

U R S I 2 0 0 7

XXII **Simposium Nacional de la
Unión Científica Internacional de Radio**

Universidad de La Laguna - Tenerife

19 - 21 Septiembre

Artículos

ULL

Universidad
de La Laguna



Educación: Nuevas tecnologías y herramientas III, Aula 1.11

Módulo para la docencia de sistemas de espectro ensanchado	74
Desarrollo de herramientas y aplicaciones docentes en la planificación de sistemas de comunicaciones móviles	75
Herramienta software para el autoaprendizaje de la propagación de señales ópticas en medios guiados	75
Análisis y mejora de la red inalámbrica de la UC. Auditoria de seguridad e integración con la iniciativa EduRoam	75
Aplicación de un SIG al entorno virtual de aprendizaje de la UOC	76

Fotónica y Comunicaciones Ópticas I, Aula 1.12

Asignación de capacidad dinámica en redes ópticas de acceso WDM radio sobre fibra	86
Enlace óptico no guiado para sistemas domóticos EIB	86
Sistema THSS para comunicaciones ópticas no guiadas compatible con enlaces IrDA	86
Medidas de Propagación en Canales Ópticos no Guiados en Interiores	87
Aplicación del método de descomposición de Fourier al análisis de dispositivos fotónicos z-periódicos	87
Optimización de Redes Ópticas WRON con Tolerancia a Fallos	87
Probability of error analysis of Random Optical Codes for Optical Code-Division Multiple-Access	88

Nuevos Servicios, Seguridad en las Comunicaciones I, Aula SP

Modo de encriptación de paquetes para sistemas inalámbricos de baja complejidad	97
Nuevo sistema de autenticación y autorización Wi-Fi basado en localización en interiores para entornos seguros	97
Efectos del traspaso sobre la calidad subjetiva de voz en redes inalámbricas convergentes	98
Rendimiento de un Sistema WMAN basado en el estándar IEEE 802.16d sobre canales SUI aplicando técnicas de diversidad espacio-temporales	98
Sistema de posicionamiento basado en bluetooth con calibrado dinámico	98
Implementación de un sistema de televisión digital interactiva de alta definición	99

Medidas de Propagación en Canales Ópticos no Guiados en Interiores

José Alberto Rabadán Borges, Julio Rufo Torres, Rafael Pérez Jiménez, Silvestre Rodríguez Pérez, Oswaldo B. González Hernández, Francisco Delgado, J.J. Jiménez, Jaime Sánchez-Páramo, Remo Tamayo, Héctor Guerrero 

En este trabajo se presentan los trabajos realizados en el entorno del proyecto OWLS de la ESA, con el fin de realizar una validación de los algoritmos de trazado de rayos que se utilizan en la simulación de la respuesta de canales ópticos no guiados. Estos algoritmos podrían utilizarse en otros entornos como el de las comunicaciones en espectro visible en entornos como la domótica.

Las medidas y simulaciones realizadas estaban encaminadas a la comprobación de la viabilidad de los sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas en el interior de satélites, de ahí las dimensiones y configuración del entorno de pruebas con obstáculos y materiales susceptibles de estar presentes en el interior de satélites.

De los resultados obtenidos se puede apreciar que los niveles de señal son aptos para permitir ese tipo de comunicaciones, así como la cercanía de los resultados simulados con los medidos en el entorno de medidas. No obstante, aparecen discrepancias en los resultados correspondientes a zonas con niveles de potencia óptica muy bajos, que son achacables a los límites de la instrumentación utilizada.

Aplicación del método de descomposición de Fourier al análisis de dispositivos fotónicos z-periódicos

Alejandro Ortega Moñux, Luis F. Zavargo Peche, J. Gonzalo Wangüemert Pérez, Íñigo Molina Fernández 

En este trabajo se ha aplicado una estrategia de discretización transversal de carácter global, basada en el espacio funcional de Fourier, al análisis bajo la aproximación escalar de dispositivos ópticos 3D con discontinuidades abruptas en la dirección de propagación. La técnica propuesta incluye condiciones de contorno PML tipo coordenada compleja y comparte con las diferentes versiones del Método de las Líneas el tratamiento del problema en dirección longitudinal, incluyendo el algoritmo de traslación del coeficiente de reflexión y la utilización de Modos Floquet para el análisis eficiente de estructuras periódicas como los fiber Bragg grating.

Optimización de Redes Ópticas WRON con Tolerancia a Fallos

Ramón J. Durán Barroso, Noemí Merayo Álvarez, Ignacio de Miguel Jiménez, Patricia Fernández Reguero, Juan Carlos Aguado Manzano, Rubén M. Lorenzo Toledo, Evaristo J. Abril Domingo 

Proponemos un nuevo algoritmo genético, basado en técnicas de optimización de Pareto, para diseñar la topología lógica en redes ópticas con encaminamiento por longitud de onda (WRON). El objetivo del método es minimizar la congestión y el número de recursos requeridos, y determinar el emplazamiento óptimo de dichos recursos. Además, el algoritmo ofrece protección frente a fallos reservando un conjunto de recursos de backup, con lo cual, la red puede continuar operando cuando aparezca un fallo en la misma. El algoritmo no sólo determina una solución sino que determina

MEDIDAS DE PROPAGACIÓN EN CANALES ÓPTICOS NO GUIADOS EN INTERIORES

J.A. Rabadán¹, J. Rufo¹, R. Pérez-Jiménez¹, S. Rodríguez², O. González², F. Delgado³,
J. J. Jiménez⁴, J. Sánchez-Páramo⁴, R. Tamayo⁴ y H. Guerrero⁴

jrabadan@dsc.ulpgc.es, jrufo@pas.ulpgc.es, rperez@dsc.ulpgc.es, srdguezp@ull.es, oghdez@ull.es,
fdrajo@dit.ulpgc.es, tamayogr@inta.es, guerreroph@inta.es

¹Centro Tecnológico para la Innovación en Comunicaciones, Dpto. de Señales y Comunicaciones, ULPGC, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria

²Dpto. de Física Fund. y Experimental, Electrónica y Sistemas, ULL, 38203, La Laguna, S/C de Tenerife

³Dpto. de Ingeniería Telemática, ULPGC

⁴Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Torrejón de Ardoz, 28850 MADRID

Abstract- In this work, measurements held in Laboratory so as to validate ray tracing algorithms, that are currently used for the estimation of the impulse response of the wireless infrared channel indoor channel. These measures have been performed as a part of an ESA project designed in order to test the feasibility of optical wireless communications inside satellites (project OWLS).

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales inconvenientes con el que se enfrenta la transmisión IR en un recinto cerrado es la limitación en la velocidad de transmisión debida, principalmente, a las múltiples reflexiones que sufre la señal en las paredes y otros obstáculos. Por este motivo, además de estudiar el balance de potencia, se hace necesario estudiar su distribución temporal. Ésta se ve principalmente caracterizada por la propagación a través de distintos caminos de réplicas de la señal original, que alcanzan al receptor con tiempos de propagación diferentes. Esto es lo que se conoce como dispersión debida a la multipropagación, y su efecto sobre la señal transmitida puede evaluarse a través de la respuesta impulsional.

Para poder caracterizar la respuesta de un sistema emisor-canal-receptor genérico se han propuesto varios métodos deterministas [1,2]. En [3,4] se presentó un algoritmo de trazado de rayos para el cálculo rápido, reduciendo el tiempo de simulación, de la respuesta impulsiva del canal infrarrojo no guiado en interiores, el cual asegura que cada uno de los rayos contribuye a la función de respuesta final tantas veces como reflexiones sufre en las superficies del recinto. Este algoritmo ha sido adoptado para estudiar la propagación en interiores a bordo de satélites, en concreto dentro de una iniciativa de la Agencia Espacial Europea, mediante un proyecto de investigación que lidera el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial que propone el diseño de redes de interconexión de sensores mediante canales ópticos no guiados.

En este trabajo se presenta un banco de medidas que permiten corroborar los resultados obtenidos mediante simulación. De esta manera nos permite validar la respuesta impulsional de un recinto cerrado, con un transmisor y

receptor localizados de manera arbitraria, para enlaces difusos y quasi-difusos. Para ello, se ha hecho uso del algoritmo de trazado de rayos anteriormente mencionado, se han incluido modelos de lentes, y se ha utilizado el modelo de Phong como modelo de reflexión [5].

En las siguientes secciones se describe la caracterización efectuada de las superficies reflectantes. A continuación se presenta la caracterización de los dispositivos emisores y receptores y por fin se presentan los resultados obtenidos en cuanto a medidas de propagación, efectuando una comparación con las simulaciones realizadas.

II. CARACTERIZACIÓN DE SUPERFICIES REFLECTANTES

El modelo usado trata de aproximar los patrones de reflexión al modelo de Phong. En este modelo, las características de las superficies se definen a través de tres parámetros: el coeficiente de reflexión global ρ , el porcentaje de de señal incidente que se refleja de forma difusa r_d y la directividad de la componente especular de reflexión m . Este modelo viene descrito por la expresión:

$$R_S(\theta, \theta') = \rho P_i \left(\frac{r_d}{\pi} \cos \theta + (1 - r_d) \frac{m+1}{2\pi} \cos^m(\theta - \theta') \right) \quad (1)$$

donde P_i representa la potencia óptica del rayo incidente, θ es el ángulo de observación y θ' representa el ángulo de incidencia. Se han caracterizado tres tipos de superficie: pintura blanca y negra y Capton-Mylar, cuyos patrones de reflexión se muestran en las figuras 1 y 2.

III. CARACTERIZACIÓN DE EMISORES Y RECEPTORES

El emisor usado en las medidas es un IRED Siemens SFH 4600-05. Este se caracteriza de cara a las simulaciones mediante su posición, orientación, y potencia total emitida, así como el patrón de intensidad radiada $R_E(\theta, \gamma)$. En la figura 3, se muestra el perfil de intensidad radiada $F_E(\theta, \gamma)$ medida en condiciones de laboratorio.

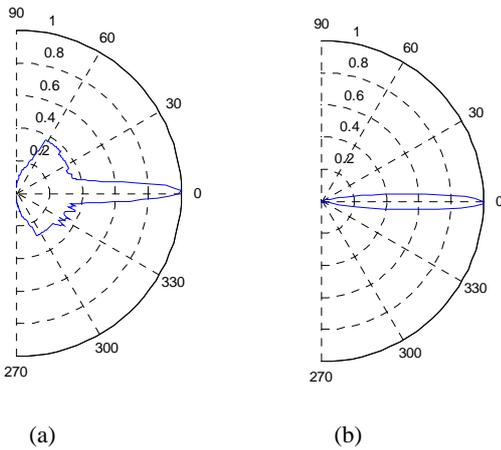


Figura 1. Perfiles de reflexión (normalizados) para pinturas blanca (a) y negra (b)

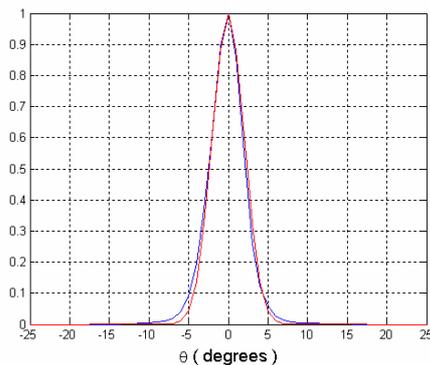
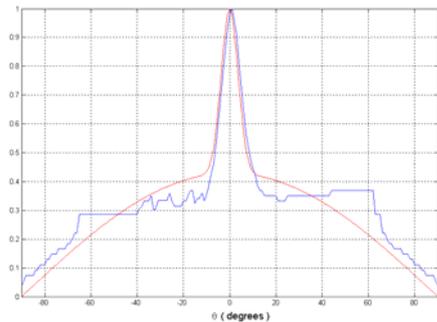
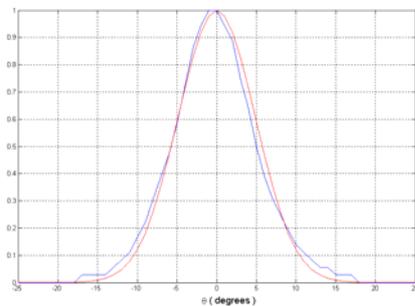


Figure 2. Patrones de radiación (a) pintura negra: $\rho = 0.04$, $r_d = 0$, $m = 138$. (b) pintura blanca: $\rho = 0.88$, $r_d = 0.43$, $m = 251$. (c) Capton-Mylar: $\rho = 0.803$, $r_d = 0$, $m = 822$. En todos los casos la línea azul representa los valores medidos (INTA) frente a los valores simulados en rojo.

La relación entre $R_E(\theta, \gamma)$ y $F_E(\theta, \gamma)$ puede expresarse como:

$$R_E(\theta, \gamma) = P_E I_0 F_E(\theta, \gamma), \quad 0 \leq \theta \leq \pi/2, \quad 0 \leq \gamma \leq 2\pi \quad (2)$$

donde P_E es la potencia total emitida e $I_0 = 1,26 \text{ W/sr}$, es la intensidad radiada por unidad de ángulo sólido en la dirección axial $\theta = 0^\circ$.

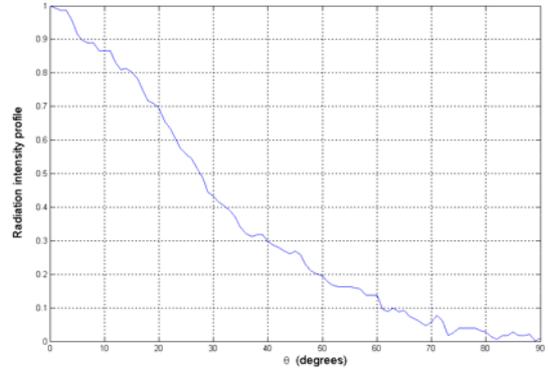


Figura 3. Perfil de intensidad radiada $F_E(\theta, \gamma)$ para un IRED Siemens SFH 4600-05.

Por lo que respecta al receptor, se caracteriza de modo similar al emisor, a través de su posición, orientación, área activa A_R y campo de visión FOV. Se simula un fotodiodo PIN de Si HAMAMATSU S5106, con un área active de 25 mm^2 y un FOV = 90° .

IV. MEDIDAS DE PROPAGACIÓN Y COMPARACIÓN CON SIMULACIONES

El plan de medidas efectuadas comprende varias configuraciones. Todas las medidas se efectúan en una caja de dimensiones $1,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ (figura 4). Esta caja presenta dos superficies pintadas de blanco y cuatro de pintura negra. El primer objetivo de este plan de medidas era evaluar el balance de potencia, mientras que en la fase que actualmente está en desarrollo se procede a medir la respuesta impulsiva. El balance de potencia se ha calculado mediante un amplificador Lock-in Stanford Research SR850.



Figura 4. Instalación donde se efectúan las medidas

Las configuraciones que se evalúan son:

- Caja vacía, con emisores en el suelo, en una esquina con 3 orientaciones de emisión y 8 posiciones de receptor.
- Caja vacía, con emisores en el suelo, en el centro esquina con 5 orientaciones de emisión y 7 posiciones de receptor.
- Caja parcialmente llena, con obstáculos pintados de blanco, de negro, o de capton-mylar, con emisores en el suelo, en una esquina con 3 orientaciones de emisión y 8 posiciones de receptor para cada tipo de obstáculos.

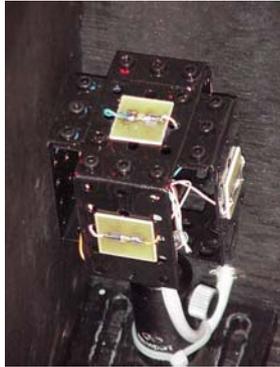


Figura 5. Instalación de tres emisores para las medidas

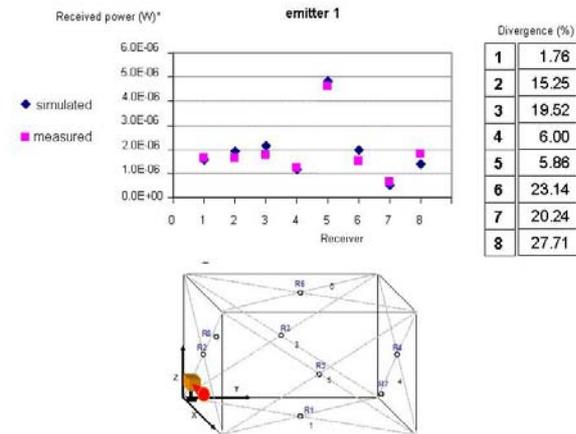


Figura 6. Potencia recibida, caja vacía y emisor orientado hacia una pared blanca, con la posición del emisor y receptor y la divergencia con los valores simulados

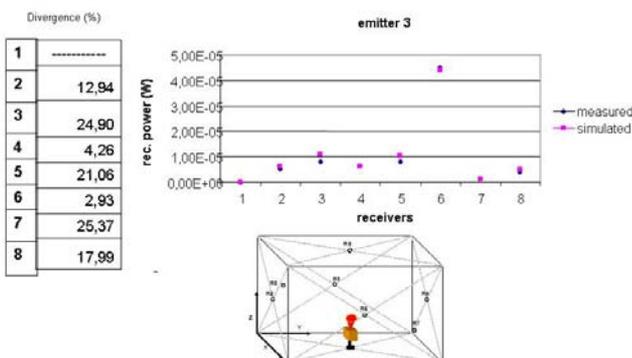


Figura 7. Potencia recibida, caja vacía y emisor en el centro orientado hacia el techo (blanco).

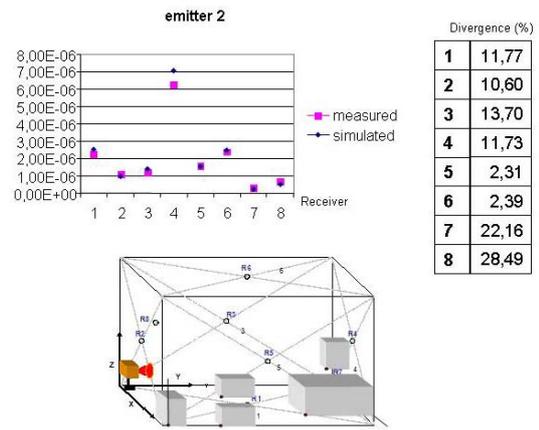


Figura 8. Potencia recibida, caja con obstáculos (pintura blanca) y emisor orientado hacia una pared negra.

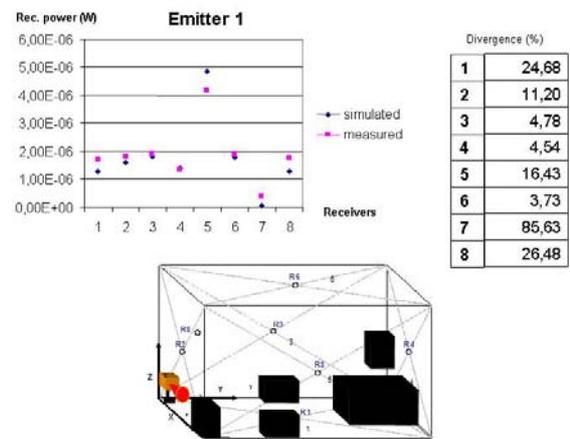


Figura 9. Potencia recibida, caja con obstáculos (pintura negra) y emisor orientado hacia una pared blanca.

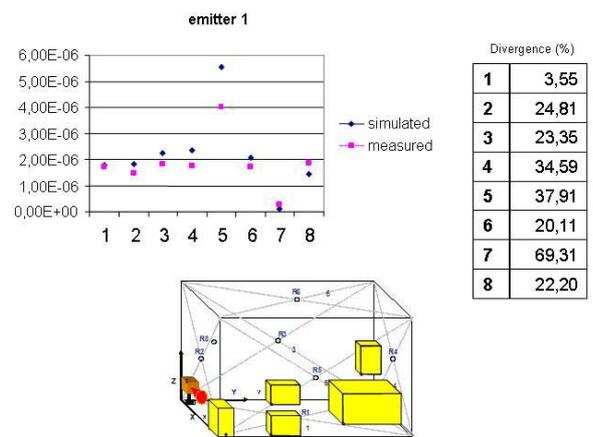


Figura 10. Potencia recibida, caja con obstáculos (mylar) y emisor orientado hacia una pared blanca.

Como puede observarse, la divergencia entre valores medidos y simulados puede deberse a distintas causas, que incluyen:

- La resolución de los equipos de medida (lo que es especialmente cierto cuando se consideran valores muy pequeños de potencia recibida, en el rango de los nW).
- La reflexión en el propio fotodiodo.
- Los errores de cuantificación cometidos en la caracterización de las pinturas o los componentes (cuando se simula el diagrama de radiación de los emisores mediante trazado de rayos). Estos errores pueden reducirse usando un número mayor de rayos, pero con un coste computacional adicional. Consideraciones sobre estos temas pueden encontrarse en [6].

Los resultados muestran que el modelo de trazado de rayos permite una buena aproximación del balance de potencia, incluso en presencia de obstáculos. Sin embargo, debe mencionarse que en la simulación de obstáculos cubiertos con Mylar los resultados no son tan ajustados, ya que la dependencia con las componentes de reflexión especular es muy acusada, y pueden producirse distorsiones debido a la presencia de arrugas en el material.

Se ha estudiado también el uso de filtros interferométricos con el fin de evaluar las posibilidades de usar técnicas de WMA. Sin embargo, se ha observado que su uso produce atenuaciones muy elevadas, lo que en la práctica dificulta su empleo en sistemas de comunicaciones en entornos reales.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los trabajos realizados en el entorno del proyecto OWLS de la ESA, con el fin de realizar una validación de los algoritmos de trazado de rayos que se utilizan en la simulación de la respuesta de canales ópticos no guiados. Estos algoritmos podrían utilizarse en otros entornos como el de las comunicaciones en espectro visible en entornos como la domótica.

Las medidas y simulaciones realizadas estaban encaminadas a la comprobación de la viabilidad de los sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas en el interior de satélites, de ahí las dimensiones y configuración del entorno de pruebas con obstáculos y materiales susceptibles de estar presentes en el interior de satélites.

De los resultados obtenidos se puede apreciar que los niveles de señal son aptos para permitir ese tipo de comunicaciones, así como la cercanía de los resultados simulados con los medidos en el entorno de medidas. No obstante, aparecen discrepancias en los resultados correspondientes a zonas con niveles de potencia óptica muy bajos, que son achacables a los límites de la instrumentación utilizada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado en parte por la Agencia Espacial Europea (proy. AOE84.AO.PT.84876.05) y por el MEC (proyecto TIC2003-07005). El laboratorio de optoelectrónica del INTA ha realizado la caracterización de la mayoría de los materiales y dispositivos, y desea agradecer a M. Fernández-Rodríguez su ayuda con las medidas de reflexión de las

pinturas. Estas medidas se han financiado en parte mediante los proyectos ESA 19545/06/NL/GLC, PNE - Optomag MANTIS, ESP 2005 05278. Los autores desean agradecer al profesor F.J. López Hernández de la ETSIT-UPM su asesoramiento y colaboración a lo largo de este proceso.

REFERENCIAS

- [1] J.R. Barry, J.M. Kahn, E.A. Lee, D.G. Messerschmitt. "Simulation of Multipath Impulse Response for Indoor Wireless Optical Channels". *IEEE J. on Selected Areas in Communications*, vol. 11(3), pp367-379, April 1993.
- [2] F.J. Lopez-Hernandez, M.J. Betancor, "DUSTIN: a Novel Algorithm for the Calculation of the Impulse Response on IR Wireless Indoor Channels", *Electronic Letters*, 33, nº 21, pp. 1804-1805, 1997.
- [3] F.J. Lopez-Hernandez, R. Perez-Jimenez, A. Santamaria. "Modified Montecarlo scheme for high-efficiency simulation of the impulse response on diffuse IR wireless indoor channel", *Electronic Letters*, Vol. 34, nº 19, pp. 1819-1821, 1998
- [4] F.J. Lopez-Hernandez, R. Perez-Jimenez, A. Santamaria. "Ray-Tracing Algorithms for Fast Calculation of the Channel Impulse Response on Diffuse IR-Wireless Indoor Channels". Aceptado para publicación. SPIE. Optical Engineering.
- [5] C.R. Lomba, R.T. Valadas, A.M. de Oliveira Duarte. "Experimental characterisation and modelling of the reflection of infrared signals on indoor surfaces". *IEE Proc.-Optoelectron.*, vol. 145, nº 3, June 1998.
- [6] O. González, S. Rodríguez, R. Pérez-Jiménez, A. Ayala, B.R. Mendoza, "Error analysis of the simulated impulse response on indoor wireless optical channels using a Monte Carlo-based ray tracing algorithm", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 53 , nº 1, pp. 124-130, Jan. 2005.