Sistema predictor de estructuras de proteínas utilizando Dinámica Molecular (MODYPP)**

**Fernández Ramírez Marco Antonio, Alfa Berenice Paredes Flores, Laura Rocío Ortiz Esquivel y**

**Jorge Luís Rosas Trigueros**

Sala de Trabajos Terminales 26N, Instituto Politécnico Nacional-ESCOM

UPALM, Edif. de Laboratorios, 2do. Piso, México, 07738, México

E-mail: jlrosas@ipn.mx

Pag. 6

### **Medición del perfil del índice de Refracción en diferentes fibras ópticas con el método de campo cercano transmitido**

**1Alexandre Michtchenko, 2Guadalupe Cordero Parra**

1IPN Sección de Estudios de Posgrado ESIME Zacatenco, mitchen@servidor.unam.mx, 5729600 Ext.

54622 ; 2 IPN Sección de Estudios de Posgrado ESIME Zacatenco, lupitacdeh@hotmail.com; Pag. 17

### **Sistema de Visión por Computadora**

**Margarita Montoro-García, Francisco Gallegos-Funes, Felix Serrano-Talamantes**

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, U.P.A.L.M, Zacatenco

Av. IPN s/n; Col. Lindavista, C.P. 07738, México D.F.

Tel./ Fax 5729-6000 ext 54622, e-mail: fcogf@hotmail.com

Pag. 26

### **A note about the electromagnetic environment in the RFID applied to vehicular control,**

**S. R. Meneses G., L. L. Montes, C. Pérez M., J. López-Bonilla**

Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Campus Zacatenco

Edif. Z- 3, 3er. Piso, Col. Lindavista, CP 07738, México, D. F.

rmenesesg@ipn.mx, jllopezb@ipn.mx

Pag. 34

### **Restauración de Imagen en Color mediante el uso de Filtrado inverso por aberración de movimiento**

**M. En C. Saúl De La O Torres [sdelaot@ipn.mx](mailto:sdelaot@ipn.mx), M. En C. Maria Elena Cruz Meza [mcruz@ipn.mx](mailto:mcruz@ipn.mx)**

Escuela Superior de Cómputo, 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., Teléfono 5729-6000, Extensión 502011.

Pag. 41

### **Instrucciones para los autores**

Pag. 51

# Sistema predictor de estructuras de proteínas utilizando Dinámica Molecular (MODYPP)

Fernández Ramírez Marco Antonio, Alfa Berenice Paredes Flores, Laura Rocío Ortiz Esquivel y Jorge Luís Rosas Trigueros

Sala de Trabajos Terminales 26N, Instituto Politécnico Nacional-ESCOM  
UPALM, Edif. de Laboratorios, 2do. Piso, México, 07738, México  
E-mail: jlrosas@ipn.mx

**Resumen.**- Este artículo presenta el fundamento y las partes que conforman una aplicación para la predicción de la estructura terciaria de una proteína a partir de su secuencia de aminoácidos utilizando un algoritmo diseñado para utilizar la técnica de Programación Dinámica. A través de este algoritmo, se realiza la construcción de la estructura nativa de la proteína ensamblando un aminoácido a la vez, encontrando la estructura de mínima energía a través de un modelo de Dinámica Molecular y reutilizando la estructura parcial hallada para determinar las estructuras siguientes.

**Palabras clave:** Predicción, Estructura de Proteínas, Dinámica Molecular, Java, Programación Dinámica.

## I. Introducción

El conocimiento de la estructura nativa de las proteínas es de gran importancia debido a que determinan la función de las mismas y arroja mucha información potencialmente útil para el desarrollo de diversas aplicaciones como el diseño de fármacos y vacunas. Las limitaciones de los métodos experimentales para determinar las estructuras de algunas proteínas, así como la cantidad de secuencias de proteínas cuyas estructuras tridimensionales deben determinarse, hacen de los métodos computacionales de predicción una herramienta necesaria.

La investigación sobre la predicción de las estructuras de las proteínas es un tema que se está estudiando a través de varios métodos experimentales de caracterización estructural, principalmente cristalografía de rayos X y resonancia magnética nuclear, que proporcionan estructuras de alta resolución. Sin embargo, sólo una pequeña parte de las proteínas se pueden caracterizar así. Para una gran parte de la fracción de secuencias cuya estructura no puede determinarse experimentalmente, los métodos computacionales de predicción de estructura nos ofrecen información muy valiosa y útil para explicar gran parte de los aspectos funcionales que se pueden derivar del conocimiento estructural.

Existen diversos métodos que se utilizan actualmente para la predicción de proteínas. A continuación se describen a grandes rasgos dos de los métodos más recurridos para la predicción computacional de estructuras.

Los métodos *ab initio* buscan la estructura nativa como la conformación que corresponde al mínimo global de una función potencial determinada, que representa a la proteína y que se construye desde su secuencia. Estos métodos son computacionalmente costosos y su fiabilidad disminuye con el tamaño de la proteína, generalmente funcionan bien con péptidos menores a 150 aminoácidos.

Por otro lado, también es común el modelado por homología (Homology, Comparative Modelling). La idea básica de la que surge esta aproximación descansa en el hecho de que todas las parejas de proteínas que presentan una identidad de secuencia mayor al 30% tienen estructura tridimensional similar [1]. De este modo se puede construir el modelo tridimensional de una

proteína de estructura desconocida, partiendo de la semejanza de secuencia con proteínas de estructura conocidas. Sin embargo, cerca del 60% de las secuencias de proteínas que surgen de los proyectos de secuenciación genómica, no tiene ningún homólogo de estructura conocida.

En el sistema descrito en este artículo, se pretende predecir la estructura de las proteínas siguiendo el paradigma de Dinámica Molecular (DM), proponiendo un enfoque simplificado. Los modelos de DM aproximan el comportamiento de los átomos usando ecuaciones de la física clásica. La estructura de mínima energía se buscaría con la hipótesis de que la interacción de los aminoácidos que forman a la proteína simulará el fenómeno observado en la naturaleza de que el espacio de conformaciones no es exhaustivamente explorado, sino que se sigue una ruta directa a la estructura correcta [2]. A partir de las posiciones de los aminoácidos así obtenidas, se pretende predecir y graficar la estructura de la proteína.

## II. Descripción de las Técnicas Utilizadas

En este apartado se describirán brevemente las técnicas utilizadas en el desarrollo del sistema MODYPP.

### Dinámica Molecular

La Dinámica Molecular propone un modelo simplificado para simular las interacciones entre compuestos químicos a nivel molecular usando mecánica clásica. Esta técnica permite tomar en cuenta las interacciones entre las partículas.

En el presente trabajo, se pretende utilizar una simulación por DM ya que describe movimientos continuos entre las moléculas, además de ser un puente experimental entre las estructuras y los datos cinéticos macroscópicos. Así, en resumen, aunque la idea básica es simple, los resultados en los experimentos de DM son buenos sólo cuando son gobernados por campos de fuerzas. Esencialmente la representación mecánica de un sistema asume simplemente parejas aditivas potenciales. Esto, expresa cómo los átomos compuestos se estiran, vibran y rotan sobre el enlace en respuesta a fuerzas intramoleculares e intermoleculares.

La energía potencial  $E$  de un modelo molecular (1) es típicamente construida como la suma de las contribuciones de los siguientes tipos de términos: longitud de enlace y ángulo de tensión del enlace ( $E_{bond} + E_{bang}$ ), un potencial de torsión ( $E_{tor}$ ), el potencial van der Waals para modelar la repulsión en las separaciones intraatómicas cortas y la atracción a largas distancias ( $E_{ij}$ ) y el potencial de Coulomb entre pares de átomos cargados en el sistema ( $E_{coul}$ ).

$$E = E_{bond} + E_{bang} + E_{tor} + E_{ij} + E_{coul} \quad (1)$$

### Características estructurales de las proteínas

Una proteína es una biomolécula de gran tamaño compuesta por unidades más pequeñas denominadas aminoácidos que se enlazan formando cadenas largas y complejas.

La unión de un bajo número de aminoácidos da lugar a un péptido. Si el número de aminoácidos que forma la molécula no es mayor de 10, se denomina oligopéptido, si es superior a 10 se llama polipéptido y si el número es superior a 50 aminoácidos se habla ya de proteína.

Un aminoácido es una molécula que contiene un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH<sub>2</sub>), unidos al mismo átomo de carbono. A este carbono se le conoce como carbono  $\alpha$ .

Los aminoácidos pueden expresarse en general por la fórmula NH<sub>2</sub>-CHR-COOH, siendo R un radical característico para cada aminoácido llamado también cadena lateral ó radical (Figura 1).

Generalmente los aminoácidos son clasificados según las propiedades de su cadena lateral.

### Características estructurales de las proteínas

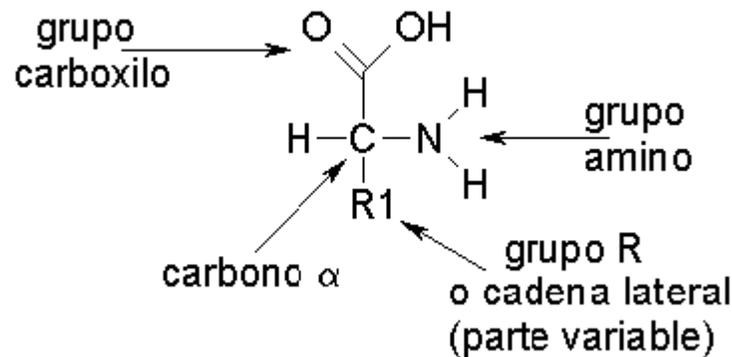
Una proteína es una biomolécula de gran tamaño compuesta por unidades más pequeñas denominadas aminoácidos que se enlazan formando cadenas largas y complejas.

La unión de un bajo número de aminoácidos da lugar a un péptido. Si el número de aminoácidos que forma la molécula no es mayor de 10, se denomina oligopéptido, si es superior a 10 se llama polipéptido y si el número es superior a 50 aminoácidos se habla ya de proteína.

Un aminoácido es una molécula que contiene un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH<sub>2</sub>), unidos al mismo átomo de carbono. A este carbono se le conoce como carbono  $\alpha$ .

Los aminoácidos pueden expresarse en general por la fórmula NH<sub>2</sub>-CHR-COOH, siendo R un radical característico para cada aminoácido llamado también cadena lateral ó radical (Figura 1).

Generalmente los aminoácidos son clasificados según las propiedades de su cadena lateral.



**Figura 1.** Fórmula semidesarrollada de un aminoácido.

Existen 20 aminoácidos esenciales que dan lugar a las proteínas y forman un conjunto de moléculas con características más restringidas. En la Tabla 1 se muestra el nombre, la abreviatura y el símbolo para cada aminoácido esencial.

**Tabla 1.** Los 20 aminoácidos esenciales

Alanina (Ala, A)	Cisteína (Cys, C)	Aspártico (Asp, D)	Glutámico (Glu, E)
Fenilalanina (Phe, F)	Glicina (Gly, G)	Histidina (His, H)	Isoleucina (Ile, I)
Lisina (Lys, K)	Leucina (Leu, L)	Metionina (Met, M)	Asparagina (Asn, N)
Prolina (Pro, P)	Glutamina (Gln, Q)	Arginina (Arg, R)	Serina (Ser, S)
Treonina (Thr, T)	Valina (Val, V)	Triptófano (Trp, W)	Tirosina (Tyr, Y)

La unión entre dos aminoácidos está formada por un enlace covalente entre el grupo carboxilo de un aminoácido con el grupo amino de otro; su formación (una reacción de deshidratación) presupone la pérdida de una molécula de agua entre los dos aminoácidos (un OH del grupo carboxilo y un H del grupo amino) y el enlace así formado se llama enlace peptídico.

A primera vista podría pensarse en las proteínas como polímeros lineales de AA unidos entre sí por medio de enlaces peptídicos. Sin embargo, la secuencia lineal de AA puede adoptar múltiples conformaciones en el espacio. La estructura primaria viene determinada por la secuencia de AA en la cadena protéica, es decir, el número de AA presentes y el orden en que están enlazados. La conformación espacial de una proteína se analiza en términos de estructura secundaria y

estructura terciaria. La asociación de varias cadenas polipeptídicas origina un nivel superior de organización, la llamada estructura cuaternaria.

Un polipéptido puede ser considerado también como una sucesión de planos peptídicos. El giro en torno al enlace que une el carbono  $\alpha$  con el nitrógeno del plano anterior se mide con el ángulo  $\phi$ . El giro en torno al enlace que une al carbono  $\alpha$  con el carbono del plano posterior se mide con el ángulo  $\psi$  (Figura 2). La conformación global del polipéptido se define por los ángulos  $\phi$  y  $\psi$  de cada carbono  $\alpha$ . El giro en torno al enlace que une el carbono  $\alpha$  con el siguiente carbono de la cadena lateral se mide con el ángulo  $\chi_1$ . Los sucesivos ángulos de torsión de la cadena lateral se denominan  $\chi_2, \chi_3, \chi_n$ .

La gran mayoría de los aminoácidos en las proteínas se sitúan en las regiones permitidas, a excepción de las glicinas que presentan regiones permitidas más extensas. Los elementos de estructura secundaria de las proteínas están constituidos por residuos de aminoácidos con ángulos  $\phi$  y  $\psi$  característicos.

### Programación Dinámica

La idea de utilizar la técnica de Programación Dinámica surge por el hecho de que la estructura tridimensional de una proteína se determina por la conformación espacial que adopta la secuencia de aminoácidos que la componen, por lo que el problema puede ser dividido en subproblemas.

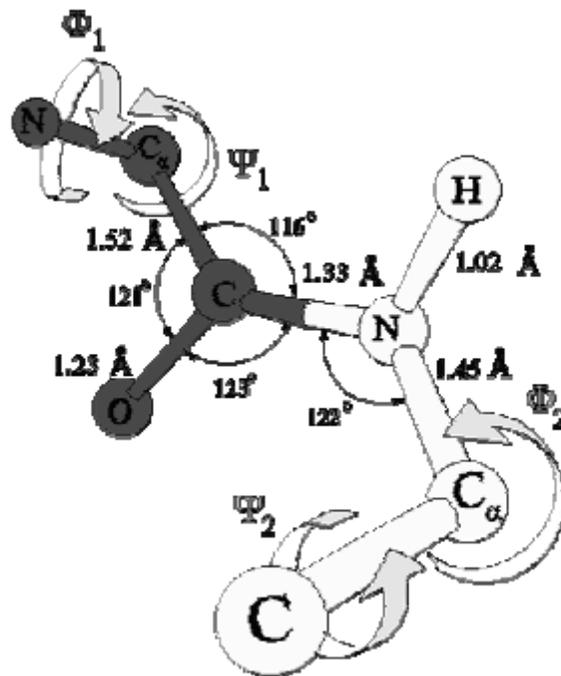


Figura 2. Ángulos de diedro  $\phi$  y  $\psi$ .

En principio, un algoritmo usando la técnica “divide y vencerás” parecería ser la opción mas viable, sin embargo, el inconveniente se presenta cuando los subproblemas obtenidos no son independientes, sino que existe un solapamiento entre ellos, como es el caso de una secuencia de aminoácidos. En éstos, la programación dinámica nos puede ofrecer una solución aceptable. La

eficiencia de esta técnica consiste en resolver los subproblemas una sola vez, guardando sus soluciones para su futura utilización.

La solución de problemas mediante esta técnica se basa en el llamado principio de optimalidad enunciado por Bellman [3].

Principio de Optimalidad: "Cualquier subsecuencia de decisiones de una secuencia óptima de decisiones que resuelve un problema también debe ser óptima respecto al subproblema que resuelve."

### III. Desarrollo

En esta sección se presenta un panorama de la unión y desarrollo del sistema MODYPP.

#### Algoritmo MODYPP

Sea  $P$  una proteína con una secuencia  $S$  conformada por un número  $N$  de aminoácidos (AA). Sea también el AA en la posición  $n$  de  $S$ , para  $n > 1$ .

1. Realizar el enlace peptídico entre el AA  $n$  y el AA  $n-1$ .
2. Girar el AA  $n$  y el AA  $n-1$  con respecto a  $\varphi$   $p$  grados.
3. Girar el AA  $n$  y el AA  $n-1$  con respecto a  $\psi$   $p$  grados.

a. para el AA  $i=1$  hasta el AA  $i=n-1$

$E = \text{Potenciales}(n, i)$ , donde  $E$  es la energía calculada para esa posición.

b. Almacenar el valor mínimo de  $E$  junto con los ángulos  $\varphi$  y  $\psi$ .

4. Repetir desde 3 hasta agotar los posibles giros respecto a  $\psi$ .
5. Repetir desde 2 hasta agotar los posibles giros de  $\varphi$ .
6. Actualizar la estructura para  $n$  aminoácidos con el valor encontrado para  $E$ ,  $\varphi$  y  $\psi$ .
7. Si  $n < N$  entonces  $n += 1$  y regresar al paso 1.

En el algoritmo MODYPP, la estructura de mínima energía se calcula inicialmente para los dos primeros aminoácidos de la secuencia, y esa solución se utiliza para resolver la estructura con el tercer aminoácido de la secuencia, obteniéndose una nueva estructura que a su vez se utiliza para encontrar la estructura formada con el siguiente aminoácido y así sucesivamente hasta terminar con la secuencia completa, es decir, cuando se haya encontrado la estructura tridimensional de la proteína.

Este procedimiento tiene implícita la hipótesis de que cada aminoácido que se incorpora a la estructura no busca desestabilizarla, sino que trata de adecuarse a la misma y fortalecerla (a través de la formación de enlaces como puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, etc.), siguiendo una ruta directa a la estructura correcta.

Esta forma de concebir el problema y su solución, resulta muy atractiva ya que la cantidad de cálculos que se realizan para calcular la posición de un solo aminoácido con respecto a una estructura, es mucho menor comparada con la cantidad de cálculos que se harían si se trata de

recalcular dicha estructura cada que se integre un nuevo elemento a ella. Los cálculos se reducen más aún si comparamos este algoritmo con la mayoría de los métodos *ab initio*, ya que en estos métodos se busca un mínimo global de una función potencial determinada que representa a la proteína y que se construye desde su secuencia, elevando drásticamente la cantidad y la complejidad de los cálculos que se realizan. Es por eso que estos métodos tienen un costo computacional tan alto, y además, ya se ha visto que no son confiables cuando el número de aminoácidos es mayor a 100.

### **Potencial de longitud de Enlace ( $E_{\text{bond}}$ ) y de ángulo de enlace ( $E_{\text{bang}}$ ).**

Debido a que el algoritmo que utiliza MODYPP mueve arbitrariamente los átomos de los diferentes aminoácidos respecto a los ángulos  $\phi$  y  $\psi$  únicamente, y considerando también que el sistema utiliza valores experimentales para las longitudes y ángulos óptimos de los diferentes enlaces existentes, el algoritmo de MODYPP garantiza que tanto el potencial de longitud de enlace ( $E_{\text{bond}}$ ), así como el potencial de ángulo de enlace ( $E_{\text{bang}}$ ) tengan un valor mínimo y constante, ya que al variar  $\phi$  o  $\psi$ , no se ven afectados ni la longitud ni los ángulos de enlace por lo que no es necesario calcular dichos potenciales.

### **Potencial de Torsión ( $E_{\text{tor}}$ )**

MODYPP calcula el potencial de torsión de una manera muy eficiente, aprovechando también las características ya mencionadas sobre el uso de valores experimentales y la rotación arbitraria sobre  $\phi$  y  $\psi$ . La ecuación 2 muestra el potencial de la energía de torsión utilizado para realizar los cálculos, donde  $V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$  son la altura de la barrera rotacional del diedro para cada periodo y  $\theta$  es el ángulo de torsión.

$$E(\theta) = \frac{V_1}{2} [1 + \cos(\theta)] + \frac{V_2}{2} [1 - \cos(2\theta)] + \frac{V_3}{2} [1 + \cos(3\theta)] \quad (2)$$

### **Potencial de Van der Waals**

El potencial de Van der Waals utilizado por MODYPP es un potencial híbrido entre el potencial de la forma 6/12 Lennard-Jones (1) y el potencial de Van der Waals que utiliza funcionales de la densidad (3). Esto se debe a que cada potencial ofrece una ventaja y una desventaja; la forma Lennard-Jones tiene la ventaja de considerar un efecto repulsivo cuando los átomos se encuentran a distancias muy pequeñas, sin embargo, requiere de muchos parámetros experimentales muy específicos que resultan difíciles de conseguir y verificar. Por su parte, el potencial que utiliza funcionales de la densidad no considera el efecto repulsivo cuando los átomos se encuentran a distancias muy pequeñas, pero a diferencia del Lennard-Jones, utiliza parámetros experimentales bien definidos en el trabajo de Wu y Yang.

$$E_{LJ} = \frac{-A_{ij}}{r_{ij}^6} + \frac{B_{ij}}{r_{ij}^{12}} \quad (3)$$

Los coeficientes de atracción ( $A_{ij}$ ) y repulsión ( $B_{ij}$ ) del potencial Lennard-Jones (1), están relacionados mediante la expresión  $B_{ij} = \frac{A_{ij}}{2}(r_{ij}^0)^6$ , donde  $r_{ij}^0$  es la suma de los radios de Van der Waals de los átomos  $i$  y  $j$  y  $r_{ij}$  es la distancia entre los átomos. Por su parte, el potencial que utiliza funcionales de la densidad, considera un coeficiente de dispersión  $C_{ij}^6$  que se puede considerar como el coeficiente de atracción de la forma Lennard-Jones, y utiliza también un factor de escalamiento global y una función  $f_{dmp}$  que evita que la energía decrezca indefinidamente a distancias menores de la distancia  $r_{ij}^0$ .

El potencial que utiliza MODYPP (4) saca provecho de las dos formas descritas anteriormente, ya que utiliza los valores experimentales utilizados por funcionales de la densidad y a partir de estos valores, calcula un coeficiente de repulsión de manera que tome en cuenta las interacciones a distancias muy pequeñas.

$$E_{MODYPP} = -S^6 \frac{C_{ij}^6}{r_{ij}^6} f_{dmp}(r_{ij}) + \frac{B_{ij}}{r_{ij}^{12}} \quad (4)$$

#### Potencial de Coulomb

MODYPP utiliza el potencial de Coulomb (5) de la forma

$$E_{coul} = K_{coul} \frac{q_i q_j}{\epsilon r_{ij}} \quad (5)$$

donde  $K_{coul}$  es un factor de conversión necesario para obtener la energía en unidades de  $Kcal/mol$  con las unidades de carga usadas típicamente. Estas unidades se llaman unidades de carga electrostática (esu) y están definidas como la carga repelida por una fuerza de 1 dyna cuando dos cargas iguales están separadas por un centímetro. En estas unidades, la carga del electrón es de  $4.80325 \times 10^{-10}$ . La constante de proporcionalidad correspondiente para la ley de Coulomb es  $4/(10\pi\epsilon_0) = K_{coul}$ , donde la permeabilidad del vacío  $\epsilon_0$  es  $8.8542 \times 10^{-12} J^{-1} m^{-1} C^2$ . De esta manera, para obtener la energía en  $kcal-mol$  utilizando *Angstroms* para la distancia y *esu* para las cargas parciales, la constante de conversión es la mostrada en (6)

$$K_{coul} = \frac{(6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})(10^{10} \text{ A})(4184^{-1} \text{ Kcal})(1.622 \times 10^{-19})^2}{4\pi(8.8542 \times 10^{-12}) \text{ esu}^2} \approx 332 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}} \cdot \frac{\text{A}}{\text{esu}^2} \quad (6)$$

La reducción de la energía mediante un factor adimensional  $1/\epsilon$  en el potencial de Coulomb, es apropiada si las partículas cargadas están inmersas en un medio distinto al vacío. MODYPP utiliza una aproximación muy simple a la función dieléctrica donde  $\epsilon(r)=r$  porque las moléculas de agua del solvente no están representadas explícitamente en el modelo.

Por otro lado, la selección de las cargas parciales para cada átomo es un tema de gran dificultad en los cálculos de mecánica molecular ya que los diferentes enfoques de la mecánica cuántica arrojan diferentes valores; por esta razón, se sugiere la determinación de las cargas parciales basadas en difracción de rayos X. MODYPP utiliza los valores de carga establecidos en el campo de fuerza OPLS/AMBER. [4]

### Interfaz del Sistema

La interfaz del sistema MODYPP (Figura 3) fue realizada utilizando la API Swing de Java y cuenta con cinco módulos que permiten al usuario iniciar una predicción nueva, continuar una predicción existente, visualizar el desarrollo de la predicción e introducir información adicional sobre la proteína útil para generar archivos de salida con formato PDB y MDP.

El usuario puede iniciar una predicción nueva cargando una secuencia de aminoácidos desde un archivo o bien puede introducir la secuencia manualmente. Posteriormente, el usuario debe llenar los campos con la información mínima de la proteína que permiten generar los archivos de salida para la predicción. Cuando el usuario inicia la predicción puede visualizar el desarrollo de la misma, mediante gráficos en tercera dimensión sobre los cuáles puede realizar operaciones básicas como zoom y rotación. Además puede conocer los valores de energía calculados en cada etapa de la predicción.

El sistema MODYPP genera un archivo de respaldo con formato MDP, el cuál contiene la información sobre la proteína y los avances que se tengan de la predicción; esto permite al usuario realizar predicciones en más de una sesión. Esto quiere decir que el usuario puede terminar el programa con una predicción inconclusa y continuarla posteriormente, sin perder los avances que ya se tenían.

Cuando la predicción termina, el sistema genera un archivo con formato PDB que contiene las coordenadas moleculares de la estructura predicha y ofrece al usuario la posibilidad de analizar este archivo con un software especializado sin tener que abandonar la aplicación.

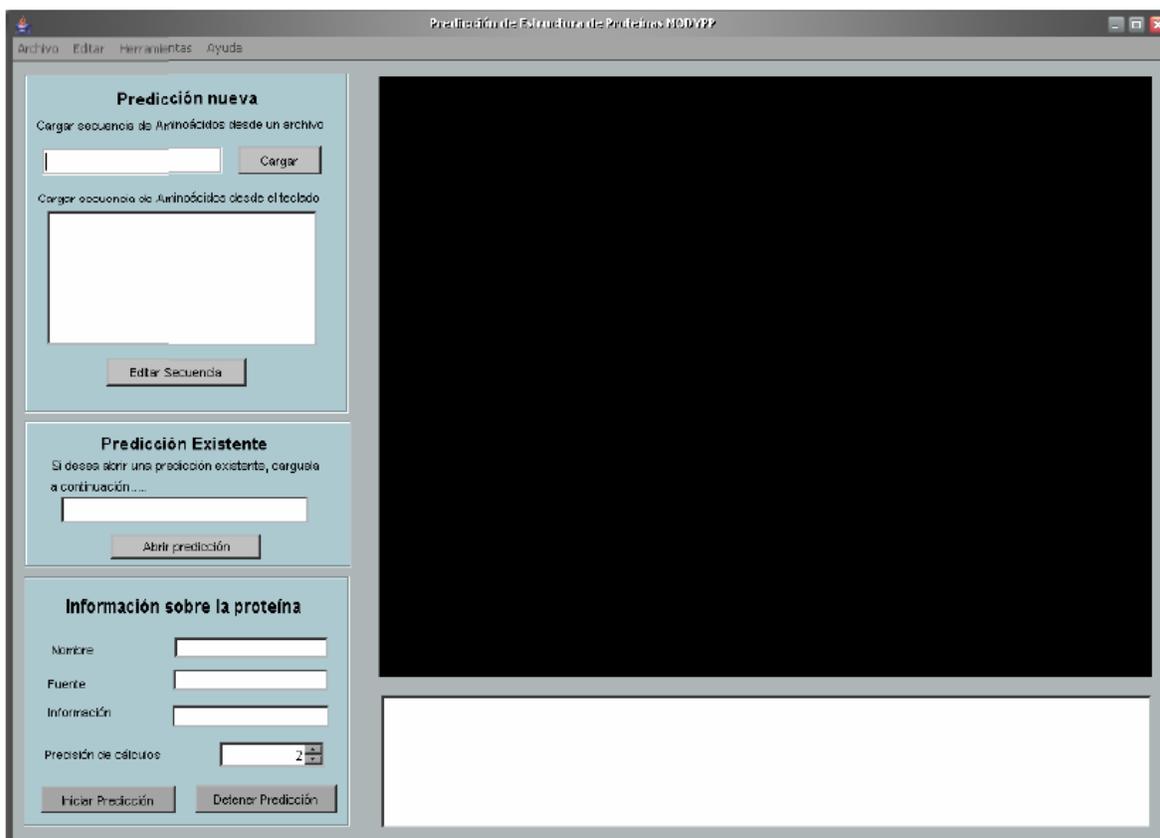
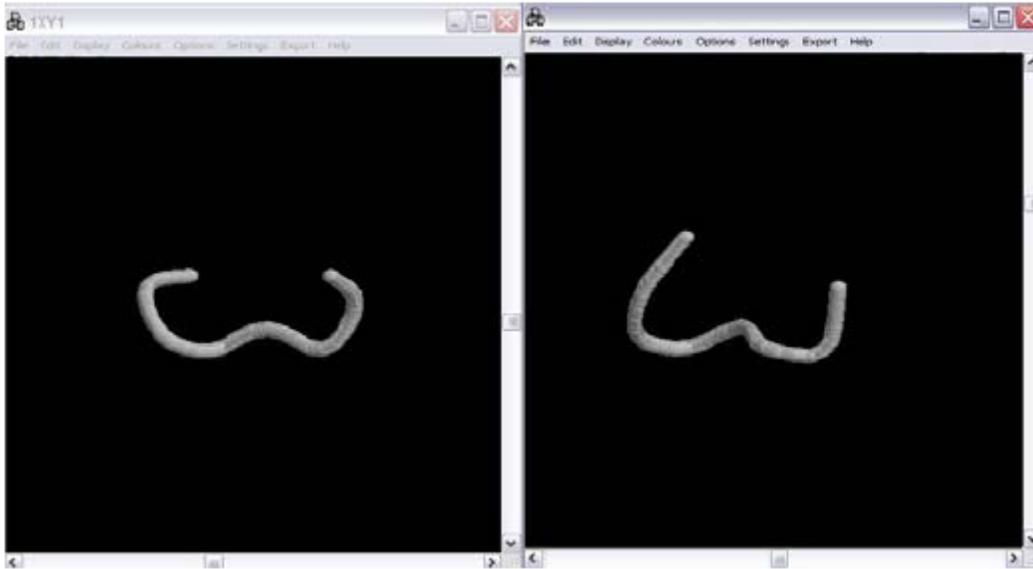


Figura 3. Interfaz Grafica del sistema MODYPP

#### IV. Resultados Experimentales.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo, los cuáles son suficientes para determinar que los módulos desarrollados funcionan adecuadamente, así como los aspectos que requieren una evaluación o algún ajuste de manera que aporten sustancialmente al objetivo de este trabajo.

Las primeras pruebas que se realizaron al sistema, consistieron en la predicción de pequeños polipéptidos. La primera predicción se realizó para la hormona oxitocina, la cual se compone de ocho aminoácidos, y no presenta hélices  $\alpha$ , ni láminas  $\beta$ , sin embargo presenta giros considerables que modifican la estructura primaria que se deben a las interacciones entre los aminoácidos. Esta prueba permite observar si el predictor esta considerando las interacciones que modifican la estructura primaria sin que necesariamente den lugar a estructura secundaria. En la Figura 4 se muestra la oxitocina original (lado izquierdo) que se obtuvo del archivo del PDB [5] y la predicción hecha por MODYPP (lado derecha). Las dos imágenes fueron capturadas del visualizador RasMol a partir de los archivos PDB; nótese que el estilo en el que se muestra el péptido es de tipo "cartoon" lo cual permite observar fácilmente la estructura de la proteína, sin perderse en la cantidad de átomos y enlaces.



**Figura 4.** Predicción para la oxitocina. La imagen de la izquierda corresponde a la proteína original mientras que la de la derecha corresponde a la predicción realizada por MODYPP.

Cabe notar que, a pesar de que se realiza una búsqueda hasta cierto punto imprecisa, la forma que adquiere el péptido es muy similar a la conformación de referencia.

## V. Conclusiones y Trabajos Futuros.

Primeramente, es muy importante mencionar que la hipótesis central de este trabajo, la cual se refiere a que el último aminoácido en incorporarse a una cadena polipeptídica tiende a fortalecer la estructura en vez de desestabilizarla, constituye un nuevo enfoque y una nueva opción metodológica capaz de ofrecer resultados satisfactorios para la predicción de estructuras de algunas proteínas constituidas por una cadena polipeptídica.

La utilización de la Programación Dinámica en el diseño del algoritmo del sistema ofrece una solución eficiente al problema ya que reduce la complejidad temporal y espacial del sistema considerablemente. Además, el algoritmo presentado en este trabajo puede ser mejorado, especialmente la búsqueda de los mínimos de energía, la cual se puede realizar de manera más eficiente utilizando técnicas de inteligencia artificial, ya que actualmente MODYPP realiza una búsqueda exhaustiva de las posibles formas que la estructura puede adoptar, lo cual reduce considerablemente el desempeño del sistema, puesto que se requiere una cantidad enorme de iteraciones para realizar una búsqueda de gran precisión. Sin embargo, el procedimiento actual que MODYPP utiliza permite generar información adicional que puede resultar de gran utilidad. Un ejemplo claro de esto es la generación de superficies de energía para las diferentes combinaciones de pares de aminoácidos. Estas superficies permitirían conocer los valores mínimos de energía y los ángulos  $\phi$  y  $\psi$  que corresponden a estos mínimos; estas superficies podrían ser comparadas con los valores establecidos en los diagramas de Ramachandran y generar nuevas conclusiones.

La precisión de las predicciones realizadas por MODYPP puede incrementarse si se toman en cuenta algunos factores como:

- La consideración de un solvente en el medio.
- La rotación de la cadena lateral de los aminoácidos de acuerdo a los ángulo

- La búsqueda arbitraria de enlaces por puentes de hidrógeno y de disulfuro.

Un primer acercamiento a la utilización de un solvente en la predicción se puede obtener modificando el valor de la constante dieléctrica en el potencial de Coulomb. Sin embargo, lo más adecuado sería incluir moléculas del solvente en la predicción, basándose en la densidad del mismo solvente para determinar la cantidad de moléculas que se deben incluir. Esta consideración puede resultar de gran utilidad para definir de manera más clara las regiones hidrofóbicas e hidrofílicas de una proteína.

La rotación de la cadena lateral de cada aminoácido en base a los ángulos  $\chi_1, \chi_2, \chi_3$  y  $\chi_4$  permitiría encontrar mínimos globales al momento de calcular la energía y además puede dar lugar a la formación de enlaces por puentes de hidrógeno o puentes de disulfuro. Por su parte, la búsqueda arbitraria de los posibles enlaces por puentes de hidrógeno o de disulfuro pueden contribuir a una mejor elección al momento de modificar la estructura, ya que se sabe que la estructura de mínima energía no es siempre la estructura que corresponde a una proteína.

MODYPP es un software multiplataforma programado completamente en lenguaje Java siguiendo el paradigma orientado a objetos. Este enfoque facilita la comprensión del problema y su solución, sin embargo, es apropiado señalar que una versión de MODYPP siguiendo el paradigma de la programación estructurada y en lenguaje C ofrecería muchas ventajas ya que sería considerablemente más rápido y permitiría incluir los factores ya mencionados para incrementar la precisión de las predicciones; los cuáles no serían viables al implementarlos en Java puesto que la complejidad temporal del sistema aumentaría considerablemente y la portabilidad que ofrece Java ya no sería suficiente para justificar la velocidad del sistema.

### Referencias

- [1] Sander C. y Schneider R. 1991. Proteins 9:56
- [2] Schlick, T. ; Molecular Modeling and Simulation.
- [3] R. Bellman: "Dynamic Programming", Princeton University Press, 1957
- [4] <http://amber.scripps.edu>
- [5] [http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2BCH/B1\\_BIOQUIMICA/t15\\_PROTEINAS](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/B1_BIOQUIMICA/t15_PROTEINAS)

### Extractos Curriculares

**Marco Antonio Fernández Ramírez** es becario del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) de octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la Escuela Superior de Cómputo, ESCOM-IPN, México.

**Alfa Berenice Paredes Flores** es alumna de octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en la Escuela Superior de Cómputo, ESCOM-IPN, México.

**Laura R. Ortiz Esquivel** es Profesora Titular en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional.

**Jorge L. Rosas Trigueros** es Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Texas A&M en College Station, Estados Unidos, es Ingeniero en Sistemas Computacionales por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es profesor Titular en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional y sus áreas de interés son: Modelado y Simulación Molecular, Bioinformática y Graficación.

# Medición del perfil del índice de Refracción en diferentes fibras ópticas con el método de campo cercano transmitido

<sup>1</sup>Alexandre Michtchenko, <sup>2</sup>Guadalupe Cordero Parra

<sup>1</sup>IPN Sección de Estudios de Posgrado ESIME Zacatenco, mitchen@servidor.unam.mx, 5729600 Ext. 54622 ; <sup>2</sup> IPN Sección de Estudios de Posgrado ESIME Zacatenco, lupitacdeh@hotmail.com;

**Resumen.-** El conocimiento del perfil de índice de refracción de una fibra óptica permite obtener las características de propagación en los sistemas ópticos de comunicación y en consecuencia algunos parámetros indispensables para la caracterización de la fibra óptica, como son: el diámetro del núcleo, características del revestimiento, atenuación y respuesta de la banda base. La caracterización geométrica de la fibra óptica está relacionada con la necesidad de evitar las pequeñas pérdidas que se presentan en el empalme de fibras ópticas. El principio de medición utiliza el hecho de que la cantidad de luz que emerge de un punto del núcleo de la fibra es proporcional a la diferencia del valor del índice de refracción entre este punto y el revestimiento. Una cámara CCD utilizada en el arreglo experimental permite detectar punto a punto la intensidad del patrón de intensidad de campo cercano.

**Abstract.-** The knowledge about the refractive index profile of optical fiber, allow to get the propagation features in the communication optic system and in consequence some necessary parameters for communicating by fiber optic, like the core diameter and cladding, the attenuation and the base band answer. The fiber optic geometric characterisation is related with the need of avoiding the little losses that appear in the fiber optic splice. The measurement principle use the fact that the amount of ight that emerge from one fibre core point is proportional to the difference of the refractive index value between this point and cladding. A CCD camera used in the experimental array allow to detect in a point to point mode the near field pattern intensity.

**Palabras clave:** Fibra óptica, índice de refracción, perfil del índice de refracción, campo cercano transmitido.

**Keywords:** Optical Fiber, Refracted index, Index refracted profile, Near transmitted field.

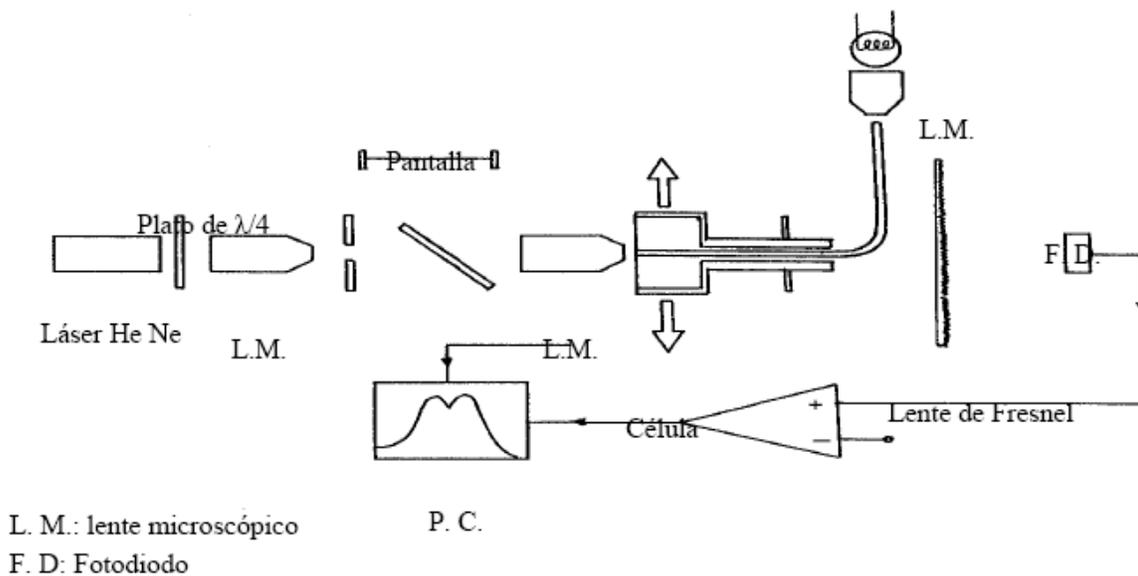
## I. Introducción.

El estudio de las características de la fibra óptica es de fundamental importancia para conocer el desempeño de la misma, así como también a través de modelos teóricos verificar y dar alternativas de solución a los diferentes problemas presentados en los sistemas de telecomunicaciones basados en fibras ópticas. Las características más importantes relacionadas con el índice de refracción son: ancho de banda y pérdida de señal. El ancho de banda de una fibra óptica multimodo puede ser optimizado eligiendo un perfil transversal apropiado del índice de refracción, incluso en fibras monomodo, se puede adaptar las características de la dispersión por una opción apropiada del perfil transversal del índice de refracción. Para conocer las características de propagación en la fibra óptica es necesario conocer el perfil del índice de refracción. El poder verificar el perfil del índice de refracción es importante por que aunque es información que es proporcionada por el fabricante, el manejo de la fibra ocasiona alteraciones en la fibra como son

los cortes, micro curvaturas provocadas por esfuerzos durante la manufactura e instalación o por variaciones dimensionales de los materiales del cable debido a cambios de temperatura, torceduras provocadas por tratar de contraer la fibra provoca que la fibra forme bucles y se curve, el colocar los conectores, empalmes, provocan cambios del índice de refracción. Existen varios métodos para medir el perfil del índice de refracción, como son: método de reflexión, método de campo cercano, método de refracción, método de interferómetro de bloque, método de interferómetro trasversal, método del ángulo de refracción. El método usado es el método de campo cercano transmitido

## II. Técnicas de medición del perfil de índice de refracción. Modo de campo de cercano refractado (RNF).

El método de campo cercano refractado (RNF) Figura 1 consiste en enfocar un rayo de luz en una fibra óptica con una NA (Apertura Numérica) alta en cualquier punto de la sección transversal de la fibra, la potencia que no esta acoplada dentro de los modos guiados es proporcional al perfil del índice de refracción en ese punto. De esta manera al medir la distribución de potencia que a sido guiada como una función de la posición del punto enfocado rinde directamente en el perfil del índice de refracción. Los modos en la fibra óptica dependen de la refracción de los rayos de luz entrantes a través de la fibra, de esta forma los modos de escape pueden ser eliminados totalmente.



**Figura 1.** Arreglo experimental para la medida del perfil del índice de refracción usando la técnica de campo cercano refractado.

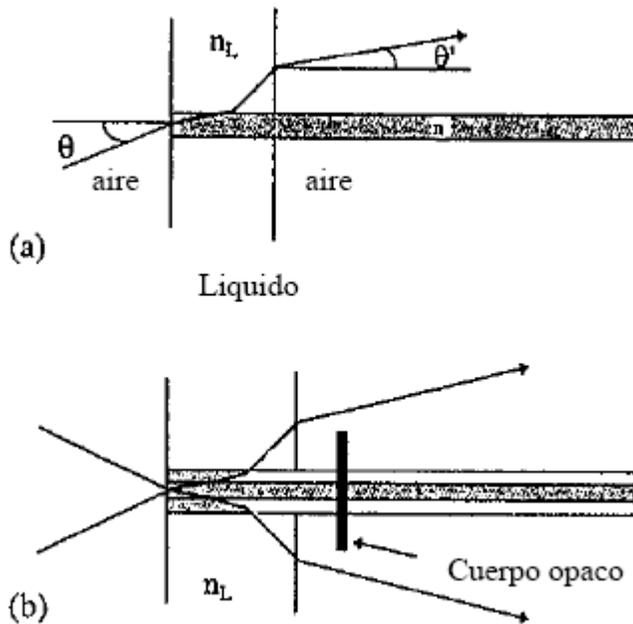
La luz del láser He-Ne sin polarizar (o polarizado circularmente) es enfocado en la entrada frontal de una fibra óptica que es sumergida en una célula llena de un líquido con el índice de refracción levemente más alto que el del revestimiento. Los rayos refractados en la fibra son recogidos por una lente de diámetro largo (como una lente de Fresnel) y son enfocados sobre un detector. Un cuerpo opaco es colocado según se muestra en la Figura 1 y se tiene un ángulo más grande que el NA de la fibra en el extremo de la entrada; esto es para asegurarse que no se permita que ningún rayo agujereado alcance al detector. Para entender la base del método de RNF, se considere una

fibra sin revestimiento con un índice de refracción  $n$  sumergida en un líquido de índice de refracción  $n_L$  no se considera un rayo de luz incidente con un ángulo  $\theta$ . Utilizando la ley de Snell, podemos escribir.

(1)

$$n_1 \cos \theta_1 = n_L \cos \theta_2 \quad (2)$$

$$n_L \sin \theta_2 = \sin \theta' \quad (3)$$



**Figura 2:** (a) Trayectoria de un rayo propagado a través de la fibra y es refractado hacia fuera. (b) Un cuerpo opaco bloquea a los rayos ligeros hasta con un ángulo  $\theta'$  que abarque los rayos agujereados

En la eliminación de  $\theta_1$  y de  $\theta_2$  obtenemos (4)

$$n^2 = n_L^2 + \sin^2 \theta - \sin^2 \theta' \quad (4)$$

De esta manera, para un ángulo incidente  $\theta$  dado, el ángulo refractado  $\theta'$  del cual el rayo emerge de la célula se relaciona con el índice de refracción  $n$ . Para una fibra, el índice de refracción  $n$  varía con la coordenada radial  $r$ ; así, un cono proporcionado de rayos enfocados en el extremo de la fibra podría emerger con un cierto cono, en el cual la región angular esta determinada por el índice de refracción en el punto de enfoque del rayo incidente.

Las ventajas del método de RFN sobre el método de TNF son

- (a) No se requiere ninguna corrección de modo agujereados

(b) Una fuente coherente tal como un láser puede ser utilizada

(c) Muy altas resoluciones en los índice refractivos ( $\sim 10^{-4}$ ) y la posición espacial ( $\sim 0.4 \mu\text{m}$ ) son posibles.

(d) El método se puede utilizar para perfil de fibras monomodo

### Modo de campo cercano transmitido (TNF).

Este método esta basado en medir la densidad de la potencia en el extremo final de la fibra óptica uniformemente iluminada por una fuente de luz. La radiación que emane de una fuente es llamada radiación del campo cercano. El método de campo cercano transmitido en las fibras ópticas multimodo considera que todos los modos guiados se excitan de la misma forma, donde; la distribución de la potencia del campo cercano  $P(r)$  (la variación de potencia óptica  $P(r)$  con la distancia radial  $r$  del eje) está dada por

$$P(r) = P(0) \frac{n^2(r) - n^2(a)}{n^2(0) - n^2(a)} \quad (5)$$

Donde  $a$  es el radio del núcleo. Para un perfil descrito por (6).

$$n^2(r) = n^2(0) \left[ 1 - 2\Delta f \left( \frac{r}{a} \right) \right]; r < a \quad (6)$$

por lo tanto tenemos (7).

$$\frac{P(r)}{P(0)} = 1 - f \left( \frac{r}{a} \right) \quad (7)$$

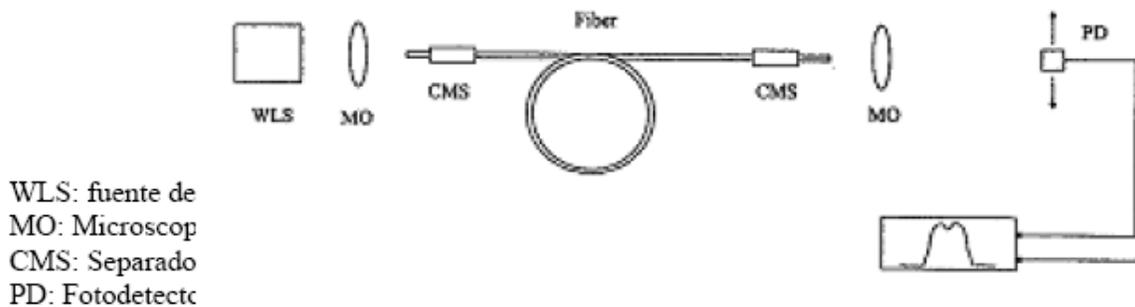


Figura 3. Arreglo experimental para el método TNF

La luz de una fuente incoherente (tal como una lámpara del halógeno del tungsteno o un LED) se utiliza para excitar una fibra de 1 m de longitud bajo condiciones de sobrellenado (típicamente el punto de la entrada de  $\sim 70\mu\text{m}$  y de NA 0,3 para un diámetro del núcleo de  $50\mu\text{m}$  y una apertura numérica de 0.2). El extremo de la salida de la fibra es magnificado y reflejado en un foto detector para medir  $P(r)$ . La Figura 4 demuestra un resultado típico obtenido en una fibra multimodo de índice gradual.

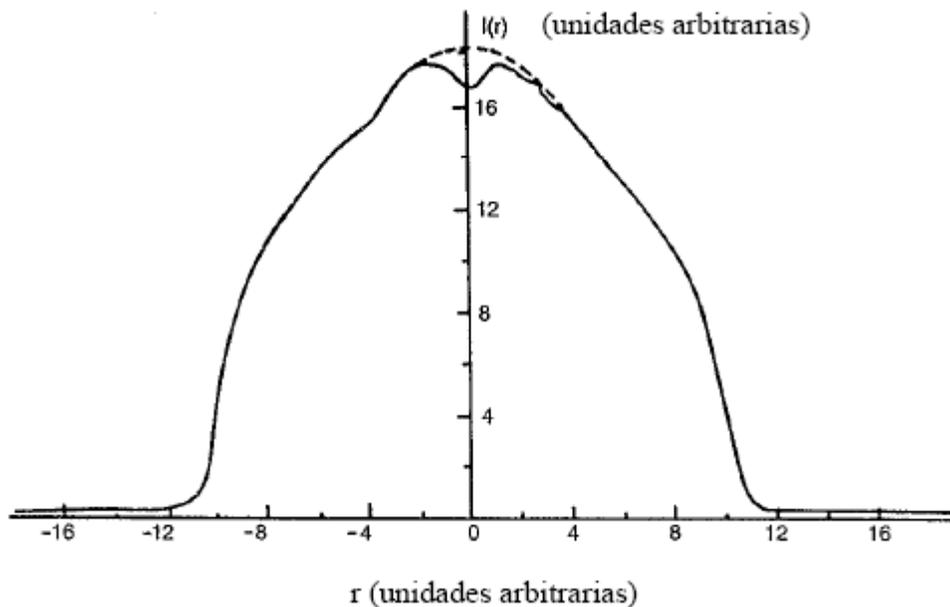


Figura 4. Perfil del índice de refracción de una fibra multimodo usando el método de TNF.

El método TNF es muy simple de emplear, pero el perfil estimado puede sufrir errores debido a la propagación de modos agujereados. Para perfiles cercanos a una forma parabólica, las correcciones de los modos agujereados no parecen necesarias. Además, entre la proporcionalidad que existe entre la distribución de potencia y el perfil del índice de refracción se cumplen solamente para los modos excitados de la misma forma. A pesar de esto, el método de TNF es conveniente para una estimación rápida del perfil del índice de refracción. La ecuación de onda escalar esta dada por

$$\frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dR}{dr} + k_0^2 [n^2(r) - n_{eff}^2] R = 0 \tag{8}$$

donde está el índice  $n_{eff}$  eficaz del modo y  $k$  es la longitud de onda del espacio libre . La distribución de potencia modal  $P(r)$  es

$$P(r) = KR^2(r) \tag{9}$$

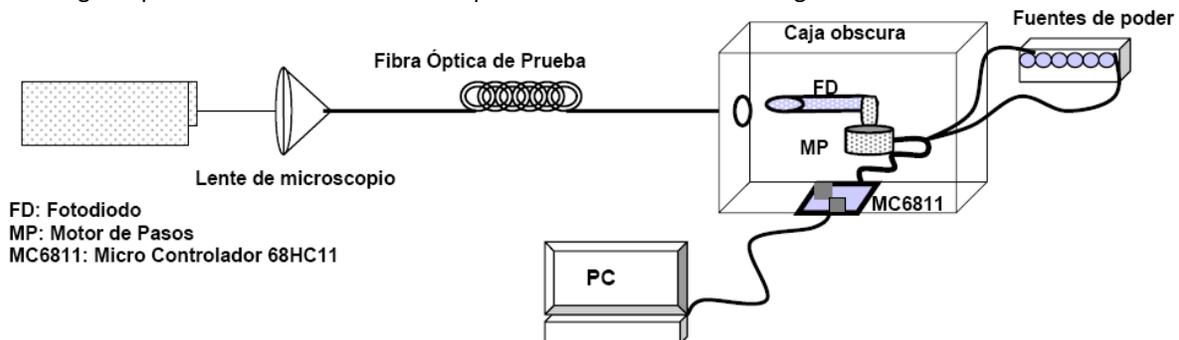
donde  $K$  es una constante de la proporcionalidad. En términos de  $P(r)$

$$n^2(r) = n_{eff}^2 - \left( \frac{\lambda_0}{4\pi P} \right)^2 \left( 2P \frac{d^2 P}{dr^2} - \left( \frac{dP}{dr} \right)^2 + \frac{2P}{r} \frac{dP}{dr} \right) \quad (10)$$

Así, una medida exacta de la distribución de potencia  $P(r)$  puede conducir a una estimación del perfil del índice de refracción  $n^2(r)$ .

### III. Desarrollo experimental .

El arreglo experimental utilizado en este experimento se muestra en la Figura 5.

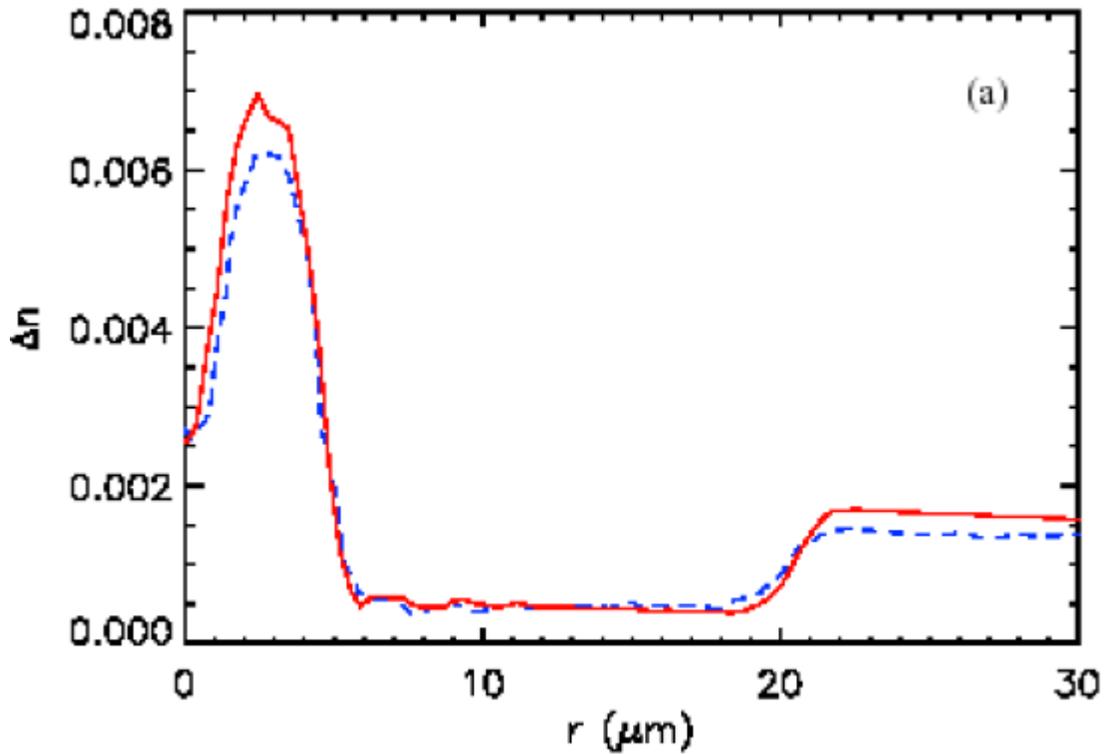


**Figura 5.** Arreglo experimental para la medida del patrón de intensidad del campo cercano en fibras ópticas

A través de este arreglo experimental se realizó la medición de la distribución de potencia del campo cercano, se utilizaron diferentes fibra ópticas (CORNING, TELECT, FG1), se emplearon tres fuentes de luz (lámpara de, láser y un diodo láser) para excitar las fibras ópticas de prueba, en el caso necesario se utilizaron lentes de microscopio para enfocar la luz en el núcleo monomodo, la detección de la luz propagada en el extremo contrario de la fibra se realiza por medio de un fotodiodo utilizando e utilizando interfases y software (CASSYLAB, LAVIEW, cámara de CCD) para el procesamiento de la información así como otros programas de aplicación óptica, con la finalidad de reconstruir el perfil del índice de refracción de las fibras ópticas analizadas.

### IV. Resultados obtenidos y Conclusiones

Los resultados obtenidos midiendo la distribución de potencia utilizados para calcular el perfil del índice de refracción se muestran en la Figura 6 utilizando una fibra monomodo. La línea roja corresponde al método del campo cercano transmitido, la línea azul corresponde al perfil del índice de refracción de la misma fibra utilizando un instrumento de medición. Como puede apreciarse los datos son similares, la fibra utilizada es FG1 monomodo de 1300/1550 nm



**Figura 6.** Resultados Experimentales de las Fibras óptica monomodo FG1

La Figura 7 muestra el perfil del índice de refracción de una fibra multimodo utilizando la técnica de campo cercano transmitido. Los datos de las dos curvas son semejantes, la curva roja indica los datos obtenidos por el método de campo cercano transmitido y la curva azul es el índice de refracción calculado utilizando las especificaciones del fabricante.

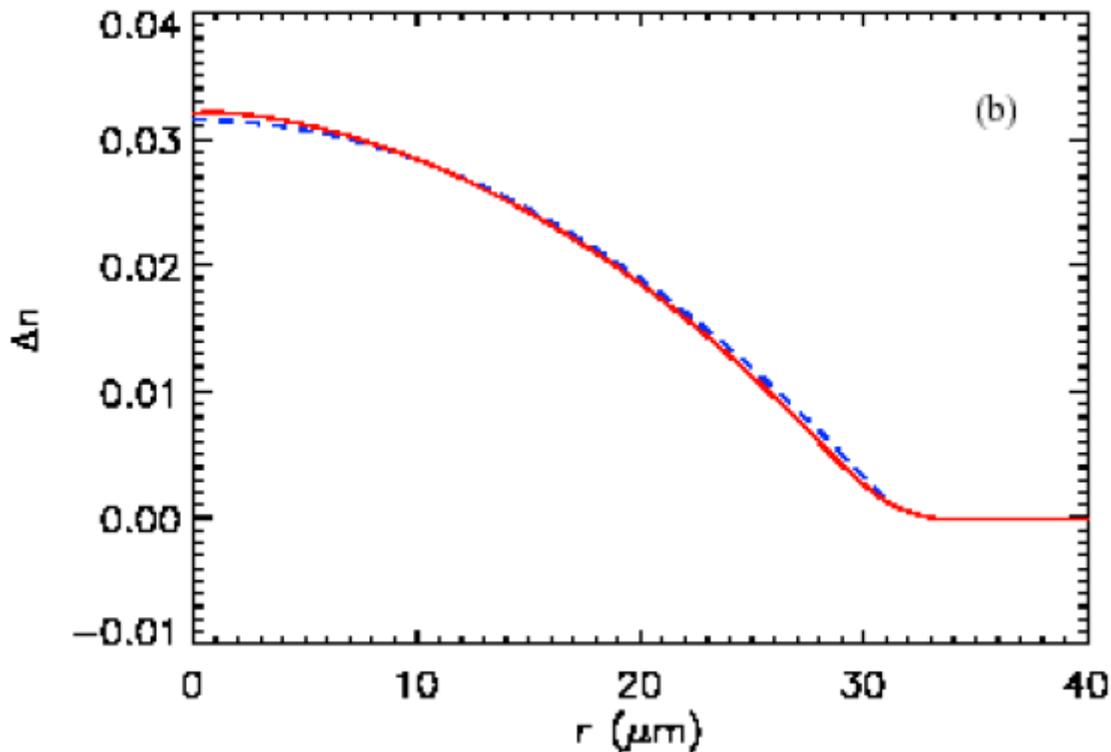


Figura 7. Resultados experimentales de una fibra multimodo de prueba.

Podemos concluir que el método de campo cercano transmitido es una técnica que proporciona una alta aproximación del perfil del índice de refracción para fibras multimodo, es un método no destructivo, ya que no es necesario alterar las características geométricas y dimensionales de la fibra óptica. El conocimiento del perfil del índice de refracción es de forma indirecta ya que podemos llegar a él por medio de la medición de distribución de potencia, utilizando algoritmos para su cálculo y después de ello procesar la información.

## V. Referencias

- [1] Giovanni Cancellieri; "Single-Mode Optical fiber Measurements: Characterization and Sensing"; Artech House Boston London; capítulo 3 y 4; 2006.
- [2] Jeffrey L. Guttman; PHOTON, inc., 6860 Santa Teresa Blvd., San Jose, CA 95119 "Mode-Field Diameter and "Spot Size" Measurements of Lensed and Tapered Specialty Fibers".
- [3] DevicesHale R. Farley; Jeffrey L. Guttman; Razvan Chirita and Carmen D. Pâlsan Photon inc. 6860 Santa Teresa Blvd San Jose, CA 95119 "Mode Field Diameter And Effective Area Measurement Of Dispersion Compensation Optical"
- [4] Niels Asger Mortensen and Jacob Riis Folkenberg, Crystal Fibre A/S, Blokken 84, DK-3460 Birkerød, Denmark "Near-field to far-field transition of photonic crystal fibers: symmetries and interference phenomena".
- [5] Gaussian Beam Propagation, [www.mellesgriot.com](http://www.mellesgriot.com), 30 Enero 2006

[6] Karpov V.I., Grekov M.V., Dianov E.M., Golant K.M., Vasiliev S.A., Medvedkov O.I.,

Khrapko R.R., "Mode-field converters and long period gratings fabricated by thermodiffusion in nitrogen doped silica core fibers", OFC'98, paper ThG4, 1998.

[7] Limberger H.G., Fonjallaz P.-Y., Salathe R.P., Cochet F., "Compaction- and photoelastic-induced index changes in fiber Bragg gratings", Applied Physics Letters, Vol.68, No.22, pp.3069-3071, 1996.

[8] Neumann E.-G. Single-mode fibers: Fundamentals, Springer Series in Optical Sciences, Vol.57, 1988.

[9] Petermann K., "Microbending loss in monomode fibers", Electronics Letters, Vol.12, pp.107-109, 1976.

[10] Petermann K., "Constraints for fundamental-mode spot size for broadband dispersioncompensated single-mode fibers", Electronics Letters, Vol.19, pp.712-714, 1983.

[11] Fleurier and J. Chapelle, "Inversion of Abel's integral equation-application to plasma spectroscopy,"

Comp. Phys. Commun. 7, 200-206 (1974).

### **Extractos curriculares**

**Alexandre Michtchenko** es Doctor en Ciencias Físico Matemático por la Universidad Técnica del Instituto de Física y Tecnología en Moscú(1981), en 1977 recibió el grado de Maestro en Ciencias en la misma Universidad, actualmente trabaja como Profesor Investigador en la Esime Zacatenco Sección de Estudios de Posgrado (1998), sus áreas de interés son laseres e instrumentación con laseres de fibra óptica.

**Maria Guadalupe Cordero Parra** es Ing. en Comunicaciones y Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional (1993), actualmente trabaja como Profesora en la ESIME Zacateco (1993) y en el desarrollo de la tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, su área de interés son las comunicaciones por fibras ópticas.

# Sistema de Visión por Computadora

Margarita Montoro-García, Francisco Gallegos-Funes, Felix Serrano-Talamantes

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, U.P.A.L.M, Zacatenco

Av. IPN s/n; Col. Lindavista, C.P. 07738, México D.F.

Tel./ Fax 5729-6000 ext 54622, e-mail: fcogf@hotmail.com

**Resumen.**- En este artículo se presenta un sistema móvil de monitoreo de cuatro grados de libertad para la obtención de imágenes digitales a color capturadas desde ambientes de difícil acceso. El sistema propuesto usa dos grados de libertad para controlar el móvil, éste recibe la información de las trayectorias a seguir mediante radiofrecuencia desde una PC. El móvil tiene una cámara digital a color, la cual es usada para monitoreo y es controlada por otro sistema de dos grados de libertad. Las imágenes o vídeo es enviado a la PC también de manera inalámbrica para su posterior procesamiento. El procesamiento llevado a cabo consiste en la supresión de ruido impulsivo mediante el uso del método de umbralización basado en la transformada Wavelet.

**Palabras clave:** Visión por computadora, Transformada Wavelet.

**Abstract.**-In this paper we present a monitoring system of four grades of freedom to obtain digital color images in places of difficult access. The proposed system uses two grades of freedom to control the system, it receives the information about the trajectories by means of use radiofrequency since a PC. A color video/camera is collocated in the system and is controlated by other two grades of freedom. The image or video is captured and sending to PC by radiofrequency way too to process the information. The image or video processing consists in the noise suppression by means of use of thresholding method based on the Wavelet transform.

**Keywords:** Computer vision, Wavelet transform.

## I. Introducción

La capacidad de visión artificial dota a un robot de un sofisticado mecanismo de percepción que le permite responder a un entorno de una forma inteligente y flexible [1-3]. La visión artificial puede ser definida como los procesos de obtención, caracterización e interpretación de información de imágenes tomadas de un mundo tridimensional [2]. La necesidad del ser humano de poder monitorear lugares a los que no se tiene acceso por ser ambientes hostiles es muy extensa. La obtención de estas imágenes es muy importante en la mayoría de los casos ya que de estas dependen las decisiones que se tomen desde fuera. Por otro lado, las imágenes captadas son afectadas y dañadas por ruido [4-6]. El ruido puede ser definido como una señal indeseable, de naturaleza aleatoria, que afecta a otra señal de interés corrompiéndola o degradándola. El ruido en las señales eléctricas tiene diversa naturaleza como puede ser el que se genera en los dispositivos eléctricos y electrónicos, el que genera la atmósfera (ionosfera) y el que generan los campos electromagnéticos de máquinas eléctricas, por lo que en el momento en el que la imagen es recibida en la PC, ésta llega corrompida [5].

Partiendo de la necesidad de obtener imágenes de ambientes de difícil acceso y que además sean imágenes de buena calidad, se construyo un sistema de monitoreo de cuatro grados de libertad. El sistema consiste básicamente de un móvil de dos grados de libertad que lo dotan de movimiento en cualquier dirección y sentido posible. Las imágenes son obtenidas desde una cámara a color que tiene un sistema de dos grados de libertad montada sobre el móvil para la adquisición de las imágenes. El control del móvil y de la cámara se realiza de forma inalámbrica mediante el uso de una PC o laptop. Las imágenes transmitidas son filtradas para liberarlas de la mayoría de ruido posible. El método utilizado para la supresión de ruido se llama método de umbralización mediante el uso de la transformada Wavelet y se basa en aumentar la calidad de la imagen tomando un umbral como referencia tanto en la aproximación como en los detalles de las imágenes obtenidas,

preservando la mayor cantidad de energía posible y de esta manera obtener una imagen nítida a pesar de la pérdida de información y eliminar por supuesto, la mayor cantidad de ruido posible [7-11].

## II. El Sistema de Visión por Computadora

El móvil cuenta con dos motores de CD alimentados a 9 volts, los cuales hacen posible los dos grados de libertad y son controlados mediante el uso de una PC o Laptop. El primer motor M1 da la libertad al móvil de moverse sobre el eje x, y va colocado al frente del móvil. Por otro lado, las llantas delanteras del móvil están acopladas de tal manera que solo pueden girar hasta  $\pm 45^\circ$  sobre el eje y. La Figura 1 muestra como se diseñó el arreglo para las llantas delanteras del móvil. El segundo motor M2 va colocado en la parte trasera del móvil y permite el movimiento sobre el eje x. Las llantas traseras están acopladas al eje de M2 de tal manera que las llantas giren dependiendo del sentido en el que gire el motor sobre el eje x. La Figura 2 presenta el diseño mecánico para esta sección del móvil.

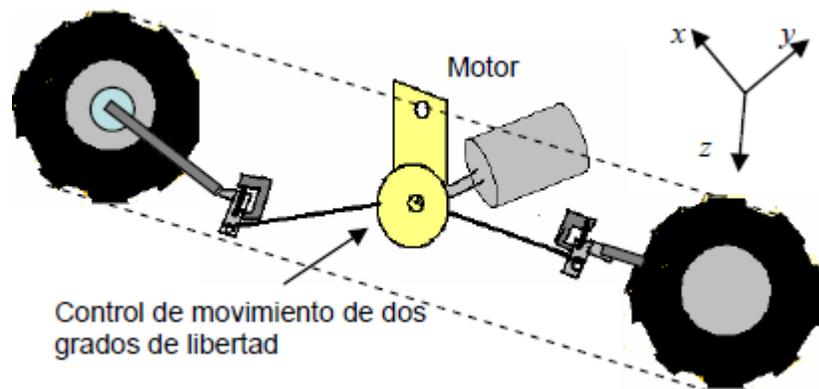


Figura 1. Arreglo para las llantas delanteras del móvil.

El sistema del móvil tiene un peso aproximado de 1300 gr., el móvil cuenta con llantas de todo terreno con diámetro de 12 cm y una separación entre ejes de 22 cm. Un dibujo del móvil propuesto se muestra en la Figura 3.

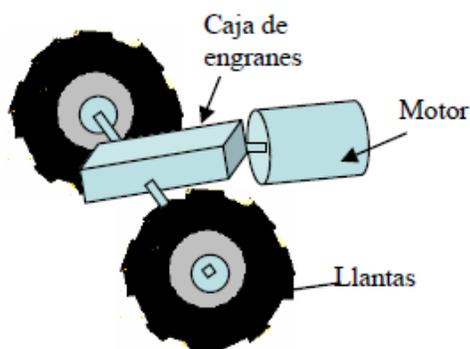


Figura 2. Arreglo para las llantas traseras del móvil.

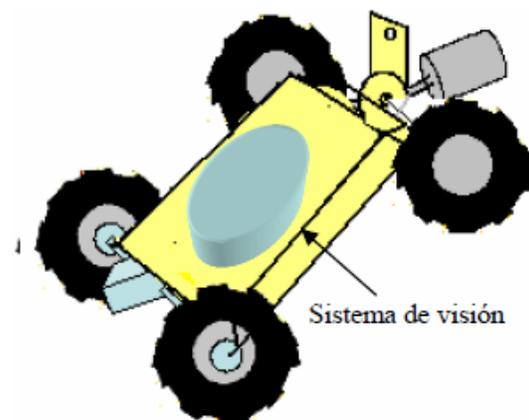


Figura 3. Móvil con dos grados de libertad.

El diseño del sistema del móvil fue realizado tomando en cuenta las ecuaciones de movimiento general de un manipulador mediante la aplicación directa de la formulación de Lagrange-Euler,

esto es, utilizando la representación matricial de Denavit-Hartenberg para describir el desplazamiento espacial entre los sistemas de coordenadas de elementos vecinos para obtener la información cinemática del elemento, y empleando la técnica dinámica lagrangiana para deducir las ecuaciones dinámicas del móvil [1-3].

La ecuación de Lagrange-Euler es definida como [2]

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

donde  $L=K-P$  es la función lagrangiana,  $K$  es la energía cinética total del móvil,  $P$  es la energía potencial total del móvil,  $q_i$  es la coordenada generalizada del móvil,  $\dot{q}_i$  es la primera derivada con respecto al tiempo de la coordenada generalizada  $q_i$ , y  $T_i$  es la fuerza o par generalizado aplicado al sistema en la articulación  $i$  para mover el elemento  $i$ .

El equipo de transmisión/recepción utilizado para enviar las instrucciones de forma inalámbrica para el control del móvil trabaja a una frecuencia de 49MHz [3]. Una PC o laptop controla la transmisión de las señales de control hacia el móvil.

El sistema de visión esta basado en una cámara a color con dos grados de libertad mediante el uso de la ec. 1. La base en la cual están montados los motores que controlan los dos grados de libertad de la cámara se encuentra en la parte superior del móvil, de acuerdo a la Figura 3. Las imágenes que capta la cámara de video son enviadas de forma inalámbrica hacia la PC o laptop a través del puerto paralelo [3].

El control del móvil siempre esta disponible para cualquier movimiento pero el control de libertad de la cámara solo permite un movimiento a la vez, es decir, solo puede estar en movimiento un motor mientras el otro esta en reposo. Esto fue realizado así para permitir una transmisión de las imágenes en tiempo real, pues desde el puerto paralelo vía inalámbrica son controlados el sistema del móvil y la cámara, así como la recepción de las imágenes.

### III. El algoritmo propuesto

Las imágenes capturadas son distorsionadas con ruido impulsivo mediante el uso de MatLab [8] y de esta manera se simula la distorsión que ocasionan los lugares de ambientes hostiles. Para suprimir el ruido en las imágenes capturadas es necesaria que las imágenes se sometan a un filtrado. Aquí proponemos el uso de la Transformada Wavelet que es una buena herramienta que puede ser usada en filtrado de señales para proveer una solución para la supresión de ruido y preservación de detalles en el procesamiento de imágenes [9, 10].

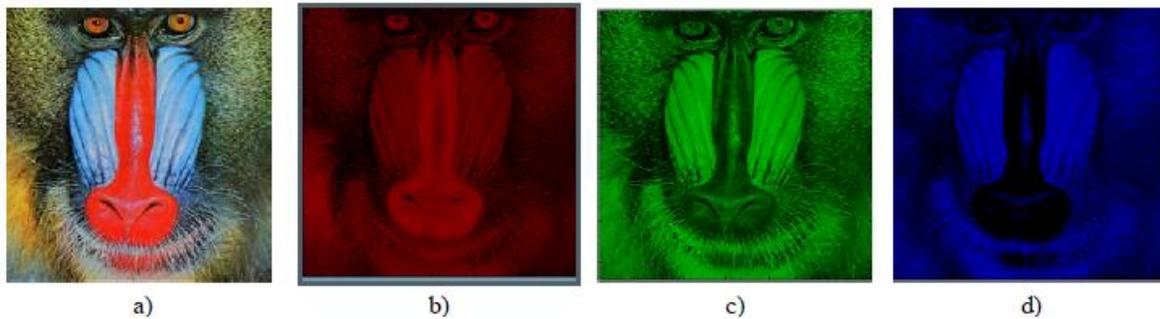
El procedimiento llevado a cabo para el procesamiento de las imágenes es el siguiente. La imagen a color se divide en sus distintas componentes RGB [11], conocidas como las componentes Rojo (red), Verde (Green) y Azul (Blue), se degradan dichas componentes con una determinada densidad de ruido impulsivo y mediante el cálculo de la máxima desviación estándar obtenemos un umbral y con él podemos eliminar todas las muestras que tengan una magnitud superior a éste umbral [10]. Los pasos del algoritmo propuesto se muestran a continuación.

a) Se obtienen las componentes en color de la imagen a procesar, es decir, las componentes en Rojo, Verde, y Azul. La figura 4 presenta una imagen a color original y sus componentes de Rojo, Verde y Azul para visualizar este proceso.

b)- Las componentes de la imagen de color RGB se degradan por separado y cada una de ellas con una misma densidad de ruido impulsivo [4, 5]. El modelo de ruido impulsivo usado para cada componente o canal de la imagen a color es el siguiente [5, 11]:

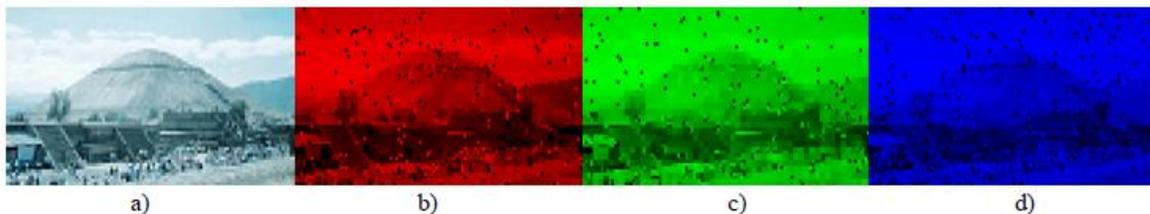
$$Y_R = n_{im}(Y_R), Y_G = n_{im}(Y_G), Y_B = n_{im}(Y_{GB}), n_{im}(Y) = \begin{cases} \text{ruido } n_{imp} & \text{con probabilidad } p \\ \text{imagen } Y, & \text{cualquier otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

donde  $n_{im}(Y)$  es el ruido y  $Y$  representa cada componente RGB de 24 bits/pixel.



**Figura 4.** Imagen de simulación. a) Imagen original, b) Componente Roja, c) Componente Verde, y d) Componente Azul.

La Figura 5 muestra el proceso de degradación con ruido impulsivo en cada componente de la imagen.



**Figura 5.** Degradación de ruido en una imagen de prueba. a) Imagen original, b) Componente Roja degradada, c) Componente Verde degradada, d) Componente Azul degradada.

c) Se procesan cada una de las componentes degradadas en el paso anterior mediante el método de umbralización haciendo uso de la Transformada Wavelet [7]. La Transformada Wavelet consta básicamente es un banco de filtros digitales el cual consiste de un filtro pasa-bajos y un filtro pasa-altos.

El algoritmo propuesto llevado a cabo consta de la descomposición (aproximaciones y detalles) mediante la Transformada Wavelet; de un umbral donde nosotros hacemos uso del método de umbralización basado en el cálculo de la desviación estándar; y de una reconstrucción usando la Transformada Inversa Wavelet [8].

Considérese  $l_d(i,j,k)$  como la matriz tridimensional de coeficientes Wavelet de los detalles diagonales de una imagen en color real corrompida con ruido de tipo impulsivo, donde  $i$  y  $j$  representan la posición de los coeficientes en cada componente en color. Sean entonces  $l_{dr}(i,j)$ ,  $l_{dv}(i,j)$  e  $l_{da}(i,j)$  las matrices de los coeficientes Wavelet ruidosos de detalles diagonales de las

componentes Rojo, Verde y Azul de la imagen, respectivamente. La división de los coeficientes Wavelet ruidosos en sus tres componentes en color se muestra en la Figura 6. Es necesario mencionar que la aplicación del método de umbralización será aplicado por separado a  $I_{dr}(i,j)$ ,  $I_{dv}(i,j)$  e  $I_{da}(i,j)$ , esto debido a que se tienen valores distintos de desviación estándar para cada componente en color de la imagen [9].

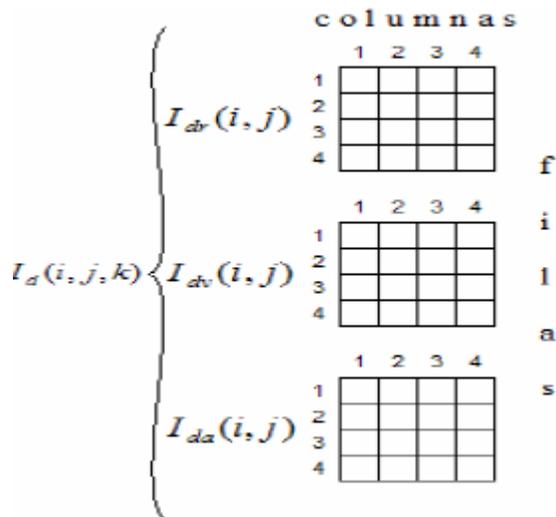


Figura 6. División de los coeficientes Wavelet ruidosos de una imagen a color en sus tres componentes.

d) Se calcula entonces un valor de desviación estándar para cada renglón o columna de  $I_{dr}(i,j)$ ,  $I_{dv}(i,j)$  e  $I_{da}(i,j)$ , obteniéndose un vector constituido por tantas desviaciones estándar como el número de renglones o columnas contenidas en las matrices. La ecuación que define la desviación estándar [4, 6] en una serie de valores está dada por

$$\sigma = \sqrt{\sum_{l=1}^m (x_l - \bar{x})^2 / (m-1)}. \quad \sigma = \sqrt{\sum_{l=1}^m (x_l - \bar{x})^2 / (m-1)}. \quad (3)$$

donde  $x_l$  es el valor de cada coeficiente tomado del renglón o columna de la matriz de coeficientes Wavelet ruidosos en cuestión,  $m$  es el número total de coeficientes del renglón o columna y

$$\bar{x} = \sum_{l=1}^m x_l / m$$

es el valor de la media [4, 6].

$$\sigma_{dr}^n(l), \quad \sigma_{dv}^n(l) \quad \text{y} \quad \sigma_{da}^n(l)$$

Sean entonces los vectores obtenidos compuestos por  $n$  valores de desviaciones estándar iguales al número de filas o columnas de las matrices  $I_{dr}(i,j)$ ,  $I_{dv}(i,j)$  e  $I_{da}(i,j)$ , de los cuales el valor máximo en cada vector será considerado como el umbral para ese componente en color y a partir del cual se define la frontera de los coeficientes con información de señal y los coeficientes que contienen ruido. Las ecuaciones que definen la obtención del umbral para cada componente en color están dadas por [10]

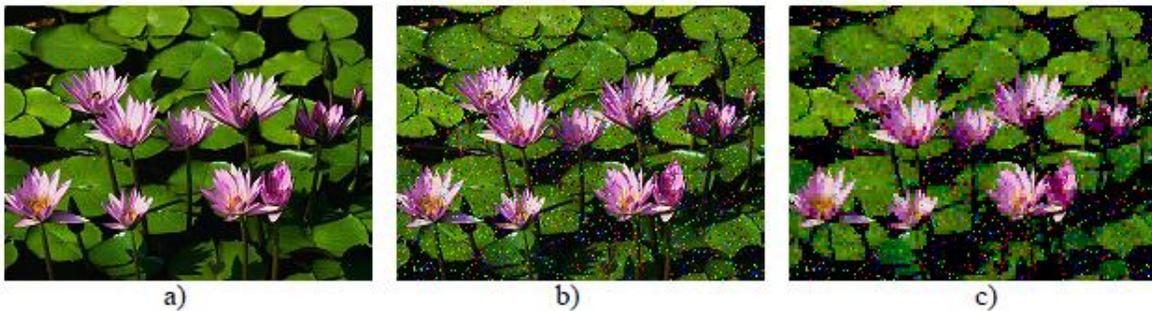
$$Umbral_{dr} = C \left[ \max_{l=1}^n (\sigma_{dr}(l)) \right] \quad (4)$$

$$Umbral_{dv} = C \left[ \max_{l=1}^n (\sigma_{dv}(l)) \right] \quad (5)$$

$$Umbral_{da} = C \left[ \max_{l=1}^n (\sigma_{da}(l)) \right] \quad (6)$$

donde *max* representa la operación que obtiene el valor máximo en un vector y *C* es una constante que permite aumentar o disminuir el valor del umbral según sea conveniente.

e) Al finalizar el método de umbralización, se procede a reconstruir las componentes filtradas a partir de sus aproximaciones y detalles aplicando la transformada inversa Wavelet y finalmente se reconstruye la imagen completa. La Figura 7 presenta el proceso completo de adquisición, degradación y filtrado.



**Figura 7.** Imagen de prueba. a) Imagen Original, b) Imagen degradada con 5% de ruido impulsivo, c) Imagen restaurada por el método de umbralización.

#### IV Simulación de Resultados

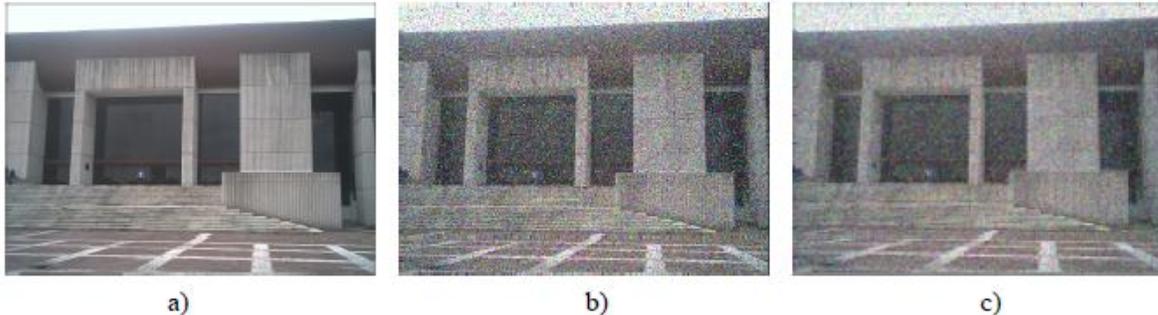
Para poder medir que tan efectivo fue el filtro que se aplico existen diferentes parámetros que nos dan información acerca de que tan buena es una imagen filtrada respecto a la imagen original. Nosotros usamos el índice de correlación cruzada para medir la correlación entre la imagen filtrada y la imagen original, el error absoluto medio (MAE) para obtener la preservación de contornos y detalles finos, el error cuadrático medio (MSE) y la relación pico señal a ruido (PSNR en dB) fueron usados para cuantificar la supresión de ruido, el error de cromaticidad (MCRE) para medir la cromaticidad de las imágenes resultantes, y la diferencia de color normalizada (NCD) para obtener la diferencia de color [4-7, 11].

Se realizo una prueba sobre el sistema de monitoreo al aire libre obteniendo una buena respuesta del sistema en distancias de 30m. En la Figura 8, en (a) se presenta una imagen adquirida por el sistema, en (b) se muestra la imagen degradada con 5% de ruido impulsivo para efectos de simulación en ambientes peligrosos o con interferencias, y en (c) se presenta la imagen restaurada con el método propuesto.

A continuación se muestran los resultados proporcionados por el sistema después de aplicar el método propuesto en la imagen de la Figura 8(a).

MAE en el c/verde: 31.617799

MAE en el c/azul: 31.449089  
PSNR en el c/rojo: 36.632273 dB  
PSNR en el c/verde: 36.514350 dB  
PSNR en el c/azul: 36.526656 dB  
MCRE en el c/rojo: 0.025650  
MCRE en el c/verde: 0.025954  
MCRE en el c/azul: 0.025922  
NCD: 0.255278



**Figura 8.** Imagen adquirida y procesada por el sistema. a) Imagen original adquirida, b) Imagen degradada con 5% de ruido impulsivo, c) Imagen restaurada por el método de umbralización.

En la imagen resultante de la Figura 9(c) puede observarse que el método propuesto permite una buena preservación de contornos y detalles finos en la imagen pero no puede suprimir totalmente el ruido en la imagen. Analizando diferentes resultados obtenidos con el sistema hay que hacer mención que el sistema provee de buenos resultados para situaciones adversas que ocasionan una fuerte degradación en las imágenes permitiendo observar con buena definición los contornos y detalles finos de los diferentes objetos a analizar o monitorear.

## V. Conclusiones

Se presento un sistema de monitoreo inalámbrico controlado por computadora, él cual demostró un buen rendimiento para el monitoreo de lugares de difícil acceso. El sistema captura y procesa imágenes permitiendo que el usuario pueda observar imágenes más nítidas mediante la restauración de éstas usando un método propuesto basado en Wavelets.

Se esta trabajando en mejorar el método propuesto para una mejor preservación de detalles finos y que elimine en mayor proporción el ruido presente. También se esta trabajando en ajustar el sistema de control del móvil-cámara con el sistema procesamiento de imágenes pues requiere de algunos ajustes en los algoritmos para poder lograr un mejor procesamiento en tiempo real. Probar el sistema total en ambientes hostiles reales para comprobar el desempeño del sistema.

**AGRADECIMIENTOS.** Los autores dan las gracias al Instituto Politécnico Nacional por los apoyos brindados para la realización de este trabajo.

## Referencias

- [1] W. Stadler, "Analytical Robotics and Mechatronics", McGraw-Hill, New York, 1995.
- [2] K. S. Fu, R. C. González, C. S. G. Lee, "Robótica, control, detección, visión e inteligencia", McGraw-Hill, New York, 1990.
- [3] D. Clark, M. Owings, "Building Robot Drive Trains", McGraw-Hill, New York, 2003.
- [4] R. C. González, R. E. Wood, "Tratamiento Digital de Imágenes", Addison Wesley 1996.
- [5] A. Bovik, "Handbook of Image and Video Processing", Academic Press, New York, 2000.

- [6] J. R. Parker, "Algorithms for Image Processing and Computer Vision", John Wiley & Sons, 1997.
- [7] D. L. Donoho, "Denoising by wavelet thresholding", IEEE Trans. Inform. Theory, **41(3)**, pp. 613-627, 1995.
- [8] M. Misita, Y. Misita, G. Oppenheim, J. M. Poggi, "Wavelet Toolbox For Use with MATLAB User's Guide v. 3", The MathWorks Inc. 2004.
- [9] Jesús Martínez Valdes, Francisco J. Gallegos Funes, Marco A. Acevedo Mosqueda, "Reducción de ruido impulsivo en imágenes Digitales a Color Utilizando Wavelets", Memorias de IEEE 15 Reunión de Otoño de Comunicación y Exposición Industrial ROC&C 2004, Acapulco México, Noviembre 2004.
- [10] Margarita Montoro G., Francisco J. Gallegos Funes, "Eliminación de ruido impulsivo en imágenes a color utilizando la técnica Wavelet", 1er. Encuentro de Investigadores y Alumnos PIFI participantes en Proyectos de Investigación, IPN ESIME Azcapotzalco, Mexico, D. F., 24 Mayo 2005.
- [11] K. N. Plataniotis, A. N. Venetsanopoulos, "Color Image Processing and Applications", Springer Verlag, Berlin, 2000.

### **Extractos curriculares**

**Margarita Montoro-García** es pasante de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, México (2006).

# A note about the electromagnetic environment in the RFID applied to vehicular control,

S. R. Meneses G., L. L. Montes, C. Pérez M., J. López-Bonilla

Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Campus Zacatenco

Edif. Z- 3, 3er. Piso, Col. Lindavista, CP 07738, México, D. F.

rmeneseg@ipn.mx, jlopezb@ipn.mx

**Abstract-** Multipath electromagnetic environment is very complex and assumptions have been made in order to obtain optimum models. The near and far field coupling is already being used in such areas of UHF RFID. Near field, also known as near field communication (NFC), is applied in short range wireless communication. In this article, we apply the two ray model and we consider a third ray, in order to predict the received power in the tag, when the RFID system is applied in the vehicular control.

**Keywords**— Tag, reader, incident wave, radiating, inductive, capacitive, two ray model.

## I. Introduction

The RFID system uses the near and far field electromagnetic coupling concept, for detecting objects. A wireless communication link is provided between a remote transponder (antenna and integrated circuit), known as the tag, and an interrogator or reader, as showed in the fig. 1. The main functions performed by a reader are demodulating the data retrieved from the tag, decoding the received data, energizing in the case of passive and semi-passive tags, and as an antenna radiating above of a lossy surface.

The tag operates in the near field of the reader via inductive coupling, but some tags operate in the far field, using non linear devices to generate harmonics, that are detected by the reader, thus, the type of antenna used in the RF tag depends upon the field or radiation .

The electromagnetic fields are defined into three regions showed in the fig. 2.

1. Reactive Near Field. In this region the dominant field can be the magnetic field (inductive field) or electric field (capacitive field). The electromagnetic coupling is present in this region.

2. Radiating Near Field. In this region the electromagnetic waves are radiating around the source, thus, the antenna or radiator. This region is known as Fresnel Zone.

3. Radiating Far Field. This region is the free space. The electric and magnetic fields propagate outward as an electromagnetic wave.

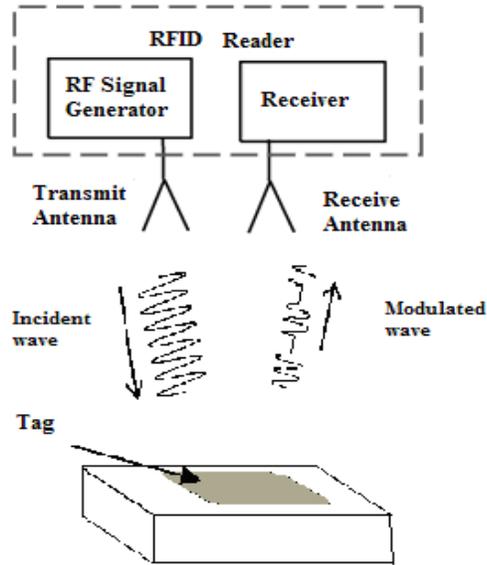
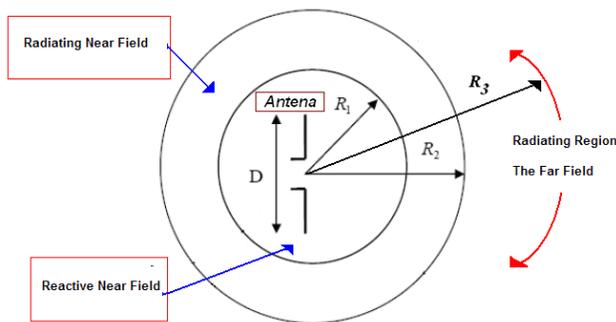


Fig.1. Radio Frequency Identification (RFID) Communication System

The antenna performance is affected by the antenna deformation, polarization mismatch, the electromagnetic properties of the material to which the antenna is attached, the electromagnetic properties and proximity of the other nearby objects, a violent electromagnetic environment, and it is known, that, where a source located in a plane, being an interface between two different mediums, with different permittivity and permeability, generates a reflected wave, which one, combined with the direct wave produces a destructive and constructive contributions. This situation is showed in the fig. 3.

The interface between two different mediums, with different permittivity and permeability, will produce a reflected wave. The reflection coefficient will be dependent of these characteristics.



$$\text{Reactive Near Field: } R_1 < 0.62 \sqrt{D^3 / \lambda}$$

$$\text{Radiating Near Field: } R_2 < 2D^2 / \lambda$$

$$\text{Radiating Far Field: } R_3 > R_2$$

Fig.2. Near and far field zones

An RFID application is the vehicular control systems. The fig. 4 shows the communication link between the reader to the tag. The tag installed in the car, contains important information as owner, payments and offences information, etc.

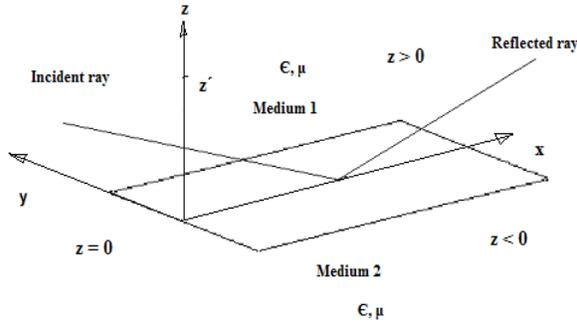


Fig.3. Two mediums model geometry

## II. Statement of the problem

In the RFID technology applied to vehicular technology, the mobile with the tag installed moves closer to the reader, in this situation, one direct path between the base station and the mobile station is rarely the only physical medium of propagation, the reflected propagation path between the transmitter and the receiver must be considered. The RFID system is a LOS (Line of Sight) communication system. The influence of reflection by a violent electromagnetic environment should be considered. The radio propagation model can be expressed as:

$$P_r = P_t \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| \frac{1}{r_1} \exp(-jkr_1) + \sum_{i=1}^n \Gamma(\alpha_i) \frac{1}{r_2} \exp(-jkr_2) \right|^2$$

(1)

where:

$P_t$ , transmission power

$d$ , distance between the transmitter and receiver

$r_1$ , distance of the direct ray

$r_2$ , distance of the reflected ray

$\Gamma(\alpha)$ , reflection coefficient

$\alpha$ , incidence angle

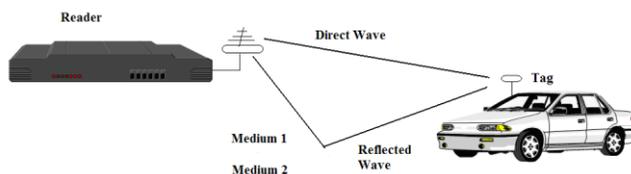


Fig.4. RFID technology applied to vehicular control

The two-ray model allows determine the received power considering only the direct wave and the reflected wave. The graphic in fig. 5, shows the tag received power, using the two ray model expressed in (1). The operation frequency is 915 MHz, vertical polarization, height of the reader 5 m, height of the tag 1.2 m, speed of the mobile, 60 Km/h.

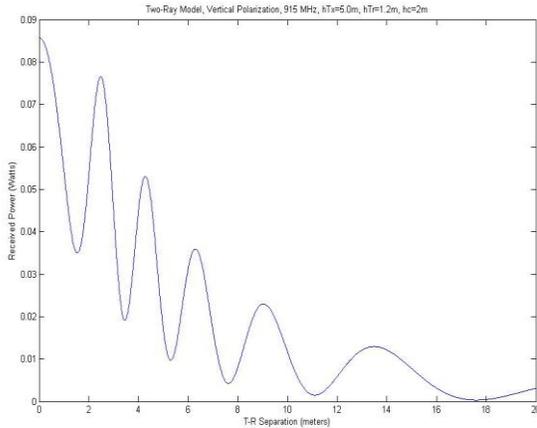


Fig.5. Received power vs. distance. Two ray model

The other reflected waves provoked by a violent electromagnetic environment should be considered The fig. 6 shows a possible scene.

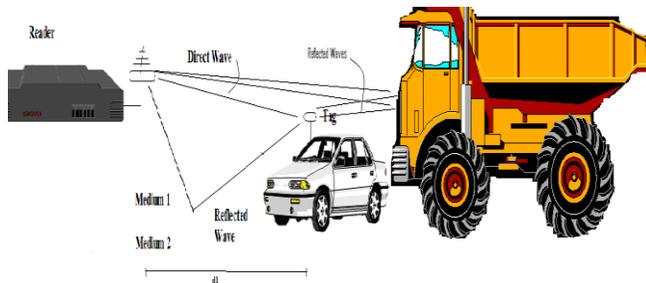


Fig.6. Adding a reflection source

This possible scene must be analyzed considering the reflection coefficient.

Assume three rays, the direct wave, the reflected wave by the asphalt and a third ray, the reflected wave by the truck.

The total electric field  $E_{TOT}$  is the sum of the direct component, line of sight component,  $E_{LOS}$ , and the reflected components  $E_g$ .

The model geometry is showed in the fig. 7, where  $h_1$ , is the height of the transmitter and  $h_2$  is the height of the receiver.

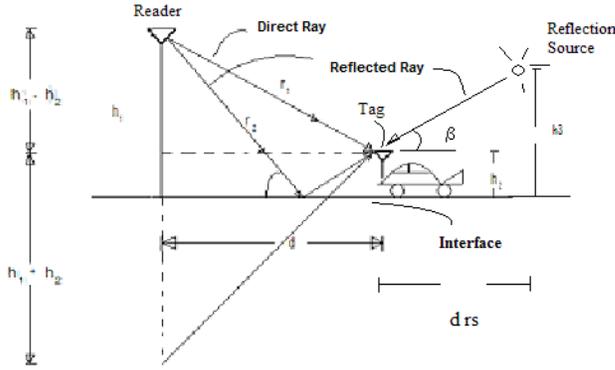


Fig.7. Model propagation geometry, considering another reflection source.

being:

$$\begin{aligned}
 r_1 &= \sqrt{d^2 + (h_1 - h_2)^2} = \sqrt{d^2 + h_1^2 + h_2^2 - 2h_1h_2} \\
 r_2 &= \sqrt{d^2 + (h_1 + h_2)^2} = \sqrt{d^2 + h_1^2 + h_2^2 + 2h_1h_2} \\
 r_3 &= \sqrt{d_{rs}^2 + (h_2 + h_3)^2} = \sqrt{d_{rs}^2 + h_2^2 + h_3^2 + 2h_2h_3}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 \sin \alpha &= \frac{\sqrt{d^2 + (h_1^2 + h_2^2)}}{(h_1 + h_2)} \\
 \sin \beta &= \frac{\sqrt{d_{rs}^2 + (h_2^2 + h_3^2)}}{(h_2 + h_3)}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

The reflection coefficient depends of the angle of incidence, signal polarization and the relative permittivity of the reflecting surface. The reflection coefficient is given by:

$$\Gamma_1(\alpha) = \frac{\cos(90 - \alpha) - a\sqrt{\varepsilon_r - \sin^2(90 - \alpha)}}{\cos(90 - \alpha) + a\sqrt{\varepsilon_r - \sin^2(90 - \alpha)}}$$

(4)

$$\Gamma_2(\beta) = \frac{\cos(90 - \beta) - a\sqrt{\varepsilon_r - \sin^2(90 - \beta)}}{\cos(90 - \beta) + a\sqrt{\varepsilon_r - \sin^2(90 - \beta)}}$$

where:

$\alpha, \beta$ , angles of incidence  
 $a$ , determined value given by the polarization

$\sigma$  , conductivity of the reflecting surface

Then, the received power considering the three rays is:

$$P_r = P_t \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| \frac{1}{r_1} \exp(-jkr_1) + \Gamma_1(\alpha) \frac{1}{r_2} \exp(-jkr_2) + \Gamma_2(\beta) \frac{1}{r_3} \exp(-jkr_3) \right|^2 \quad (5)$$

Meanwhile, the mobile moves closer to the reader, the distance between the reader and the tag, decreases, thus, the incidence angle modifies too, modifying the reflection coefficient and affecting the received power.

The fig. 8 shows the receiver power performance considering three rays in the tag. Comparing the two ray model graphic with the graphic where is considering a third ray, both of them, show points of maximum level of the received power, these points are given by constructive distribution of the direct and reflected rays, and the points of minimum level are given by a destructive contribution. The third ray influence is stronger when the distance between the reader and the tag decreases.

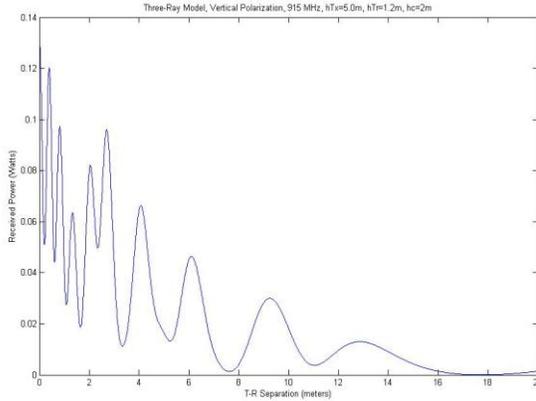


Fig.8. Receiver power vs. distance. A third ray is considered.

#### IV. Conclusion

The present work shows a RFID communication system applied in the vehicular control, in a violent electromagnetic environment, in order to know the power received performance. The angle of incidence, the electric properties of the reflecting surface, the frequency, the height of the reader and the tag in the RFID system are important parameters to determine the performance above mentioned. Propagation model are applied to predict the power, the electric field spatial distribution, and the polarization state of the wave, in order to optimize the receiver operation.

#### V. References

- [1] P. Parhami, Y. Rahmat-Samii, and R. Mitra, "An efficient approach for evaluating Sommerfeld Integrals encountered in the problem of a current element radiating over lossy ground" *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 28, pp. 100-104, Jan 1980.
- [2] B. Van der Pol, "Theory of the reflection of the light from a point source by a finitely conducting conducting flat mirror: With an applications to radiotelegraphy," *Physics*, vol. 2 , pp. 843-853, 1935.
- [3] K. Furutsu, "On the excitation of the waves of proper solutions," *I.R.E. Trans. Antennas Propagation*, vol. 7, pp.209-218, 1959. Special Supplement.
- [4] K. Sarabandi, M. Casciato, I. Suez Koh, " Efficient calculation of the fields of a dipole radiating above an impedance surface", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 50, No. 9, September 2002.
- [5] A. N. Sommerfeld, *Partial Differential Equations in Physics*, Academic Press, New York, 1949.
- [6] R. Linares y M., J. López-Bonilla, M. Acevedo, and R. Meneses, "Multipath environment indoor analysis by Sommerfeld integrals, geometric optics, and Norton surface wave", *Indian J. Phys.* 77B, No. 3 (2003) 283-289
- [7] R. Meneses, R. Linares y M., and J. López-Bonilla, "Multipath electromagnetic environment, the two ray model in the RFID systems", *The Icfai Univ. J. Phys.*, vol. 1 , No. 2 (2008) 56-66
- [8] Anderson, R. Harry, "A Ray-Tracing Propagation Model for Digital Broadcast Systems in Urban Areas", *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 39, No. 3, September 1993.
- [9] Xia Howard., Bertoni H., Maciel L., Lindsay A., Rowe R. "Radio Propagation Characteristics for Line-of-Sight Microcellular and Personal Communications", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 41, No. 10, October 1993.
- [10] K. I. Blackard, M. J. Feuerstein, T. S. Rappaport, S. Y. Seidel. And H. H. Xia, "Path loss and delay spread models as function of antenna height for microcellular system design," *Proceedings of the 1992 IEEE Vehicular Technology Conference*, Denver, CO, pp. 333-337, May 1992.
- [11] Y. Oda, K. Tsunekawa, M. Hata, "Advanced LOS Path Loss Model in Microcellular Mobile Communications," *IEEE Transactions of Vehicular Technology*, vol. 49, No.6, November 2000.
- [12] Volkert W. Hansen, "Numerical Solution of Antennas in Layered Media", *Research Studies Press Ltd.* 1989, England
- [13] Chen To Tai, "Dyadic Green Functions in Electromagnetic Theory", *IEEE Press*, 1993.
- [14] T. Rappaport, "Wireless Communications Principles and Practice", *Prentice Hall, New Jersey*, 1996.

# Restauración de Imagen en Color mediante el uso de Filtrado inverso por aberración de movimiento

M. En C. Saúl De La O Torres [sdelaot@ipn.mx](mailto:sdelaot@ipn.mx), M. En C. Maria Elena Cruz Meza  
[mcruz@ipn.mx](mailto:mcruz@ipn.mx)

Escuela Superior de Cómputo, 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., Teléfono 5729-6000, Extensión 502011.

**Resumen.**- El uso de filtrado inverso parece ser un proceso trivial, sin embargo no lo es, en el presente documento se presenta el uso del mismo para eliminar movimiento vertical, horizontal y ambos en una imagen de color, se emplean imágenes de entrada en formato de espacio de color Rojo, Verde y Azul (*RGB* Red, Green, Blue), se emplea la transformación de este espacio al espacio luminancia, alfa y beta (*laβ*) para desacoplar el color y eliminar la aberración causada por el movimiento dentro de la luminancia empleando el proceso de filtrado inverso; luego se devuelve la luminancia restaurada del espacio de color *Laβ* al espacio de color *RGB*, así mismo se emplea un algoritmo de suavizado para eliminar los restos de frecuencias espurias que al transformarse al dominio de la frecuencia al dominio del tiempo aparecen como líneas fantasmales en la imagen.

**Abstract.**- The use of inverse filtrate seems to be a trivial process, however it is not it, presently document is presented the use of the same one to eliminate vertical, horizontal movement and both in a color image, entrance images are used in format of space of Red, Green and Blue color (*RGB* Red, Green, Blue), the transformation is used from this space to the space luminance, alpha and beta (*laβ*) for divide the color and to eliminate the aberration caused by the movement inside the luminance using the process of inverse filtrate; then the restored luminance of the color space *Laβ* is returned to the color space *RGB*, likewise an algorithm is used of having softened to eliminate the remains of spurious frequencies that appear as ghastly lines in the image when transforming to the domain from the frequency to the domain of the time.

**Palabras clave:** *RGB, laβ, Movimiento, Restauración.*

**Keywords:** *RGB, laβ, Movement, Restoration.*

## I. Introducción

Dada una imagen digital denotada por  $f(x,y)$ , un proceso de degradación de la imagen  $g(x,y) = H[f(x,y)]$  (ver figura 1.1), la transformada de Fourier de la imagen degradada  $F(u,v) = \{g(x,y)\}$  y de acuerdo al desarrollo e implementación del filtro inverso [1][2][5][9], se puede tomar como válida la ecuación 1.1.

$$\hat{F}(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)} \quad (1.1)$$

donde  $\hat{F}(u,v)$  es la transformada de Fourier de la imagen restaurada,  $G(u,v)$  es el espectro de Fourier de la imagen degradada o aberrada y  $H(u,v)$  es la respuesta en frecuencia del filtro para restaurar la imagen. De tal forma que si se toma la transformada de Fourier para  $\hat{F}(u,v)$  se debe obtener la imagen restaurada  $\hat{f}(x,y)$ . En la práctica  $H(u,v)$  se selecciona de tal manera que su respuesta decaiga de forma suave y rápidamente como función de la distancia del origen en el plano  $(u, v)$  hacia su decaimiento.

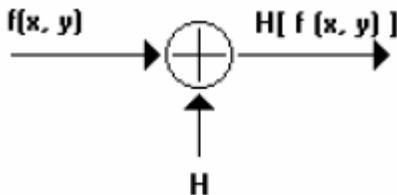


Figura 1.1. Modelo de degradación de imagen.

Si se considera el proceso de degradación por movimiento  $H[f(x,y)]$  para aberrar la imagen  $f(x,y)$ , por ejemplo con un corrimiento consecutivo de 67 píxeles a lo largo del eje de  $x$ , como si la cámara se moviese 67 píxeles a la izquierda, entonces el brillo de un segmento de línea en la escena con una longitud equivalente a 11 píxeles será almacenado por uno o varios píxeles. El resultado se puede ver en la figura 1.2.

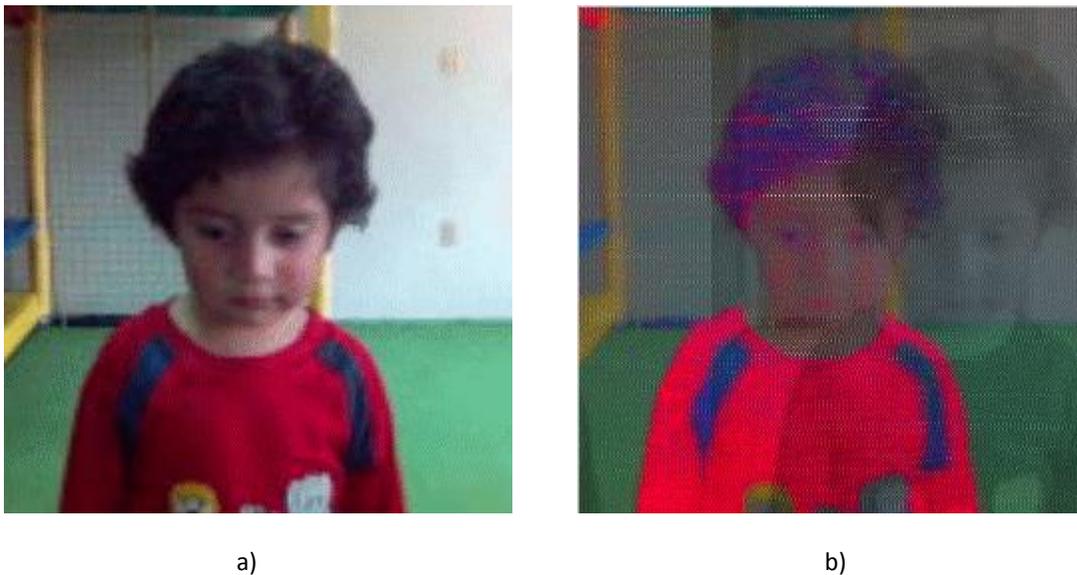


Figura 1.2. Imagen original de 256 x 256 x 256 píxeles, en espacio de color RGB a) normal y b) con movimiento de 67 píxeles.

## II. El problema.

De la imagen de la figura 1.1.b se puede observar como hay solapamiento de los píxeles, por lo que no se tiene el color deseado y existe el corrimiento de píxeles caracterizado por el movimiento propuesto de la cámara, como se ve en la imagen. La imagen degradada en términos de la imagen original se puede describir como

$$g(x, y) = \frac{1}{i_T} \sum_{k=0}^{i_T-1} f(x-k, y) \quad (2.1)$$

donde  $i_T$  es el número total de píxeles de corrimiento, la transformada de Fourier de la imagen degradada esta dada por la ecuación (2.2)

$$G(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{u=0}^{N-1} g(x, y) e^{-j2\pi\left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N}\right)} \quad (2.2)$$

Sustituyendo la ecuación 2.1 en 2.2 se obtiene

$$G(u, v) = \frac{1}{N} \frac{1}{i_T} \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{i_T-1} f(x-k, y) e^{-j2\pi\left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N}\right)} \quad (2.3)$$

Arreglando el orden de las sumatorias

$$G(u, v) = \frac{1}{i_T} \sum_{k=0}^{i_T-1} \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{u=0}^{N-1} f(x-k, y) e^{-j2\pi\left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N}\right)} \quad (2.4)$$

Donde

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{u=0}^{N-1} f(x-k, y) e^{-j2\pi\left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N}\right)} \quad (2.5)$$

es la transformada de fourier  $f(x,y)$  de con corrimiento en el eje  $u$  de la frecuencia, por lo tanto aplicando la propiedad de corrimiento de Fourier se tiene que es  $G(u,v)$

$$G(u, v) = \frac{1}{i_T} \sum_{k=0}^{i_T-1} F(u, v) e^{-j\frac{2\pi x}{N}k} \quad (2.6)$$

donde  $F(u,v)$  la transformada de Fourier de la imagen original. Como  $F(u,v)$  no depende de  $k$  puede extraerse de la sumatoria, quedando la ecuación 2.6 como

$$G(u, v) = F(u, v) \frac{1}{i_T} \sum_{k=0}^{i_T-1} e^{-j \frac{2\pi x}{N} k} \quad (2.7)$$

La función de transferencia del filtro es

$$H(u, v) = \frac{1}{i_T} \sum_{k=0}^{i_T-1} e^{-j \frac{2\pi x}{N} k} \quad (2.8)$$

La sumatoria del lado derecho de la ecuación 2.8 es una progresión geométrica con una razón entre términos sucesivos de

$$q \equiv e^{-j \frac{2\pi x}{N}} \quad (2.9)$$

Aplicando la ecuación

$$\sum_{k=0}^{n-1} q^k = \frac{q^n - 1}{q - 1} \Big|_{q \neq 1} \quad (2.10)$$

Aplicando la ecuación 2.10 a la ecuación 2.8 se obtiene la función de transferencia del filtro

$$H(u, v) = \frac{1}{i_T} \frac{\sin\left(\frac{\pi u}{N} i_T\right)}{\sin\left(\frac{\pi u}{N}\right)} e^{-j \frac{\pi u}{N} (i_T-1)} \quad (2.11)$$

Para cuando  $u = 1$  se tiene que  $q = 1$  y no se puede aplicar la ecuación 2.11, en lugar de ello se aplica

$$H(0, v) = 1 \Big|_{para \ 0 \leq v \leq N-1} \quad (2.12)$$

Se sabe que la transformada de Fourier de la imagen degradada es compleja y se puede expresar en su forma magnitud-fase por medio de la ecuación 2.12

$$G(u, v) = \sqrt{G_{real}^2(u, v) + G_{imag}^2(u, v)} \cdot e^{j\phi(u, v)} \quad (2.13)$$

Donde

$$\cos[\phi(u, v)] = \frac{G_{real}(u, v)}{\sqrt{G_{real}^2(u, v) + G_{imag}^2(u, v)}} \quad (2.14)$$

Y

$$\sin[\phi(u, v)] = \frac{G_{imag}(u, v)}{\sqrt{G_{real}^2(u, v) + G_{imag}^2(u, v)}} \quad (2.15)$$

Para obtener la transformada de Fourier de la imagen original se divide  $F(u, v)$  entre  $H(u, v)$  con lo que se obtiene la expresión de la ecuación 2.15

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} = \frac{\sqrt{G_{real}^2(u, v) + G_{imag}^2(u, v)}}{\sin\left(\frac{\pi u}{N} i_T\right)} i_T \cdot \sin\left(\frac{\pi u}{N}\right) \cdot e^{j\left[\phi(u, v) + \frac{\pi u}{N}(i_T - 1)\right]} \quad (2.16)$$

aplicando la ecuación de euler  $e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$  y luego las ecuaciones de  $\cos(a+b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$  y  $\sin(a+b) = \cos(a)\sin(b) + \sin(a)\cos(b)$  a la ecuación resultante y extrayendo los componentes complejos por separado para la parte real e imaginaria de  $\hat{F}(u, v)$ . se obtiene

$$F_{real}^{\wedge}(u, v) = i_T \sin\left(\frac{\pi u}{N}\right) \frac{G_{real}(u, v) \cos\left(\frac{\pi u}{N}(i_T - 1)\right) - G_{imag}(u, v) \sin\left(\frac{\pi u}{N}(i_T - 1)\right)}{\sin\left(\frac{\pi u}{N} i_T\right)} \quad (2.16)$$

$$F_{imag}^{\wedge}(u, v) = i_T \sin\left(\frac{\pi u}{N}\right) \frac{G_{real}(u, v) \sin\left(\frac{\pi u}{N}(i_T - 1)\right) + G_{imag}(u, v) \cos\left(\frac{\pi u}{N}(i_T - 1)\right)}{\sin\left(\frac{\pi u}{N} i_T\right)} \quad (2.17)$$

### III. Transformación entre espacios de colores.

De acuerdo a Reinhard [3] la conversión del espacio de color  $RGB$  al formato  $l\alpha\beta$  se tiene que pasar primero del espacio  $RGB$  al espacio  $LMS$  para ello se emplea la ecuación 3.1

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3811 & 0.5783 & 0.0402 \\ 0.1967 & 0.7244 & 0.0782 \\ 0.0241 & 0.1288 & 0.8444 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Una vez en este formato se les transforma a un espacio logarítmico para compactar el espacio  $L\alpha\beta$

$$\begin{aligned} L &= \log(L) \\ M &= \log(M) \\ S &= \log(S) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Establecidos los nuevos valores de  $LMS$  se aplica la ecuación 3.3 para entrar en el nuevo espacio de color

$$\begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.57735 & 0.57735 & 0.57735 \\ 0.40825 & 0.40825 & -0.81650 \\ 0.70711 & -0.70711 & 0.0000 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

La conversión inversa conlleva transformar del espacio  $l\alpha\beta$  al espacio  $LMS$ , aplicar potenciación y después de  $LMS$  a  $RGB$ , se comienza aplicando la ecuación 3.4

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.57735 & 0.40825 & 0.70711 \\ 0.57735 & 0.40825 & 0.70711 \\ 0.57735 & -0.81650 & 0.0000 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

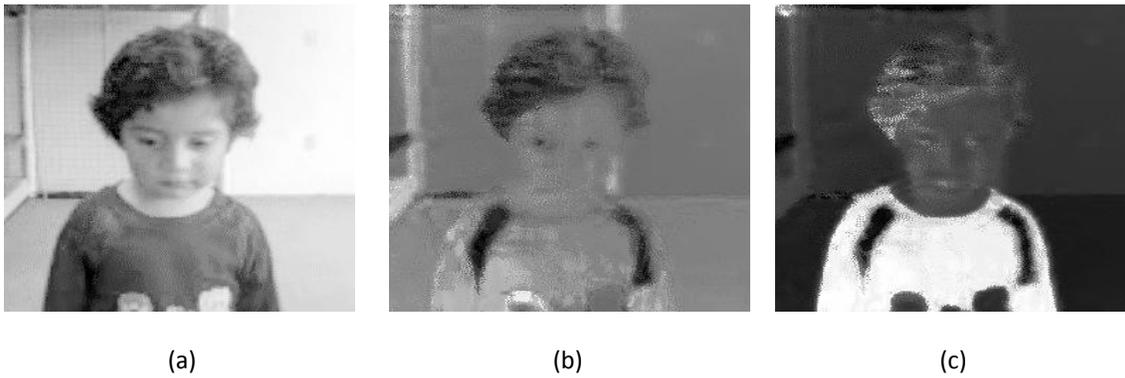
$$\begin{aligned} L &= 10^L \\ M &= 10^M \\ S &= 10^S \end{aligned} \quad (3.5)$$

y finalmente se devuelve la espacio de color *RGB* empleando la ecuación 3.6

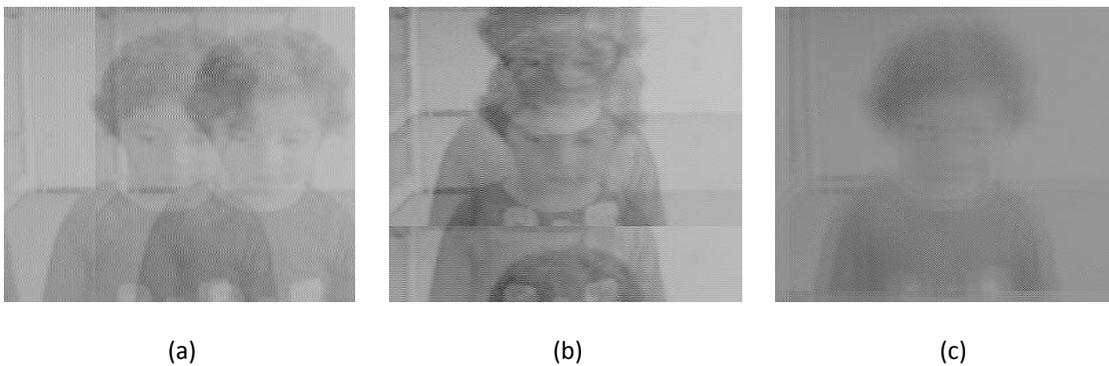
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.4679 & -3.5873 & 0.1193 \\ -1.2186 & 2.3809 & -0.1624 \\ 0.0497 & -0.2439 & 1.2045 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

#### IV. Resultados experimentales

La imagen de la figura 1.2.a se empleo para el experimento, es una imagen de 256 x 256 píxeles por 256 colores; en la figura 4.1 se presentan la conversión de la misma del espacio *RGB* al espacio de color  $l\alpha\beta$ . Para crear movimiento en el eje  $y$  de  $f(x,y)$  se sigue la metodología de la sección II y para los dos ejes se suman las respuestas para ambos.



**Figura 4.1.** Transformación del espacio de color *RGB* al espacio de color  $l\alpha\beta$ , a) luminancia, b) alfa y c) beta.

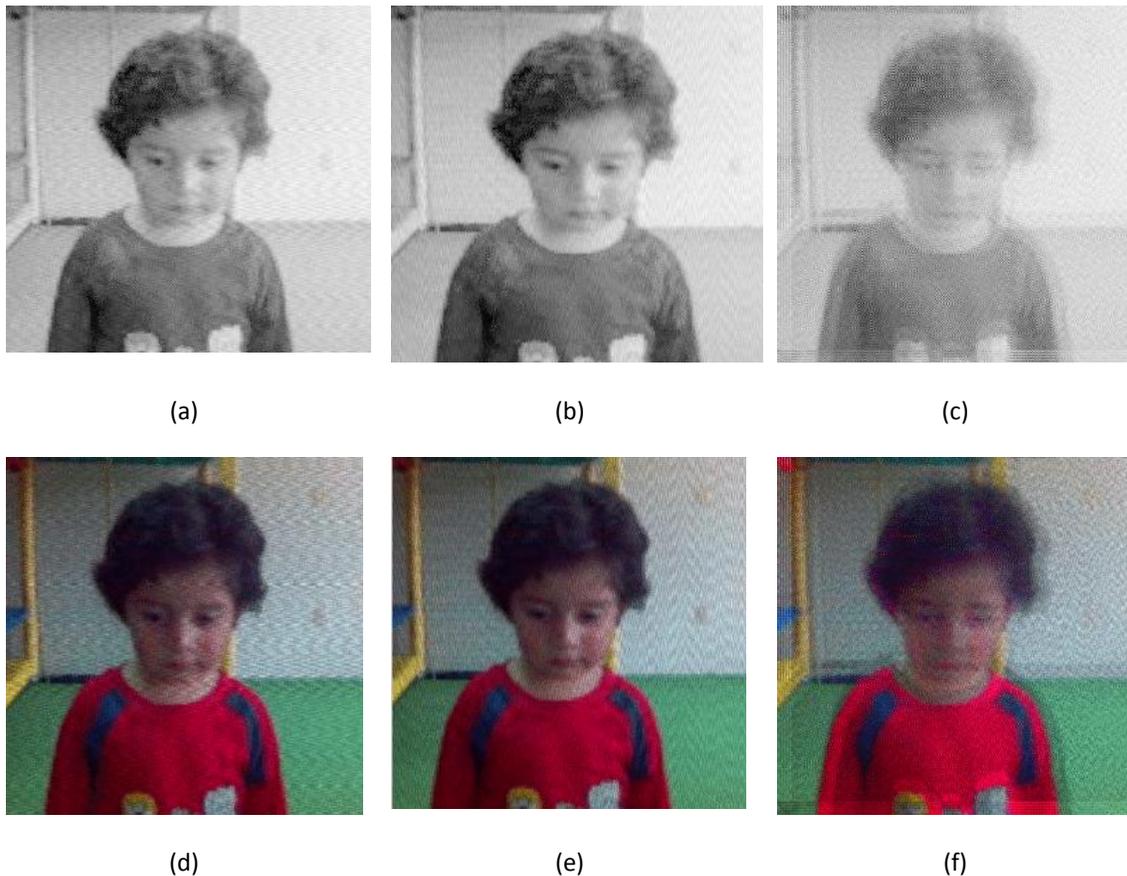




**Figura 4.2.** Degradación con movimiento vertical, horizontal y en ambos sentidos. a) 67 píxeles hacia la derecha, b) 67 píxeles hacia arriba, c) 11 x 11 píxeles a la derecha y hacia arriba, d) e) y f) son las transformaciones del espacio de color  $\alpha\beta$  al RGB de a), b) y c) respectivamente.

El proceso de degradación de la imagen se aplica a la imagen de luminancia del espacio de color  $\alpha\beta$  (figura 4.1.a) y se devuelve al espacio RGB (figura 4.2). La luminancia aberrada se procesa empleando las ecuaciones 2.16 y 2.17 tomando en cuenta que si  $\frac{u\pi}{N}i_T \neq 0.0$ , entonces se aplican las ecuaciones 2.16 y 2.17; en caso contrario  $\hat{F}_{real}(u, v) = G_{real}(u, v)$  y  $\hat{F}_{imag}(u, v) = G_{imag}(u, v)$ .

Los resultados se muestran en la figura 4.3 para cada uno de los casos de la figura 4.2. Como se puede observar de las imágenes en la figura 4.3 existen fantasmas provocados por el mismo proceso de filtrado inverso y los contornos de ellas se pierden un poco, por ello se empleó un algoritmo para suavizar las luminancias antes de ser transformadas del espacio  $\alpha\beta$  al color de espacio RGB.



**Figura 4.3.** Restauración del movimiento vertical, horizontal y en ambos sentidos. a) 67 píxeles hacia la izquierda, b) 67 píxeles hacia abajo, c) 11 x 11 píxeles a la izquierda y hacia abajo, d) e) y f) son las transformaciones del espacio de color  $\alpha\beta$  al RGB de a), b) y c) respectivamente.

## V. Conclusiones.

Cuando se incrementa el número de píxeles en el movimiento, es más notorio en la imagen restaurada que hay frecuencias espurias que se notan como fantasmas en ella; para cuando se incrementa la complejidad de restaurar movimiento para ambos ejes coordenados, se pierde una mayor cantidad de contornos y el color en la imagen se torna con más huella y el movimiento no desaparece.

Para desarrollo de investigación a futuro puede emplearse un filtro de Wiener para tratar de restaurar la imagen o desarrollar un algoritmo capaz de analizar y eliminar las frecuencias espurias dejadas. A pesar de dichas frecuencias las imágenes 4.3.a, 4.3.b y 4.3.c tienen una relación señal a ruido de 15 dBs, 14 dBs y 7 dBs respectivamente sobre la imagen de la imagen 4.1.a, con lo cual se infiere una mejora realce de la imagen, sin embargo lo que dice nuestra vista de ellas es muy contrario a un supuesto realce de las imágenes restauradas

## Referencias

- [1] Gonzalez, Rafael C.; Richard E. Woods; "Digital Image Processing"; Addison Wesley; páginas 270-278; 1993.

- [2] Petrou, Maria; Panagiota Bosdogianni; "Image Processing The Fundamentals"; Wiley; páginas 199-217; 2000.
- [3] Reinhard, Eric, Michael Ashikhmin, Bruce Gooch and Meter Shirley; "Color Transfer between Images"; IEEE Computers Graphics and Applications; páginas 34-41; September/October 2001.
- [4] Welsh, Tomihisa, Michael Ashikhmin, Klaus Mueller; "Transferring Color to Greyscale Images"; Association Computer Machinery, Inc; páginas 277-280; September/October 2001.
- [5] Castleman, Kennerh R.; "Digital Image Processing"; Prentice Hall-Pearson; páginas 387-430; 1996.
- [6] Ian T. Young, Jan J. Gerbrands, Lucas J. van Vliet; "Fundamentals of Image Processing"; Printed in The Netherlands at the Delft University of Technology; 1998
- [7] Ziya Telatar; "Image quality improvement using edge and distribution information of degraded image", Journal of Electronic Imaging 13(3), páginas 579– 585 (July 2004).
- [8] George Wolberg, Robert P. Loce; "Restoration of images scanned in the presence of vibrations"; Journal of Electronic Imaging 5(1), páginas 50– 65 (January 1996).
- [9] Hany Farid; "Fundamentals of Image Processing"; páginas 47-59; 1998

### **Extractos curriculares**

**Saúl de la O Torres** es Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por parte de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de IPN (1991), candidato a maestro en ciencias en electrónica por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN en la ciudad de México, D. F. (2001). Actualmente es profesor investigador del Departamento de Programación y Desarrollo de Sistemas de la Escuela Superior de Cómputo del IPN, México, y sus áreas de investigación son procesamiento digital de imágenes, inteligencia artificial y desarrollo de agentes inteligentes.

**María Elena Cruz Meza** es Ingeniera en Sistemas Computacionales por parte del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (1996), candidata a maestra en ciencias por parte del Centro de Investigaciones en Cómputo del IPN (2002). Actualmente es profesora investigadora del Departamento de Programación y Desarrollo de Sistemas de la Escuela Superior de Cómputo del IPN, y sus áreas de investigación son inteligencia artificial, reconocimiento de patrones y procesamiento digital de Imágenes.

**Jesús Yaljá Montiel Pérez** es maestro en ciencias en electrónica por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN en la ciudad de México, D. F. (2001) y Doctor por parte de la misma institución. Actualmente es profesor investigador del Departamento de Posgrado de la Escuela Superior de Cómputo del IPN, México, y sus áreas de investigación son laceres, inteligencia artificial y desarrollo de móviles inteligentes.

## 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. Debera presentase 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 para el envío

Envíe el archivo en extenso a la siguiente dirección electrónica:

romrodolfo@gmail.com

Los revisores técnicos le harán llegar sus observaciones y modificaciones, las cuales deberá realizar y reenviar el archivo corregido al correo romrodolfo@gmail.com.

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