

# **PRISMA** **TECNOLÓGICO**

*En esta edición:*

**La Evolución de la forma y estructura de las Galaxias: ¿cómo eran hace 6 mil millones de años?**

**Telecomunicaciones móviles cambiando el tiempo y el espacio**

**El manejo de la energía en las industrias de hoy**

**Simulador de entornos DSSS-CDMA**

**Además...**

**Biografías  
Nikola Tesla  
James Clerk Maxwell**



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

## OFERTA ACADÉMICA

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en todas sus carreras.

Actualmente la UTP posee una oferta académica de gran relevancia y variedad al ofrecer, en Panamá, novedosas carreras en Programas de Maestrías y Postgrados dirigidos hacia las áreas Administrativas y Financieras de la Industria, Ingeniería, Ciencias y Tecnología.

[www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)

Tels.: (507) 560-3000  
Campus Universitario  
Víctor Levi Sasso  
Ciudad de Panamá



## Programas de Postgrados y Maestrías

### FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Maestría y Postgrado en Ingeniería Estructural.  
Maestría y Postgrado en Ingeniería Ambiental.  
Maestría y Postgrado en Administración de  
Proyectos de Construcción.

#### Para mayor información:

Ing. David Cedeño / Tel.: 560-3006  
Ing. Neida Blake / Tel.: 560-3032  
david.cedeno@utp.ac.pa  
neida.ceballos@utp.ac.pa  
Visítenos en: <http://www.fic.utp.ac.pa/>

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Postgrado en Alta Gerencia  
Postgrado en Logística  
Postgrado en Formulación, Evaluación y  
Gestión de Proyectos.  
Maestrías en Dirección de Negocios con  
especialización en:  
-Estrategia Gerencial  
-Mercadeo Estratégico  
-Gerencia en Recursos Humanos  
-Administración de Sistemas de Información  
-Economía de las Empresas  
Maestría en Sistemas Logísticos y Operaciones  
con Especialidad en:  
-Planificación de la Demanda  
-Centros de Distribución  
Maestría en Gestión de Proyectos con  
especialización en:  
-Administración  
-Evaluación

#### Para mayor información:

Coordinación de Postgrado y Maestría:  
560-3145 / 560-3386  
israel.ruiiz@utp.ac.pa  
elizabeth.salgado@utp.ac.pa  
marta.caballero@utp.ac.pa  
Visítenos en: [www.fii.utp.ac.pa](http://www.fii.utp.ac.pa)

### FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Postgrado en Ing. Electrónica digital  
Postgrado en Telecomunicaciones  
Maestría en Ing. Eléctrica con Especialización  
en Potencia Eléctrica.  
Maestría en Ing. Eléctrica con Especialización  
en Electrónica Digital y Automatización.  
Maestría en Ing. Eléctrica con Especialización  
en Telecomunicaciones.

#### Para mayor información:

Vice Decano Investigación Postgrado y  
Extensión:  
Alcibíades Mayta / Tel.: 560-3047  
Coord. de Postgrado:  
Salvador Vargas / Tel.: 560-3047

alcibíades.mayta@utp.ac.pa  
salvador.vargas@utp.ac.pa  
Visítenos en: <http://www.fie.utp.ac.pa/>

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES.

Maestría de Gestión de servicios de información  
Documental.  
Postgrado/Maestría en Redes de Comunicación de  
Datos.  
Postgrado/Maestría en Informática.  
Postgrado/Maestría en Ingeniería del Software  
Aplicada.  
Postgrado/Maestría Auditoría de Sistemas y  
Evaluación de Control Informático.  
Maestría en Ciencias de la Tecnología de la  
Información y Comunicación (Diurno).

#### Para mayor información:

Vice Decana Investigación Postgrado y Extensión  
Licda Lydia Toppin / Tel.: 560-3606  
Coord. de Postgrado  
Maria Raquel de Guizado / Tel.: 560-3657  
lydia.holmes@utp.ac.pa  
maria.lopez@utp.ac.pa  
Visítenos en: <http://www.fisc.utp.ac.pa>

### FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Maestría en Ingeniería de Plantas y Mantenimiento  
de Plantas.  
Maestría en Energía Renovable y Ambiente.  
Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con  
Especialización en Manufactura y Materiales.  
Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con  
Especialización en Automatización y Robótica.

#### Para mayor información:

Facultad de Ingeniería Mecánica  
Coordinación de Postgrado y Maestría  
Tel.: 560-3105  
Correo Electrónico: [postgrado.fim@utp.ac.pa](mailto:postgrado.fim@utp.ac.pa)  
Visítenos en: <http://www.fim.utp.ac.pa/>

### FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Profesorado en Educación Media y Premedia en  
Ciencias y Tecnología con Especialización en el Área.

#### Para mayor información:

Coord. de Postgrado  
Ildeman Abrego  
Keila Rojas  
ildeman.abrego@utp.ac.pa  
keila.rojas@utp.ac.pa  
Visítenos en: <http://www.fct.utp.ac.pa>  
Coordinación de Doctorado  
Ing. Gabriel Vergara / Tel.: 560-3351  
Correo Electrónico: [gabriel.vergara@utp.ac.pa](mailto:gabriel.vergara@utp.ac.pa)

“Camino a la excelencia a través del mejoramiento continuo”.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

## Carreras Universitarias de Pregrado

### Oferta Académica

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.

La Prueba de Actitudes Académicas (PAA), se realizará el sábado 5 de septiembre en las respectivas Sedes Regionales y el 12 de septiembre en la sede principal ubicada en la ciudad de Panamá.

Para mayor información:

[www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)

Tels.: (507) 560-3000

Campus Universitario  
Víctor Levi Sasso



#### FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Licenciatura en Ingeniería Agrícola.  
Licenciatura en Ingeniería Civil.  
Licenciatura en Ingeniería Geomática.  
Licenciatura en Ingeniería Ambiental.  
Licenciatura en Ingeniería Marítima y Portuaria.  
Licenciatura en Operaciones Marítimas y Portuarias.  
Licenciatura en Dibujo Automatizado / *Título intermedio de Técnico en Ingeniería con especialización en Dibujo Automatizado.*  
Licenciatura en Edificaciones / *Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Edificaciones.*  
Licenciatura en Tecnología de Riego y Drenaje.  
Licenciatura en Saneamiento y Ambiente / *Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Saneamiento y Ambiente.*  
Licenciatura en Topografía / *Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Topografía.*  
*Técnico en Ingeniería con especialización en Riego y Drenaje.*



#### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Licenciatura en Ingeniería Industrial.  
Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial.  
Licenciatura en Mercadeo y Comercio Internacional.  
Licenciatura en Recursos Humanos y Gestión de la Productividad / *Título intermedio de Técnico en Recursos Humanos y Gestión de la Productividad.*  
Licenciatura en Gestión de la Producción Industrial / *Título intermedio de Técnico en Ingeniería con espec. en Gestión de la Producción Industrial.*  
Licenciatura en Logística y Transporte Multimodal / *Título intermedio de Técnico en Logística y Transporte Multimodal.*  
Licenciatura en Gestión Administrativa / *Título intermedio de Técnico en Administración.*



#### FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Licenciatura en Ingeniería Eléctrica y Electrónica.  
Licenciatura en Ingeniería Electromecánica.  
Licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.  
Licenciatura en Sistemas Eléctricos y Automatización.  
Licenciatura en Electrónica Digital y Control Automático.  
Licenciatura en Electrónica y Sistemas de Comunicación.



#### FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Computacionales.  
Licenciatura en Ingeniería de Sistemas de Información.  
Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación.  
Licenciatura en Tecnología de Programación y Análisis de Sistemas.  
Licenciatura en Desarrollo de Software / *Título intermedio de Técnico en Desarrollo de Software.*  
Licenciatura en Redes Informáticas / *Título intermedio de Técnico en Redes Informáticas.*  
Técnico en Informática para la Gestión Empresarial.



#### FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Licenciatura en Ingeniería Mecánica.  
Licenciatura en Ingeniería de Mantenimiento.  
Licenciatura en Mecánica Industrial.  
Licenciatura en Tecnología Mecánica.  
Licenciatura en Refrigeración y Aire Acondicionado / *Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Refrigeración y Aire Acondicionado*  
Licenciatura en Mecánica Automotriz / *Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Mecánica Automotriz.*  
Licenciatura en Administración de Aviación.  
Licenciatura en Administración de Aviación con Opción a Vuelo.  
Técnico en Ingeniería de Mantenimiento de Aeronaves con especialización en Aviónica y Fuselaje.  
Técnico en Ingeniería de Mantenimiento de Aeronaves con especialización en Motores y Fuselajes.  
Técnico en Despacho de Vuelo.  
Técnico en Servicios de Aerolíneas.



#### FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

Licenciatura en Ingeniería de Alimentos  
Profesorado en Educación Media y Premedia en Ciencias y Tecnología *con especialización en la carrera de estudio.*  
Licenciatura en Comunicación Ejecutiva Bilingüe / *Título intermedio de Técnico en Comunicación Ejecutiva Bilingüe.*

**“Camino a la excelencia a través del mejoramiento continuo”.**

## Editorial



Queridos lectores, bienvenidos a la primera edición 2010 de Prisma Tecnológico, la publicación técnico-científica semestral de la Universidad Tecnológica de Panamá. En

esta edición, incluimos interesantes temas sobre las telecomunicaciones, los sistemas de información y los sistemas de energía eléctrica.

Se tienen artículos sobre el impacto de las telecomunicaciones en nuestras vidas, la evolución de las redes ópticas de comunicación, la evolución de los sistemas de cuarta generación celulares y la tecnología actual de voz sobre IP. También, en nuestra sección de I+D, incluimos un trabajo de desarrollo de una interfaz gráfica para el estudio de los sistemas de espectro expandido por secuencias directas. Además, se abordan importantes temas sobre ahorro energético y calidad de energía.

Como especiales de esta edición, incluimos una entrevista de gran interés con el Dr. Ceferino Sánchez, Ph.D., ex-rector de la Universidad de Panamá, y un artículo especial de investigación sobre la evolución de las galaxias.

Esperamos seguir siendo una ventana a la actualidad sobre tecnología y temas de interés técnico-científicos para la sociedad.

Fue un placer trabajar con los autores de los artículos incluidos en esta edición, y me gustaría expresar mi aprecio a cada uno de ellos y agradecerles su esfuerzo y tiempo por contribuir con esta edición.

Esperamos que disfruten todos estos artículos y deseo invitarlo, estimado lector, a que me escriba a mi correo electrónico sus comentarios y sugerencias, así como sus contribuciones, que serán de gran valor para nosotros.

Confío en que esta edición será de su completo agrado.

Dr.-Ing. Carlos A. Medina C.  
Universidad Tecnológica de Panamá  
Facultad de Ingeniería Eléctrica  
carlos.medina@utp.ac.pa  
prisma@utp.ac.pa

# Contenido

# PRISMA TECNOLÓGICO

## 5 Impacto



- Telecomunicaciones Móviles cambiando el tiempo y el espacio

## 9 Tec-Noticias



- Ciegos Recuperan Parcialmente la Vista con Chip en la Retina
- Internet Interplanetaria
- DVD Penta-dimensional podría almacenar 1.6 Terabytes
- Sondas Activadas por Láser para Experimentos Cerebrales
- Uso de Ondas Cerebrales para Escribir en una Computadora

## 11 Actualidad Tecnológica



- Evolución de las Redes Ópticas
- 4G: Expectativas, Aplicaciones y Retos Existentes en su Implementación
- Voz sobre Protocolo de Internet, VoIP

## 23 Entrevista



- Huellas de un Docente  
Entrevista con el  
Dr. Ceferino Sánchez, Ph.D.

# Contenido

# PRISMA TECNOLÓGICO

## 26 Tecnología y Sociedad



- El Estandar IEEE 1100 Libro Esmeralda
- El Manejo de la Energía, más que una Alternativa, una Prioridad para la Gerencia de las Industrias de Hoy

## 31 Tecnología a Fondo



- Las Ontologías y el Lenguaje OWL 2

## 35 Tecno I + D



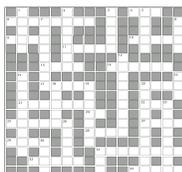
- La Evolución de la Forma y Estructura de las Galaxias: ¿Cómo eran hace 6 mil millones de años?
- Simulador de Entornos DSSS-CDMA

## 45 Biografías



- Nikola Tesla
- James Clerk Maxwell

## 47 Entretenimiento



- Rompecabezas, Laberinto, Crucigrama

Fe de errata

En el Artículo "Medidas de Ahorro Energético adoptadas en la U. T. P." de la Edición 2009 de La Revista Prisma, Volumen 1 , N°1; el Ing. Gilberto Ortíz es co- autor del mismo.

## AUTORIDADES

**Ing. Marcela Paredes de Vásquez**  
Rectora

**Ing. Luis Barahona G.**  
Vicerrector Académico

**Dr. Martín Candanedo**  
Vicerrector de Investigación,  
Postgrado y Extensión

**Ing. Myriam González B.**  
Vicerrectora Administrativa

## COMITÉ TÉCNICO

**Dr. Carlos A. Medina C.**

**Dr. Edilberto Hall, Ph. D.**

**Ing. Alcibiades Mayta, M.Sc.**

**Ing. Víctor López**

## COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA

**Mgter. Rubis de Hall**

Directora de Comunicación Estratégica

Diagramación e Impresión

**Técnico Rafael Saturno**

Jefe de Diseño Gráfico

**Licda. Xenia Araúz**

Jefa de Imprenta

**Miguel Ulloa**

Diagramación y Portada

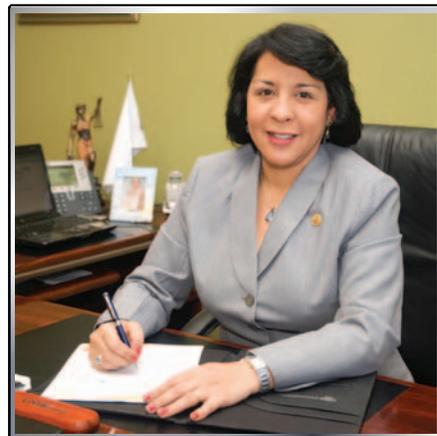
Colaboradores

**Licda. Vielka Montalvo**

Asistente Ejecutiva-DICOMES

**Licdo. Carlos Rowe**

Periodista-DICOMES



## Mensaje de la Rectora

**Ing. Marcela P. de Vásquez**

RECTORA  
Universidad Tecnológica  
de Panamá

Amigas y amigos lectores:

Me complace saludarles, con motivo de la publicación de la segunda edición de nuestra Revista Prisma, espacio que aborda temas de corte científico y tecnológico, sin perder de vista el toque humanístico.

Al igual que la primera vez, en que Prisma vio la luz, cada tema invita a ser leído porque son variados, actuales y pertinentes.

Espero que disfruten su lectura y exhorto a la comunidad universitaria, en especial a los docentes investigadores, a sumarse a este esfuerzo con sus escritos; los espero a todos en la próxima edición.

Ing. Marcela Paredes de Vásquez  
Rectora

# Telecomunicaciones Móviles Cambiando el Tiempo y el Espacio

**Dr.-Ing. Carlos A. Medina C.**

Universidad Tecnológica de Panamá  
carlos.medina@utp.ac.pa



*¿Son los teléfonos celulares una necesidad, herramientas para vivir y trabajar, artefactos de moda y diversión, un símbolo de identidad, o todas estas cosas? Algo sí es seguro, los sistemas de comunicación inalámbrica móvil son la tecnología de comunicación que mayor y más rápido crecimiento ha tenido en la historia, y están revolucionando la*

*forma como trabajamos, nos comunicamos y socializamos. Estas tecnologías y las tecnologías asociadas como redes personales, de área local y de área amplia son una fuerza que dirige el avance de la sociedad y la economía mundial. En este artículo trataremos cómo funcionan los sistemas de comunicaciones móviles, su evolución y su impacto en nuestras vidas.*

## Introducción

Debido a que la comunicación está en el corazón de la actividad humana en todas las esferas de la vida, los sistemas de telecomunicación móvil tienen un impacto significativo en la sociedad, ya que han permitido la comunicación multimodal (incluyendo audio, video, y texto) desde cualquier punto a otro en cualquier instante, siempre que exista la infraestructura apropiada.

A nivel mundial, existen más de 4 mil millones de usuarios de sistemas de telefonía celular, lo que representa una razón de penetración de 50% en la población del planeta como un todo. Así, la telefonía celular se ha convertido en el modo común de comunicación móvil, resultando su impacto en la brecha digital, al menos en términos de acceso, mucho más significativo que el que se tiene con el Internet. Es más, gracias a la rápida difusión de la telefonía móvil de banda ancha que permite soportar una comunicación multimodal de alta velocidad, se podrá liberar Internet de algunas de las limitaciones impuestas por la infraestructura de líneas fijas, y permitir su distribución por medio de redes inalámbricas móviles.

Las comunicaciones móviles son un fenómeno que está transformando la estructura de la organización global así como la intimidad de la vida ordinaria, dándose algunos cambios significativos en las rutinas personales y la organización social. Así, esta tecnología afecta profundamente el tiempo, el espacio y el proceso de la vida diaria.

Actualmente, un teléfono móvil no es solamente un teléfono, es un dispositivo multifuncional, cuyos usos van más allá de voz y mensajes de texto. Incluyen música, calendario, reloj, alarma de reloj, calculadora, juegos, también es una terminal de PC para interactuar con la Web y el Internet. Otros usos incluyen televisión, servicios de citas sociales, centro de juegos, repositorio de datos

médicos, monitorización de la salud del usuario y servicios interactivos de geolocalización, y hasta un portal para publicidad.

Hay siempre usos novedosos y sorprendentes para los dispositivos móviles, y muchos no son imaginables así como tampoco sus consecuencias.

Las comunicaciones móviles se convertirán en una parte esencial de nuestra vida diaria, siendo omnipresentes y transparentes como el aire, pero las personas no serán conscientes de eso. Particularmente, serán de gran importancia las comunicaciones multimedia, el acceso inalámbrico a redes fijas de banda ancha, y la libertad de conectividad entre diferentes sistemas.

A continuación se explica, en forma general, cómo funciona una red de comunicación móvil, se describe la evolución y el futuro de estos sistemas y finalmente, se tratan algunas de las múltiples aplicaciones de esta tecnología y su impacto en la sociedad.

## Redes de Telecomunicación Móvil

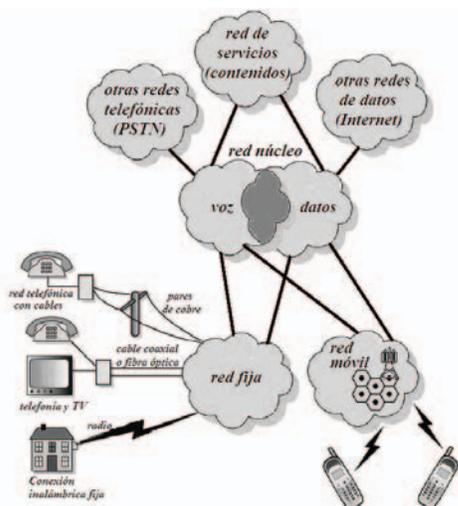
El término telecomunicaciones incorpora muchas áreas: las comunicaciones de voz, de datos, los sistemas de radio, de navegación, las redes de difusión, las redes fijas y las redes móviles. Estas últimas se usan muy pocas veces como una tecnología aislada, y generalmente existen en relación a tecnologías como las líneas telefónicas fijas, infraestructuras de cable físico, sistemas satelitales y el Internet.

Los términos fijo y móvil para caracterizar una red de telecomunicaciones se refieren al tipo de enlace entre la red del proveedor de servicios y el usuario, también conocido como última milla. Esta conexión puede ser fija, si los equipos del usuario permanecen fijos en una localidad (teléfono, TV, radio receptor) y éstos se conectan por algún medio físico como cables de cobre, coaxiales o de fibra óptica, o por enlaces de radio (microondas) a la red de telecomunicaciones. Por otro lado, el enlace al usuario puede ser móvil, basado en técnicas de transmisión de radio que permiten la movilidad del usuario.

Los avances en la tecnología y la administración del espectro de radio han llevado al desarrollo de las redes de radio celulares, permitiendo redes para soportar muchos usuarios sobre grandes áreas. Aunque se pueden usar muchas tecnologías de radio diferentes para implementar canales de radio en un sistema celular, el término celular se refiere generalmente a las redes de telefonía móvil.

Toda red de telecomunicaciones puede ser dividida simplemente en tres elementos básicos: el terminal de usuario, la red de acceso y la red núcleo. Como se ilustra en la Figura 1, algunas partes de la red tratan con la conexión al usuario (red de acceso) y otras tratan con la administración de los usuarios y servicios que éstos desean consumir (red núcleo).

En la parte central de la red o red núcleo, es donde se obtiene el acceso a los servicios, y ésta es generalmente la parte más grande y complicada. La red núcleo es un sistema complejo de conmutadores, interfaces, bases de datos y sistemas de transmisión, todos diseñados para ofrecer al usuario de la red un servicio de algún tipo. La forma más básica de servicio sería una llamada telefónica de voz de marcación directa, un servicio relativamente simple para el usuario, pero uno que aún requiere una gran complejidad en las redes.



**Figura 1: Red de Telecomunicaciones: redes fijas y móviles.**

Los sistemas modernos generalmente separan la red núcleo en dos áreas distintas: servicios de voz y servicios de datos. La parte concerniente con la voz trata principalmente con el enrutamiento de llamadas telefónicas y aquellos servicios normalmente asociados con la telefonía, como llamada en espera, etc. En la red núcleo también se trata con las conexiones a sistemas telefónicos externos tales como los sistemas públicos de telefonía (PSTN) u otras redes móviles o redes internacionales. El lado de datos de la red núcleo trata con las conexiones de datos y el enrutamiento de los mismos para conectar terminales de datos. También soporta conexiones externas, comúnmente a Internet pública o a redes locales asociadas con sistemas de negocios.

Las redes de acceso pueden ser fijas o móviles y están allí para proveer el acceso a la red núcleo y obtener los servicios. La red de acceso fija consiste de cables y alambres, y también se pueden tener enlaces de radio pero los dispositivos terminales son fijos; mientras que la red de acceso móvil consiste de enlaces de radio con dispositivos (de usuario) móviles, que les permiten al usuario tener la libertad de moverse donde quiera dentro del área de cobertura del sistema de radio y esperar comunicarse con la red. Esto es posible por la ubicación de estaciones base alrededor del área donde se requiere el servicio, las cuales envían y reciben las señales de radio hacia y desde los terminales de usuario. Las estaciones base se arreglan de tal forma que cada una tiene responsabilidades para proveer un área geográfica particular con cobertura de radio. Estas regiones se llaman celdas (o células), y por eso tales redes se describen como redes celulares. Es este concepto celular el que permite expandir considerablemente la capacidad de la red móvil por medio de la reutilización de frecuencias en celdas no contiguas, economizando el escaso espectro disponible. Si un usuario realiza una llamada telefónica y deja un área de cobertura (o celda) y entra en otra, la llamada será traspasada o transferida para asegurar que el usuario experimente un servicio continuo.

Los satélites también pueden ser parte de la red de acceso por radio, ya que los mismos son simplemente estaciones base de radio que orbitan la Tierra en lugar de estar fijas en el suelo.

Las redes de acceso de radio están más comúnmente asociadas

con los sistemas de telefonía celular, pero los sistemas de radio PMR (Private Mobile Radio) y otros tales como los buscadores (pagers) pueden ser considerados sistema de radio móviles.

Entre los servicios que brindan los sistemas móviles están: el servicio básico de voz (llamadas telefónicas), servicio de mensajes cortos (el cual es muy popular y ha evolucionado de simples mensajes de texto a transferencia de imágenes, logos, ringtones, screensavers), identificación de llamadas, llamadas en espera, contestador de llamadas, grabación de llamadas, servicio de asistencia personal, acceso a Internet, mensajería de texto avanzada, teleconferencia, entre otros.

## Evolución

Aún cuando la historia de las comunicaciones móviles, desde el descubrimiento de las ondas de radio, es fascinante, aquí sólo nos referiremos a la historia de las sucesivas generaciones de sistemas de telefonía celular.

Esta historia se inicia con el desarrollo de la radio-telefonía móvil para vehículos que se introdujo en los EU al final de los 1940s, y se diseñó para conectar usuarios móviles en automóviles a la red pública fija. Aparecieron varios sistemas de telefonía móvil en Suecia, EU y Rusia, pero no fue hasta 1960 cuando se desarrollaron los sistemas de telefonía celular con el avance de la electrónica necesaria. En la década de 1960, se lanzó un sistema llamado IMTS (Servicio de Telefonía Móvil Mejorado) por Bell Systems, que trajo muchas mejoras a la telefonía móvil como la marcación directa y un ancho de banda mayor. Además, durante los 1970s la invención y desarrollo de las tecnologías de semiconductores y microprocesadores permitieron hacer sistemas móviles más sofisticados, de menor tamaño y peso; reducir los costos; y la digitalización del enlace de control entre el teléfono móvil y la estación base. Todo esto permitió el desarrollo e implementación de la primera generación (1G) de sistemas celulares. El IMTS sirvió como base para el primer estándar civil de telefonía celular moderna que comenzó a especificarse en Escandinavia, llevando al estándar NMT (Nordic Mobile Telephony) que se introdujo en 1981; y luego vinieron otros estándares como AMPS (Advanced Mobile Phone System), TACS (Total Access Communications System) y varios otros como los TZs.

La introducción de los sistemas celulares 1G representó un salto impresionante en la comunicación móvil, especialmente en alcance, capacidad y movilidad. Otros sistemas permitieron trabajar con líneas móviles estándares de forma que se podía llamar a líneas fijas, e hicieron posible registrar y contabilizar las llamadas, haciendo el sistema una opción comercial viable. Con la introducción de 1G, el mercado móvil mostró un crecimiento anual de 30 a 50 por ciento, llegando a casi 20 millones de suscriptores en 1990, comparado con menos de un millón de suscriptores de telefonía móvil que había a inicios de 1980.

El sistema 1G era un sistema analógico (la voz se transmitía entre el móvil y la estación base en forma analógica) y no soportaba en forma natural la transmisión de datos (digitales). Se podía lograr esto último por medio de módems pero resultaba costoso y muy lento. Además, los dispositivos de usuario eran voluminosos y la vida de las baterías era muy pobre.

Todas estas limitaciones se fue mejorando durante los 1980s, y con estos cambios aparecieron los sistemas celulares de segunda

generación (2G), que se comenzaron a introducir en los 1990s con estándares como GSM, AMPS Digital, TDMA e IS-95 (CDMA). Estos sistemas digitalizaban no sólo el enlace de control sino también la señal de voz, y proveían mejor calidad y mayor capacidad a menor costo para los consumidores. GSM fue el primer sistema celular digital 2G operado comercialmente y que ha tenido el mayor éxito.

Está basado en TDMA (método de acceso múltiple a la red de acceso) e incorpora encriptación digital de las señales, aumenta la capacidad del sistema, mejora la calidad del sonido, tiene mayor resistencia al ruido y las interferencias, usa menor potencia de radio, menor hardware y por consiguiente se tienen teléfonos más pequeños. Con la estandarización también se logró una tecnología más accesible y portable.

En 2G se introdujo la capacidad de transmitir mensajes de texto, verificar correos electrónicos y navegar en la Web. El siguiente paso en la evolución móvil fue 2.5G, una mejora con nuevas tecnologías como GPRS en GSM, disponible en el año 2000, y 1xRTT en CDMA2000 disponible en el año 2002, que permiten formas más rápidas, más baratas y más eficientes de enviar correos, y navegar en la Web en un ambiente móvil. 2.5G permitió implementar un dominio de paquetes conmutados en adición a los ya existentes circuitos conmutados. Tanto GPRS como 1xRTT fueron posteriormente mejorados para aumentar las tasas de transmisión de datos y evolucionaron a los sistemas llamados EDGE en 2003 y EV-DO en 2004, respectivamente, marcando la era 2.75G. Las redes podían soportar ahora VoIP (voz sobre IP) móvil, y video-llamadas, aunque estas características nunca fueron adoptadas por los proveedores principales. Los términos 2.5G y 2.75G no están oficialmente definidos, fueron inventados para propósitos de mercadeo solamente e indican etapas intermedias de mejoras para llegar a la siguiente generación, 3G.

A diferencia de 1G y 2G, la iniciativa de 3G surgió de los fabricantes de dispositivos, y no de los operadores. Los sistemas 3G prometen servicios de comunicaciones más rápidos, incluyendo voz, fax e Internet, en cualquier instante, en cualquier lugar, con itinerancia (roaming) global transparente.

El estándar global IMT-2000 de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) define 3G, e incluye los estándares GSM, EDGE, UMTS y CDMA2000 así como DECT y WiMAX. El mismo ha abierto el camino para permitir aplicaciones y servicios innovadores que no estaban disponibles previamente para los usuarios de telefonía móvil como uso simultáneo de voz y datos inalámbricos de área amplia, Internet de alta velocidad, video-llamadas, entretenimiento multimedia, televisión móvil, video bajo demanda, video-conferencia, telemedicina, servicios basados en posición como información sobre las condiciones del tiempo y del tráfico, mapas y ubicación de negocios.

Para finales de 2007 ya había 295 millones de suscriptores en redes 3G alrededor del mundo.

Los cambios evolutivos de las redes de 2G a 3G a partir de las

redes existentes llevaron al establecimiento de dos familias distintas de 3G: 3GPP y 3GPP2. La primera familia se formó en 1998 para el desarrollo de las redes 3G a partir de GSM, mientras que la segunda organización, 3GPP2, se formó para la evolución de las redes 3G a partir de CDMA2000.

Así, pasamos ahora a las siguientes extensiones en la evolución de los estándares 3G que nos llevarán a la cuarta generación (4G) especificada por el estándar IMT-Advanced (4G), sucesor de 3G. Estas extensiones son llamadas Long Term Evolution (LTE) de 3GPP y Ultra Mobile Broadband (UMB) de 3GPP2. Basándose en una infraestructura de red todo-IP y usando tecnologías inalámbricas avanzadas como MIMO, estas especificaciones ya muestran características de 4G, y son clasificadas como 3.9G o pre-4G.

3GPP espera cumplir con los objetivos de 4G (velocidades de 1 Gbps para operación estacionaria y 100 Mbps para operación móvil) con LTE Advanced.

En Diciembre de 2009, se lanzó en Estocolmo, Suecia, y en Oslo, Noruega, una red LTE que ofrece servicios pre-4G. Se espera que las comunicaciones móviles de cuarta generación produzcan o traigan un cambio dramático en la forma en que nos comunicamos, al proveer capacidad de voz, datos y video/audio en tiempo real (streaming) móviles usando tecnología IP, imágenes de video a color de alta calidad, juegos de animación con gráficas en 3D, servicios de audio en 5.1 canales, movilidad global y portabilidad de servicio, bajos costos y escalabilidad de las redes móviles.



### Impacto

Aún cuando las telecomunicaciones móviles podrían considerarse como no-básicas en términos de prioridades humanas, después de la comida y el albergue, el transporte, la energía y la educación, es una realidad que las telecomunicaciones tienen impactos múltiples significativos en toda la dinámica de la vida de las personas, los cuales son distintos de las otras categorías, y que nos afectan a todos, no siendo específicos de una región o cultura, considerándose los teléfonos móviles no como un lujo sino como una necesidad.

Se puede observar en la práctica social, que el proceso de comunicación se construye alrededor de los sistemas de comunicación inalámbrica que no sólo brindan movilidad sino también autonomía. Esto le otorga poder a las personas, pero al mismo tiempo los hace dependientes de los dueños y reguladores de las herramientas básicas de su existencia – las redes móviles, y también puede llevarnos a escoger la tecnología para esclavizar nuestra libertad. Las redes móviles tienen un impacto significativo en las familias formadas por individuos quienes afirman su autonomía, incluyendo niños, pero que al mismo tiempo necesitan constante coordinación, monitorización, soporte, y sistemas de respaldo. Esta posibilidad de estar en contacto con cualquier persona en cualquier momento provee este patrón de autonomía segura que caracteriza la vida diaria de millones de familias alrededor del mundo, teniendo un efecto sobre la conducta en las relaciones familiares y la negociación de espacio-tiempo.

Las redes móviles también han permitido la existencia de la oficina “en el camino” cuando las personas pueden alcanzar sus ambientes de trabajo y a sus colegas, clientes, proveedores, etc., desde cualquier lugar y en cualquier momento, reduciendo los tiempos de inproductividad durante los viajes, mejorando la logística significativamente, y permitiendo la toma de decisiones más rápida y efectivamente.

La comunicación móvil es una tecnología que permite desarrollar múltiples tareas en cualquier lugar comprimiendo el tiempo; favorece el desarrollo de una nueva cultura que hace de las redes sociales entre iguales la columna vertebral de una forma alternativa de vida, con su propio lenguaje, basada en una comunicación de textos y multimodal, y con sus propios valores.

La comunicación móvil permite a los individuos establecer sus propias conexiones, eludiendo los medios masivos y los canales de comunicación controlados por instituciones y organizaciones; se trasciende el tiempo y el espacio en la práctica social por la posibilidad de hacer todo desde cualquier lugar gracias a su capacidad para contacto perpetuo y ubicuo, permitiendo la comunicación inclusive en sitios de transportación (automóviles, trenes, aeropuertos, pronto desde aviones) y toda la variedad de salas de espera.

El impacto de esta comunicación autónoma se extiende también a la esfera sociopolítica. Las personas ahora pueden construir sus propios sistemas de información, eliminando a los medios de comunicación como intermediarios, difundiendo información que ha sido oficialmente suprimida, y convirtiéndose en “ciudadanos periodistas”. Se han documentado muchos casos de movimientos sociales y movilizaciones políticas, que incluyen cambios de gobierno y resultados de votaciones, basadas en esta capacidad de comunicación autónoma que impacta profundamente en las relaciones. Los sistemas móviles permiten lograr simultaneidad en la interacción social sin contigüidad territorial.

Por otro lado, la mayoría de las actividades dominantes en nuestra sociedad (desde transacciones financieras hasta los medios de difusión de información) que tradicionalmente se desarrollaban en cierto orden espacial y temporal han cambiado, ya que con los sistemas de comunicación móviles, los lugares y el tiempo se alteran, desaparecen o se contraen, cambiando su estructura lógica y su dinámica.

Las redes móviles permiten ocupar el tiempo en momentos libres llamando a alguien o revisando correos, llenando con actividad cada segundo de la existencia así como intercambiar tiempo de trabajo, tiempo de familia y tiempo libre.

Por otro lado, las comunicaciones se han vuelto una herramienta esencial para el desarrollo económico y social de nuestro mundo, tanto para individuos como para países. Si bien es cierto que la tecnología no puede sustituir el desarrollo y el control comunitario sobre este desarrollo, sí puede, dadas las condiciones sociales e institucionales para dedicarse a este proceso de desarrollo, ser un

medio esencial para dar el salto a la participación en la economía global e impulsar el desarrollo socio-económico.

Especialmente, los teléfonos móviles han afectado positivamente la vida diaria y las oportunidades económicas, en muchos lugares como África, Asia y América Latina, para los comerciantes en productos agrícolas, y para los inmigrantes campesinos a los grandes centros urbanos, expandiendo sus contactos con otros campesinos que han estado ampliamente separados, y permitiéndoles extender y continuar redes desarrolladas en los lugares de trabajo originales. Con estas redes expandidas y flexibles, los trabajadores tienen más recursos para obtener información sobre mercados laborales y mercados para sus productos, y también les permiten demandar mayores derechos y llevar vidas más autónomas.

Además, la inversión en servicios móviles lleva a otros servicios, los cuales a su vez llevan a más inversiones a medida que la demanda aumenta. Así, la industria móvil genera beneficios económicos sustanciales, en términos de su contribución al PIB, a la generación de empleos, y las ganancias a los gobiernos por medio del pago de múltiples impuestos,

y uso de las frecuencias, y lleva a la inversión directa extranjera en países en desarrollo. También puede llevar a mejoras en la productividad, aunque es un punto discutido por muchos.

Otro aspecto es el impacto en los servicios de emergencia, como el intercambio de información entre un hospital y una ambulancia en la atención de un paciente. Las redes celulares permiten, por ejemplo, el intercambio de información de registros del paciente, resultados de exámenes, monitorización de pacientes – incluyendo video, información geográfica y de tráfico para la mejor ruta de la ambulancia al centro más cercano y con mejor infraestructura apropiada para el paciente.

También las personas con discapacidades físicas pueden encontrar grandes beneficios en los sistemas móviles, ya que les facilitan la comunicación, les brinda libertad y una diversidad de oportunidades como el acceso a servicios que pueden ser vitales para su seguridad y autonomía.

Vemos entonces, que ahora todos estamos revestidos de una piel inalámbrica en las actividades de nuestra vida, de forma que estamos en nosotros mismos y en nuestras redes al mismo tiempo.

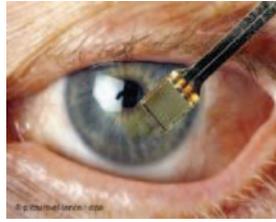


## Referencias

- [1] T. Wakefield, D. McNally, D. Bowler, A. Mayne; Introduction To Mobile Communications – Technology, Services, Markets; Auerbach Publications / Taylor & Francis Group, U.S.A. 2007.
- [2] Handbook of Mobile Communication Studies Edited by James E. Katz, The MIT Press, Massachusetts, 2008.
- [3] SearchTelecom.com, [http://searchtelecom.techtarget.com/sDefinition/0,,sid103\\_gci214486,00.html](http://searchtelecom.techtarget.com/sDefinition/0,,sid103_gci214486,00.html)
- [4] G. Gow, R. Smith; Mobile and Wireless Communications: An Introduction; Open University Press, Poland, 2006.

## Ciegos Recuperan Parcialmente la Vista con Chip en la Retina

(fuente: Ciencia y Tecnología, DW-WORLD-DE, EV / Agencias, Editor: Pablo Kummetz)



Un grupo de médicos de la Universidad alemana de Tubinga ha logrado devolver parcialmente la vista a varios pacientes mediante la implantación de un microchip detrás de la retina. Según informa el semanario "Der Spiegel", gracias al microchip los pacientes pudieron reconocer objetos y llegaron incluso a leer letras grandes.

El implante dispone de 1500 fotocélulas instaladas en un microchip de tres milímetros que se sitúa debajo de la retina en una operación que lleva cuatro horas. El cuerpo tolera bien el implante ya que no se observó ningún problema serio ni rechazo en ninguno de los pacientes que se sometieron al experimento.

Los chips de este implante piloto fueron retirados después de algunas semanas. El profesor Zrenner, quien fundó la compañía Retina Implant, explicó que este año tiene previsto implantar una nueva generación de chips que puedan permanecer durante más tiempo detrás de la retina.

Este experimento es similar a un método desarrollado en EU, en este caso a base de unas gafas especiales dotadas de una microcámara que traslada las imágenes captadas a un miniordenador. Éste, a su vez, convierte las imágenes en impulsos eléctricos que se transmiten a un microchip colocado detrás la retina. A partir de ahí, los dos métodos funcionan de la misma manera, es decir, los impulsos estimulan las neuronas del nervio ocular.

## Internet Interplanetaria

(fuente: Interplanetary Internet Tested By Elise Ackerman, IEEE Spectrum)



En 2009, los ingenieros de la Estación Espacial Internacional (EEI), hicieron pruebas de protocolos para una futura Internet interplanetaria.

Después de más de una década de desarrollo, la NASA espera tener una red de comunicaciones lista para 2011 que puede llevar en forma eficiente datos entre la Tierra y las múltiples sondas, vehículos, satélites y naves espaciales que exploran el sistema solar – uniéndolas efectivamente para formar una Internet interplanetaria. Las pruebas realizadas en la EEI el año pasado fueron el segundo de tres ensayos de las tecnologías claves de las redes, llamadas protocolos de conexión de redes tolerantes a retardos (DTN – Delay Tolerant Networking protocols).

Los protocolos DTN extenderán la Internet terrestre al espacio superando un número de obstáculos, incluyendo el extraordinario intervalo de tiempo que toma a los paquetes de datos moverse entre saltos en una red en el espacio profundo, la naturaleza intermitente de las conexiones de la red, y el ruido producido por la radiación solar.

Los retardos en la comunicación son enormes y variables debido a

que los planetas están en órbita alrededor del sol. Considere que en la Tierra, los paquetes se mueven de la fuente al destino en milisegundos, pero un viaje de ida de la Tierra a Marte toma un mínimo de 8 minutos. El constante movimiento de los cuerpos celestes significa que los paquetes tienen que parar y esperar para que las antenas se alineen a medida que se brinca de un planeta a una sonda espacial a una nave espacial. Por lo que enviar información en el espacio es muy diferente a hacerlo en la Tierra, donde la topología estable de la Internet se toma por dada. Así, un componente fundamental de DTN es una técnica llamada "almacenamiento y envío". Básicamente, cada nodo mantiene los datos recibidos hasta que pueda pasarlos en forma segura. En la Tierra, los datos simplemente son desechados si hay algún problema y luego retransmitidos por la fuente.

Si las comunicaciones espaciales adoptan el sistema DTN, entonces con cada nueva misión, la red podrá ir creciendo, tejiéndose una red interconectada entre planetas, la estación espacial y las naves.

## DVD Penta-dimensional podría almacenar 1.6 Terabytes

(fuente: Five-Dimensional DVD Could Store 1.6 Terabytes By Prachi Patel, IEEE Spectrum)



Para almacenar más datos en un DVD que lo que permite el formato de disco Blu-ray de alta densidad, los fabricantes tendrán que considerar tres dimensiones y acomodar los datos en múltiples capas. Los investigadores en la Universidad de Tecnología de Swinburne, en Hawthorn (Australia), han encontrado una manera de agregar dos dimensiones más a la grabación de discos ópticos: longitud de onda y polarización. La técnica podría empaquetar 1,6 terabytes de datos en un DVD de tamaño estándar, el equivalente a 30 discos Blu-ray; y lo que es más, podría ser compatible con la tecnología de unidades de disco actual.

Los discos DVDs y Blu-ray almacenan los datos como pequeñas protuberancias estampadas o quemadas sobre la superficie de aluminio en un disco de plástico. Las protuberancias y manchas planas en el aluminio reflejan la luz láser en forma diferente para representar los unos y ceros de datos digitales.

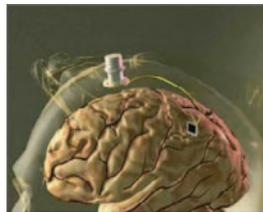
Los investigadores de Microphotonics describieron su alternativa de alta densidad para almacenamiento de información de datos ópticos en el número 21 de mayo de la revista Nature, donde indican que comenzaron haciendo un nuevo tipo de disco, dispersando nanobarras de oro de tres tamaños diferentes en una solución de polímero, y recubriendo películas delgadas de vidrio con la solución y, a continuación, formando una pila con tres de las películas, una encima de la otra. Para grabar en el disco, los investigadores enfocaron un láser ajustable en puntos de 750 nanómetros de ancho en una capa de nanobarras de oro. Las diminutas barras tienen la tendencia a contraerse en esferas cuando absorben luz y se calientan hasta un cierto umbral. Pero las barras son selectivas; es decir, las nanobarras de un determinado tamaño absorben una longitud de onda específica sólo si se alinean con la dirección de polarización de la luz.

En esas condiciones, las ondas de energía que viajan a lo largo de la superficie de las barras resuenan a la frecuencia de la luz. Así, cuando el rayo láser se enfoca en los bits, sólo algunas de las barras se convierten en esferas. Como hay muchas barras de diferentes tamaños orientadas aleatoriamente, la luz de un determinado color y polarización que choca con la superficie sólo afectará a una parte de las nanobarras, dejando las barras restantes para la próxima grabación.

Esto significa que cada área de bit puede contener varios bits: seis según las pruebas realizadas con tres diferentes longitudes de onda y dos polarizaciones distintas. Para demostrar la tecnología, los investigadores crearon seis patrones en cada una de las tres capas de nanobarras centrando luz en una cuadrícula de 75-por-75 bits, con lo que podrían hacer encajar 1.1 terabits por  $\text{cm}^3$  en el disco. El volumen del disco es aproximadamente de  $12 \text{ cm}^3$ , lo que resulta en un total de 1,6 terabytes de datos.

## Sondas Activadas por Láser para Experimentos Cerebrales

(fuente: Laser Probes for Brain Experiments  
By Prachi Patel, IEEE Spectrum)



Investigadores en la Universidad Case Western Reserve, en Cleveland, EU, están trabajando en lo que podría ser una forma más benigna, eficiente y efectiva para estudiar el cerebro usando luz, en lugar de los actuales electrodos de metal y electricidad.

Los investigadores han creado un nuevo tipo de sonda cerebral revistiendo el interior de pequeñas agujas de vidrio huecas con nanopartículas de selenuro de plomo, un semiconductor utilizado comúnmente en detectores infrarrojos. Las puntas de las agujas se insertan en el cerebro y las sondas se activan usando un rayo infrarrojo de un láser de 830 nm de longitud de onda. Las nanopartículas absorben fotones y generan un campo eléctrico que estimula las neuronas cuyas señales son registradas usando otro electrodo localizado junto a la sonda.

La nueva sonda presenta varias ventajas sobre los electrodos tradicionales de metal, ya que son capaces de activar muchas neuronas y áreas diferentes tal y como ocurre en los procesos naturales de estimulación del cerebro. Además, no dañan el tejido cerebral, y pueden conectarse por medio de fibra óptica en lugar de alambres de cobre.

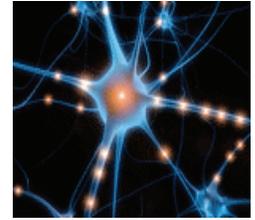
Adicional a su uso en investigación neurocientífica, los fotoelectrodos también pueden tener un papel importante en la medicina. Estos se pueden usar en casos de lesiones en la columna vertebral o defectos en el cerebro para excitar las restantes células cerebrales en una forma biológicamente realista y restaurar las funciones.

Ya que las nanopartículas no tocan directamente las células cerebrales, se reducen los riesgos de toxicidad. Hasta ahora no se han encontrado evidencias de daños a las neuronas en algunas horas de prueba, pero aún se requieren estudios extensivos sobre toxicidad.

Aún falta tiempo antes de que los científicos implanten las sondas y los circuitos de control en cerebros vivos, pero se sigue trabajando en esa dirección.

## Uso de Ondas Cerebrales para Escribir en una Computadora

(fuente: Researchers Demonstrate How To Use Brain Waves to Write On A Computer By Robert Charette, IEEE Spectrum)



Investigadores en la Universidad de North Florida y la Clínica Mayo en Jacksonville, Florida, EU, han mostrado cómo se pueden usar las ondas cerebrales para escribir caracteres alfanuméricos en una pantalla de computadora. De acuerdo a una publicación en el London Telegraph, "... los pacientes pueden hacer aparecer símbolos en la pantalla con sólo enfocarse en dicho símbolo cuando se les presenta una matriz de símbolos." La investigación, que recibe fondos de la National Science Foundation, fue presentada en la reunión anual 2009 de la Sociedad Americana de Epilepsia. El neurólogo Jerry Shih, M.D., de la clínica Mayo, dijo que más de 2 millones de personas sólo en los EU, que sufren de enfermedades neurológicas o parálisis podrían beneficiarse de los dispositivos de asistencia controlados por tales interfaces cerebro-máquina.

En la investigación que se sigue, la interfaz cerebro-computadora (BCI - brain-computer interface) es un sistema que permite a los usuarios, especialmente a individuos con severos desórdenes neuromusculares, comunicarse y controlar dispositivos usando sus ondas cerebrales. En los últimos dos años se ha demostrado que un modelo BCI basado en una electroencefalografía (EEG) no invasiva registrada en el cuero cabelludo puede ser usada por un individuo discapacitado, por un largo periodo, para el control confiable de una computadora personal. Este modelo BCI permite a los usuarios seleccionar de un conjunto de símbolos presentados en una matriz visual por medio de la clasificación de las respuestas del cerebro. Uno de los objetivos de este proyecto es establecer que el mismo modelo BCI y las técnicas usadas en las demostraciones mencionadas pueden implementarse directamente para generar comandos de alto nivel que permitan controlar un manipulador robótico en tres dimensiones de acuerdo a las necesidades del usuario.

Además, en trabajos preliminares recientes se ha demostrado que una electrocorticografía (ECoG) – actividad eléctrica registrada directamente de la superficie del cerebro – es otro medio potencial para controlar un BCI. Los ECoG han mostrado una razón señal-a-ruido superior, y mejores características espaciales y espectrales, comparados con los EEG. Los investigadores creen que las señales ECoG pueden usarse para mejorar la velocidad y precisión de las aplicaciones BCI, incluyendo por ejemplo el control de un manipulador robótico. Así, otros objetivos de este proyecto son caracterizar las respuestas obtenidas de ECoG para usarlas como señales de control para operar un manipulador robótico simulado, y evaluar el nivel de control entre las dos modalidades de registro (EEG, ECoG) y comparar los resultados con técnicas BCI competitivas. Además, se indica en la nota de The Telegraph que "Cualquier dispositivo controlado por ondas cerebrales será muy probable que tenga que implantarse en el cráneo de los pacientes y que el software requerirá una calibración para cada individuo". Aunque parece que estamos aún muy lejos de usar esta tecnología en forma práctica, éste es un inicio positivo.

# Evolución de las Redes Ópticas

**Sara Reynolds**

Facultad de Ingeniería Eléctrica, estudiante  
sara\_reynolds16@yahoo.com

**Resumen-** Este artículo es una introducción a las redes de comunicaciones por fibra óptica, y en éste se describen sus aplicaciones en las telecomunicaciones y su evolución, la cual está orientada a satisfacer las necesidades (actuales y futuras) de transporte de tráfico IP (Internet Protocol). Las redes ópticas ejecutan el procesamiento de la señal en el dominio óptico y su evolución se debe en gran parte al desarrollo de dispositivos que llevan a cabo tal procesamiento, como equipos de conmutación de paquetes ópticos con capacidad de conmutación de 10 Gbps.

**Palabras Claves-** Redes ópticas, Fibra Óptica, Conmutación, Dominio óptico, Tecnología DWDM.

## 1. Introducción

Debido a la demanda de los usuarios por servicios de alta calidad, así como de aplicaciones mejores y más rápidas, han surgido nuevas oportunidades de desarrollo en las actuales redes de comunicaciones. Es por ello que existe la necesidad de desarrollar nuevas redes de alta capacidad, que soporten las demandas de ancho de banda y el aumento progresivo del transporte de tráfico de Internet. Las redes por fibra óptica son un modelo de red que permite satisfacer las nuevas y crecientes necesidades de capacidad de transmisión y seguridad solicitadas tanto por los usuarios como por las empresas operadoras de telecomunicaciones.

Como resultado de las constantes renovaciones en las redes, surgió una red muy ventajosa: la red de fibra óptica, la cual provee muchas más prestaciones que las anteriores y, hoy en día, es muy utilizada por los usuarios para mejorar sus servicios. Las redes ópticas se consideran redes de gran capacidad debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. Igualmente, mediante las nuevas tecnologías, con elementos de red puramente ópticos, se consiguen los objetivos de aumento de la capacidad de transmisión y seguridad [1].

A continuación se proporciona una definición más clara de una red óptica y de su principal medio de transmisión, la fibra óptica. Posteriormente, en los puntos subsecuentes, se explican las diferentes redes ópticas que existen y se hace énfasis en el tema de la evolución de las redes de fibra óptica hacia una nueva generación.

## 2. Redes Ópticas

Las fibras ópticas se usan ampliamente en los sistemas de telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia y a altas velocidades, y son el medio de transmisión por excelencia, al ser inmunes a las interferencias electromagnéticas. También se utilizan para redes locales, en donde se necesite una alta confiabilidad y fiabilidad.

La fibra óptica es un medio de transmisión que consiste de un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el cual se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. La fuente de luz puede ser láser o un diodo emisor de luz (LED). El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell: fórmula simple utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación de la luz (o cualquier onda electromagnética) con índices de refracción distintos.

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación, y según éstos existen dos tipos de fibra óptica: multimodo (permite la propagación de múltiples haces de luz) y monomodo (permite que sólo un haz de luz se propague a través de ella), como se muestra en la Figura 1.

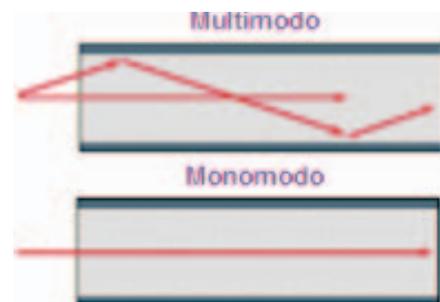


Figura 1. Tipos de fibra óptica.

Para las comunicaciones se emplean fibras multimodo para distancias cortas (hasta 5000 m) y monomodo para acoplamientos de larga distancia. Debido a que las fibras monomodo pueden acomodar un mayor ancho de banda y son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo.

Los avances en la purificación de vidrio y el concepto de multiplexación por división de longitud de onda (WDM) hicieron que la fibra óptica fuese ideal para hacer redes de comunicación. Una red óptica es una red de telecomunicación en donde los enlaces de transmisión son fibras ópticas y cuya arquitectura está diseñada para explotar las características singulares de este medio de transmisión. Su diseño e implementación requiere, en general, de una combinación compleja de elementos ópticos y electrónicos, así como el software adecuado que pueda garantizar su correcto funcionamiento.

El siguiente punto muestra ejemplos de las redes ópticas que se han desarrollado desde los años ochenta.

## 3. Redes de Fibra Óptica Existentes

La fibra óptica permite la implementación de variados tipos de redes, la mayoría de alta velocidad y con un buen nivel de seguridad. Entre las redes de comunicación de datos que existen en la actualidad se encuentran:

**Redes FDDI:** Las redes FDDI (Fiber Distributed Data Interface) surgen a mediados de los años ochenta, para dar soporte a las

estaciones de trabajo de alta velocidad. Están implementadas mediante una configuración de estrella y una lógica de anillo doble token, y se componen de dos o más conexiones punto a punto entre estaciones.

Utiliza un mecanismo de transmisión de tokens (serie especial de bits) similar al de las redes Token Ring (red con topología lógica en anillo y técnica de acceso de paso de testigo).

El tráfico de cada anillo viaja en direcciones opuestas. Acepta la asignación en tiempo real del ancho de banda de la red, a través de dos tipos de tráfico: uno, tráfico síncrono, en el cual se puede consumir una porción del ancho de banda total de 100 Mbps (sobre distancias de hasta 200 m) de una red FDDI, y que sirve para estaciones que requieren una capacidad de transmisión continua; dos, tráfico asíncrono, el cual se asigna utilizando un esquema de prioridad de ocho niveles para cada estación.

**Redes 10Base F:** Son redes de 10 Mbps cuyo cableado típico está compuesto por segmentos de fibra óptica multimodo, los cuales necesitan 2 canales, uno para transmitir datos y otro para recibirlos. El estándar original para Ethernet sobre fibra es el Fiber-optic inter-repeater link (FOIRL), mientras 10Base F es el término genérico para la familia de estándares Ethernet: 10Base FL/FB/FP. Básicamente, estos estándares utilizan repetidores para alcanzar grandes distancias entre ellos, de 1000 m a 2000 m.

**Fast Ethernet 100Base FX:** Son redes que trabajan a 100 Mbps y mantienen la compatibilidad de acceso al medio. Las tarjetas de red de las estaciones de trabajo van conectadas directamente a un hub 100Base FX. Los segmentos de estas redes conectan punto a punto dos o más interfaces dependientes del medio y pueden alcanzar los 412 m. El tipo de señalización utilizado se basa en ANSI FDI (interfaz de datos distribuido para fibra óptica), que puede enviar señales continuamente sobre el enlace.

**Gigabit Ethernet 1000Base SX y 1000Base LX:** Es una extensión del estándar IEEE 802.3 basado en el mismo protocolo de Fast Ethernet, pero incrementa la velocidad en un factor de 10. Dentro de los estándares de estas redes se encuentran el Short Wavelength Fiber (1000Base SX), 1000 Mbps, banda base, alcanza distancias de 260 m sobre pares de fibra óptica multimodo; y Large Wavelength Fiber (1000Base LX), 1000 Mbps, banda base, alcanza distancias de entre 3 y 10 Km sobre pares de fibra óptica monomodo.

Cabe destacar que nuevos estándares de Gigabit Ethernet se han aprobado, un ejemplo de esto es el estándar IEEE 802.3ae que opera a 10 Gigabits por segundo.

**Redes de alta velocidad SONET/SDH:** Son un conjunto de estándares para la transmisión o transporte de datos síncronos a través de redes de fibra óptica. SONET (Synchronous Optical Network) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy) convergen en el nivel base de SDH de 155 Mbps, definido como STM-1 (Synchronous Transport Module level 1) equivalente al STS-3 (Synchronous Transport Signal level 3) de SONET, y pueden alcanzar tasas de transmisión de hasta 10 Gbps.

**Redes HFC (Hybrid/Fiber Coax):** Es una red de telecomunicaciones, híbrida, de alta velocidad por cable que combina fibra óptica y cable coaxial. Se componen, básicamente, de cuatro partes claramente diferenciadas (ver Figura 2): la cabecera, la red troncal, la red de distribución y la red de usuarios (abonados a algún servicio, generalmente televisión digital).

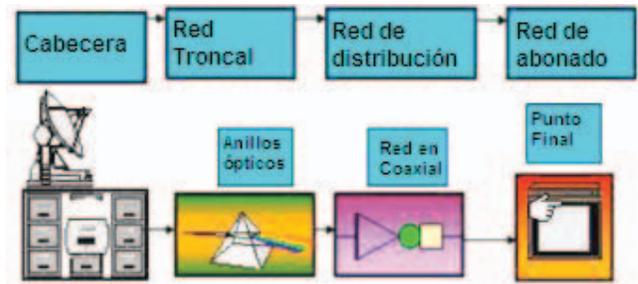


Figura 2. Esquema de una red HFC.

**Redes DWDM:** La única tecnología capaz actualmente de explotar todo el ancho de banda ofrecido por la fibra óptica es la DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) [2], la cual permite además una evolución flexible y económica de las presentes redes, respondiendo a la demanda de mayor ancho de banda por parte de los nuevos servicios multimedia. El medio de transmisión utilizado en las redes DWDM es la fibra óptica monomodo, por medio de la cual le es posible acoplar la salida de diferentes fuentes emisoras de luz, cada una a una longitud de onda o frecuencia óptica diferente, sobre una misma fibra óptica. La principal ventaja de la tecnología DWDM es el gran ancho de banda que ofrece, ya que los sistemas para largas distancias comercialmente disponibles en la actualidad soportan hasta 1,6 Tbps (equivalente a 160 longitudes de onda a 10 Gbps), superando el cuello de botella alcanzando en SDH/SONET en 10 Gbps.

Las redes mencionadas anteriormente fueron desarrolladas en distintas etapas evolutivas; el punto 4 explica dicha evolución, hacia las redes totalmente ópticas.

## 4. Evolución de las Redes Ópticas

Como se mencionó anteriormente, las tecnologías de transmisión por fibra óptica han evolucionado como resultado de la creciente demanda de servicios de alta velocidad y gran ancho de banda, lo cual ha tenido un impacto directo en las arquitecturas de las redes ópticas, esencialmente, por las grandes prestaciones alcanzadas por las soluciones WDM (Wavelength Division Multiplexing), lo cual ha conducido a la definición de tres niveles en la escala evolutiva de las redes ópticas: las redes de primera, segunda y tercera generación [3], las cuales se describen a continuación.

### 4.1. Redes ópticas de primera generación

Las redes de esta generación se caracterizan por emplear la fibra óptica únicamente como medio de transmisión de alta capacidad, en sustitución del cobre. Su implantación es muy extensa en las redes públicas de telecomunicación (con la excepción de la red de acceso) y en su mayoría transportan casi exclusivamente señales de tipo SDH o su equivalente norteamericano, SONET.

La tecnología de multiplexación utilizadas en las redes de primera generación es la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), la cual proporciona la obtención, a partir de una única fibra, de muchas fibras virtuales, transmitiendo cada señal sobre una portadora óptica con una longitud de onda diferente. De este modo se pueden enviar muchas señales por la misma fibra como si cada una de estas señales viajara en su propia fibra.

Las redes dentro de esta generación se basan en enlaces WDM punto a punto, como se muestra en la Figura 3, en los cuales todo el tráfico proveniente de un enlace se extrae en cada nodo y se convierte del dominio óptico al dominio eléctrico con el fin de procesar la información de enrutamiento, a su vez, todo el tráfico de salida del nodo tiene que ser convertido nuevamente a formato óptico antes de ser enviado a través del correspondiente puerto de salida.

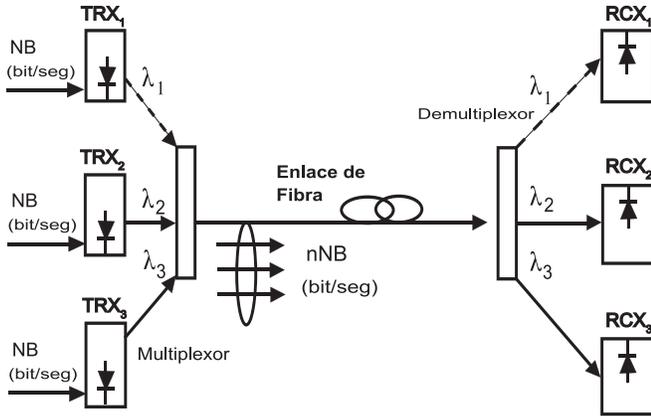


Figura 3. Enlace punto a punto WDM en la parte troncal de las redes ópticas.

Debido a que la fibra óptica sólo se está aprovechando como medio de transmisión y el resto del proceso se lleva a cabo en el dominio eléctrico, aumentando los costes de operación de red (dado que se necesitará un elemento de red eléctrica para cada uno de los canales, incluso si no están pasando datos en ese canal), se introducen multiplexores de adición/extracción, los cuales marcan el inicio de las redes ópticas de segunda generación y permiten la extracción del tráfico correspondiente a cada nodo dejando pasar el resto del tráfico de la red, evitando el procesamiento innecesario de todo el tráfico en todos los nodos de la red y, el desaprovechamiento de los recursos.

#### 4.2. Redes ópticas de segunda generación

También llamadas redes de enrutamiento por longitud de onda o redes de conmutación de circuitos ópticos, pretenden realizar funciones adicionales en el dominio óptico (además de la simple transmisión punto a punto) tales como: tareas de enrutamiento, conmutación, además de ciertas funciones relacionadas con el control, gestión y protección de la red, proveyendo al sistema de un considerable ahorro en equipos y procesamiento electrónico en los nodos, mediante las prestaciones de una nueva capa dentro de la red, la capa óptica o capa WDM, la cual debe ocupar el nivel más bajo en la jerarquía de la red y proporcionar servicios a capas superiores, tales como la capa SDH, la ATM (Asynchronous Transfer Mode) y la IP (Internet Protocol), ver Figura 4.

En las redes ópticas de segunda generación, dado un conjunto de conexiones, el problema de establecer un camino óptico se denomina problema de enrutamiento y asignación de longitud de onda. Típicamente, las peticiones de conexión pueden ser de tipo estática y dinámica. Las conexiones en las redes de enrutamiento por longitud de onda se caracterizan por ser de tipo estático, generando una utilización relativamente pobre de la red debido a su infrecuente

reconfiguración y uso dedicado de longitudes de onda, por lo tanto, puede no ser capaz de acomodar la naturaleza altamente variable de tráfico a ráfagas de Internet de una manera eficiente. Por consiguiente, se desarrollaron arquitecturas de transporte que ofrecen una rápida provisión de recursos de red y que operan adecuadamente bajo un comportamiento de tráfico a ráfagas, por lo cual surgen las denominadas redes ópticas de tercera generación [4].

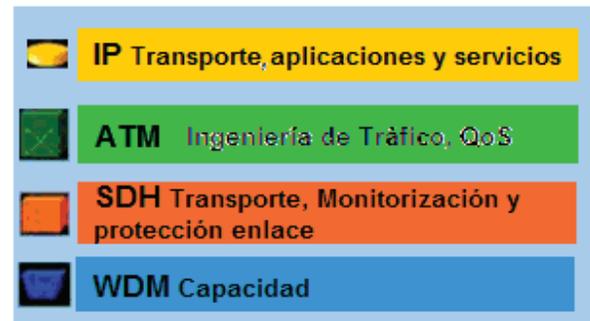


Figura 4. Capa WDM y sus capas clientes.

#### 4.3. Redes ópticas de tercera generación

Las tecnologías completamente ópticas capaces de conmutar a nivel de longitud de onda cumplen con las demandas de tráfico y ancho de banda de la siguiente generación de redes, por lo que la conmutación de ráfagas ópticas y la conmutación de paquetes ópticos son dos tecnologías prometedoras para el transporte de tráfico directamente sobre redes ópticas WDM [5]. En la conmutación de ráfagas ópticas los paquetes son concatenados dentro de unidades de transporte referidas como ráfagas; mientras que la conmutación de paquetes ópticos convierte los paquetes IP a paquetes ópticos IP en la entrada de un enrutador (router) de frontera, siguiendo una topología similar a la presentada en redes MultiProtocol Label Switching (MPLS), y de este modo la transmisión y el enrutamiento de los paquetes dentro de la red se realizarán en el dominio óptico.

Con el fin de hacer realidad el concepto de red "toda óptica", se han hecho avances significativos con la invención de amplificadores, conmutadores y multiplexores ópticos. La Figura 5 muestra los elementos de una red "toda óptica": OADM (Optical Add/Drop Multiplexers), amplificadores ópticos EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifiers) y OXC (Optical Cross-Connect).

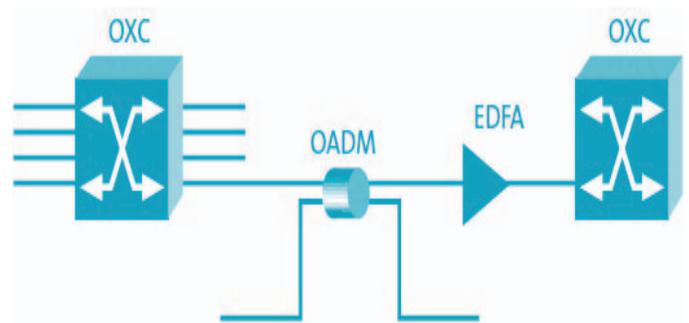


Figura 5. Elementos de una red "toda óptica".

## 4.4. Red óptica de nueva generación

La estructura tradicional de cuatro capas, mostrada en la Figura 4, consume un mayor ancho de banda, por lo que se ha llevado a cabo una disminución de las capas del modelo OSI (Open Systems Interconnection) hasta obtener el nivel óptico (ver Figura 6).

Se ha evolucionado hacia un nuevo modelo de red basado en una estructura de dos niveles: IP directamente sobre DWDM (capa óptica), eliminando las capas ATM y SDH [6].

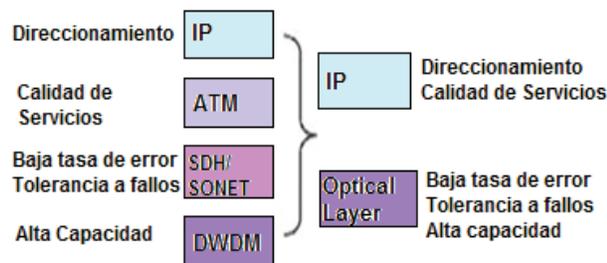


Figura 6. Nuevo modelo para red de transporte.

Esta nueva estructura de red óptica permite a las compañías de telecomunicaciones ofrecer un servicio de redes privadas virtuales IP basado en GMPLS (Generalized MPLS) directamente sobre tecnología DWDM dirigido tanto a empresas como a operadores. A través de él, la operadora proporciona diversas vías para aplicaciones de convergencia de voz, vídeo y aplicaciones de datos en una única conexión, con diferentes niveles CoS (Class of Service) y QoS (Quality of Service).

## 5. Redes ópticas en Panamá

Panamá se caracteriza por sus servicios de telecomunicaciones con mayores conexiones mundiales, y simultáneamente, de excepcional calidad. Fibra óptica, banda ancha, tecnología digital, conexión a Internet y telefonía celular, son términos que se emplean todos los días en nuestro país.

Los sistemas de fibra óptica son ampliamente utilizados para comunicación a larga distancia, proporcionando conexiones transcontinentales y transoceánicas; un ejemplo de esto son las redes submarinas (como Pan American System, Maya 1 y Arcos) que dan a Panamá cuatro conexiones internacionales de gran ancho de banda y rutas troncales de fibra óptica que reemplazan el sistema alimentado por enlace satelital, lo cual hace posible su interconexión con Norteamérica y América Latina, Asia, Europa, África y el resto del mundo en rutas redundantes.

Entre los beneficios de las conexiones internacionales se encuentran las conexiones rápidas y confiables para B2B (Business-to-Business), banca, comercio electrónico y otros negocios, así como también unidades adicionales de actividad de alta velocidad y precios internacionales más bajos para los consumidores.

A nivel nacional, Panamá tiene cuatro sistemas de cable óptico que se extienden por todo el país.

Con respecto a las empresas, aunque Cable & Wireless Panamá fue la primera en instalar anillos de fibra óptica, luego de privatizado el Instituto Nacional de Telecomunicaciones (INTEL), en la actualidad Panamá cuenta con una serie de empresas de telecomunicaciones, como Cable Onda, Global Crossing y Columbus Networks, que utilizan sistemas de fibra óptica [7].

Las empresas panameñas emplean las redes de fibra óptica no sólo para enviar voz a muy grandes distancias, sino también para soportar servicios de videos y televisión por Internet (por ejemplo: el video servicio como You-Tube e IPTV), e inclusive el reciente servicio de televisión por cable digital, ofrecido por Cable Onda y Cable & Wireless.

También hay empresas de transmisión eléctrica, como Unión Fenosa y la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), que han implementado un área de telecomunicaciones. En el caso de ETESA, se utiliza la fibra óptica para sus aplicaciones de Redes de Área Extendida (WAN), Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), Sistemas PLC (PowerLine Communications), Sistemas de Vigilancia Remota, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, las redes de fibra óptica son un modelo de red desarrollado para satisfacer las necesidades de capacidad de transmisión y seguridad, con la mayor economía posible, es por ello que se espera que más empresas (existentes o nuevas) en Panamá implementen tecnologías basadas en fibra óptica.

## Referencias

- [1] Capmany Francoy, José / Ortega Tamarit Beatriz, "Redes Ópticas", Universidad Politécnica de Valencia, ISBN: 84-8363-001-X.
- [2] López, Mayté, 2009, "Evolución de las Redes Ópticas en el Futuro", URL: <http://www.monografias.com/trabajos72/evolucion-redes-opticas-futuro/evolucion-redes-opticas-futuro2.shtml> [Citado: Octubre 17 de 2009].
- [3] Puerto, Gustavo / Ortega, Beatriz / Capmany, José / Cardona, Karen / Suárez, Carlos, "Data networking evolution: Toward an all-optical communications platform", Septiembre 2008, URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfua/n45/n45a13.pdf>. [Citado: Octubre 18 de 2009].
- [4] Uyles Black, "Optical networks: third generation transport systems", Prentice Hall, Puerto Rico, 2002.
- [5] Hill, A. / Neri, F., "Optical Switching networks: from circuits to packets", IEEE Communications Magazine, Vol. 39, Issue 3, pp. 107-108, March 2001.
- [6] Ghani, N. / Dixit, S. / Wang, Ti-Shiang., "On IP-over-WDM Integration", IEEE Communications Magazine, Vol. 38, N° 3, pp. 72-84, March 2000.
- [7] Luna G., Manuel, "Columbus Networks en Panamá", La Estrella de Panamá, Marzo 27 de 2009.

# 4G: Expectativas, Aplicaciones y Retos Existentes en su Implementación

**Francisco Tello**

Universidad Tecnológica de Panamá, estudiante  
fratello\_1088@hotmail.com

**Resumen-** Cada vez son mayores los requerimientos de los sistemas inalámbricos por la creciente necesidad de información diversa por parte de los usuarios. Nos encontramos actualmente en el punto de transición entre una generación de tecnología y otra. Y si bien es cierto que la próxima generación aún no está completamente definida, ya es posible observar algunas tendencias, principalmente un enfoque hacia las necesidades del usuario y la convergencia de las tecnologías existentes en un solo sistema generalizado que se adapte a las necesidades del momento, al igual que mejorar las capacidades de los sistemas ya existentes. Sin embargo, hay muchas dificultades que frenan el avance de la cuarta generación, por lo que a nivel mundial se hacen contribuciones y sugerencias de cómo resolver los problemas que van siendo encontrados. En este documento veremos algunas de las expectativas generales que se tienen de la cuarta generación, las tecnologías clave en la implementación de la misma, así como los retos existentes en su desarrollo y algunas de sus potenciales aplicaciones.

**Palabras Claves-** 3G, 4G, SDR, CDMA, Protocolo de Internet

## 1. Introducción

El mundo de las comunicaciones móviles es uno de los ambientes más rápidamente cambiantes en el ya agitado mundo de la tecnología, y casi a la misma velocidad los usuarios asimilan estos cambios, y al mismo tiempo demandan más de sus proveedores. Desde sus inicios, en la llamada primera generación (1G) en la década de los 80, las comunicaciones inalámbricas han jugado un papel decisivo en el mundo. En aquel entonces, sus principales usuarios eran profesionales del área, pero rápidamente su uso se extendió a las masas con el advenimiento de la 2G hacia finales de la década. El ritmo de crecimiento ha seguido aumentando en los últimos años, y ahora que nos encontramos en todo el apogeo de la 3G, es difícil imaginar una vida sin todas estas comodidades como lo son el Internet inalámbrico de alta velocidad, llamadas de video de celular a celular, servicios de multimedia banda ancha, "roaming" y demás. Se espera que la 4G haga su aparición este 2010, y el consenso general es que esta tecnología estará muy centrada en el usuario. Esto significa que los desarrollos y las investigaciones estarán dirigidos por los deseos y necesidades de los usuarios mismos, y supondrá un cambio en la dirección usual del desarrollo tecnológico, que irá ahora desde el usuario hacia la tecnología.

## 2. ¿Qué esperar de la 4G?

Los estándares de la próxima generación aún están por definirse completamente, pero existen ya ciertas expectativas generales del futuro de la tecnología inalámbrica, que se dividen en dos grupos.

La visión actual en Asia es una visión relativamente lineal, en la que la tecnología ya existente simplemente escalará hacia mayores tasas de transferencia de datos (potencialmente superiores a 100 Mbps), redes más robustas y soporte multimedia en cualquier lugar. Sin embargo, en Europa existe una visión menos enfocada en poder, pero más orientada hacia la estandarización de los diferentes esquemas de manera que exista una integración sin grietas, por así decirlo, entre los sistemas ya existentes. Este será el punto de vista discutido en este artículo.

Este nuevo enfoque dirigido hacia el usuario, obedece a que los desarrolladores aprendieron de los errores que cometieron al incorporar los sistemas de 3G. Los usuarios consideraron que los nuevos servicios y aplicaciones de la 3G no eran suficientemente atractivos para abandonar inmediatamente sus viejos sistemas, por lo cual la transición ha sido un poco lenta. Sistemas como la comunicación telefónica con video, que se consideraba uno de los aspectos más fuertes de la 3G, no tuvieron mucho éxito puesto que demandaban concentración adicional del usuario (e.g. contacto visual), aunado a la mala calidad en el video. En la Tabla 1 se hace una comparación general de las características de los sistemas 3G y 4G.

La pregunta que impulsa actualmente a los desarrolladores es ¿qué necesitan los usuarios que no tengan aún?

**Sistemas Amistosos y Personalizados.** Esto implica que cualquier persona debería ser capaz de tener acceso al servicio. Ya no estamos en una época en la que sólo los usuarios ávidos y estudiosos de la materia hagan uso de estos sistemas, sino que estos sistemas forman parte de la vida de básicamente cualquier persona en el mundo, por lo cual los mismos deben ser de acceso relativamente sencillo.

**Heterogeneidad de terminales.** Los usuarios deben ser capaces de acceder a la información que necesiten desde una amplia gama de dispositivos que vayan desde su teléfono celular hasta su computadora personal, para garantizar el acceso libre en cualquier lugar. Por ejemplo, mientras un usuario se encuentra en su trabajo recibe sus mensajes directamente en su computadora de la oficina; cuando viaja de regreso a su casa sus mensajes llegan a su teléfono móvil; y al llegar a casa recibe sus mensajes en su computadora personal.

Para ello es necesario un sistema capaz de identificar la localización del usuario dentro de la red, y seleccionar de manera adecuada el dispositivo en el que el usuario puede recibir su información.

**Heterogeneidad de redes.** Una de las principales expectativas, es tener un sistema en la que una amplia gama de servicios, como Wi-Fi, GPS, GSM, UMTS, CDMA, WiMAX, entre otros, estén disponibles al usuario desde un mismo dispositivo, y que exista la capacidad de cambiar entre ellos sin ningún inconveniente. De esta forma, el usuario puede acceder a su información usando el sistema más conveniente, por ejemplo, si necesita una reproducción fiel de un mensaje de voz utilizaría GSM o CDMA; si requiere descargar contenido multimedia hace uso de Internet a través de Wi-Fi; si necesita obtener la mejor ruta para llegar a su trabajo utilizaría GPS, etc. En la Figura 1 podemos ver un ejemplo de este concepto.

**Compatibilidad con la Infraestructura Existente.** Uno de los problemas encontrados al establecer nuevos estándares de tecnología, es que muchas veces éstos no tienen compatibilidad en retrospectiva hacia los sistemas antiguos.

Esto no sólo implica grandes costos de inversión para crear las nuevas infraestructuras, sino que conlleva problemas para el usuario

Tabla 1. Comparación de las características de los Sistemas 3G y 4G.

	3G	4G
<b>Tecnologías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso Múltiple por División de Código (CDMA IS-95 y CDMA 2000)</li> <li>• División de Código Síncrona de Acceso Múltiple por División de tiempo (TD-SDM)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiplexión por División de Frecuencias Ortogonal (OFDM)</li> <li>• CDMA de Portadora Múltiple (MC-CDMA)</li> <li>• Entradas Múltiples, Salidas Múltiples (MIMO)</li> <li>• Protocolo de Internet Móvil v6 (MIPv6)</li> </ul>
<b>Características Principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente calidad de transmisión de voz</li> <li>• Roaming mejorado</li> <li>• Servicios de datos banda ancha como vídeo y multimedia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas Amigables y Personalizables</li> <li>• Heterogeneidad de terminales</li> <li>• Heterogeneidad de redes</li> </ul>
<b>Tasas de Transferencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 2 Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convergencia de tecnologías ya existentes con tecnologías desarrolladas recientemente</li> <li>• Hasta 100 Mbps en situaciones móviles y hasta 1 Gbps en situaciones estáticas</li> </ul>

a la hora de actualizarse a la nueva tecnología, y en un sistema que está enfocado a la necesidad del usuario esto no sería aceptable.

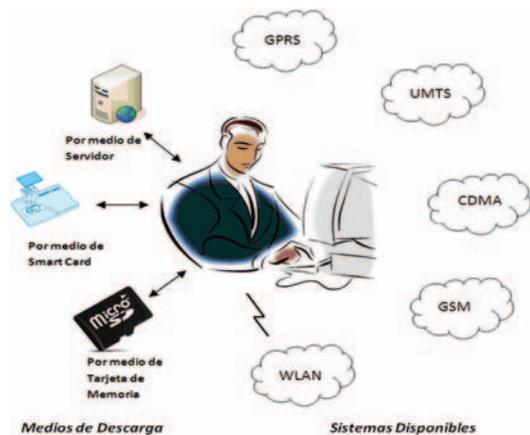


Figura 1. Las redes heterogéneas son un punto clave en la implementación de los sistemas 4G.

### 3. Un Sistema de Arquitectura Abierta

Para responder a la necesidad de un sistema intuitivo, heterogéneo y de fácil acceso, uno de los pasos a tomar es crear una infraestructura inalámbrica abierta. De esta manera, es posible para un usuario acceder rápidamente al servicio más conveniente dependiendo del lugar donde se encuentre. Esto requiere no sólo redes flexibles, sino también dispositivos muy adaptables.

Un sistema con un nivel de sinergia como este, permitiría incrementar la eficiencia de potencia igualmente. En vez de ser necesario que una terminal lejana a la central trate de acceder por su cuenta el sistema, esta terminal podría comunicarse con otras terminales vecinas, cooperando entre sí para llegar a la estación base.

Uno de los cambios necesarios para alcanzar esta meta es hacer uso de un sistema de radio definido por software (SDR). Estos sistemas funcionan con una sección digital totalmente reprogramable que se puede ajustar a los requerimientos de múltiples sistemas, aceptando diversas frecuencias y trabajando con varios esquemas de modulación diferentes simplemente cambiando su software.

El sistema está compuesto de manera general, por una antena,

un filtro pasa banda (BPF) que seleccione la señal deseada, un amplificador de bajo ruido (LNA), un convertidor analógico-digital (A/D) y finalmente llega a un procesador de señales digitales (DSP) que hace la función deseada en el sistema. La Figura 2 ilustra el diagrama de bloques de este sistema.

Otro punto importante son los mensajes que se envían periódicamente en las redes inalámbricas hacia las terminales, para actualizarlas con la información actual del sistema. El problema con la integración de todos estos sistemas (CDMA, WiFi, UMTS, CDMA, etc.) en un solo supersistema global, es que resultaría casi imposible la actualización de todos.

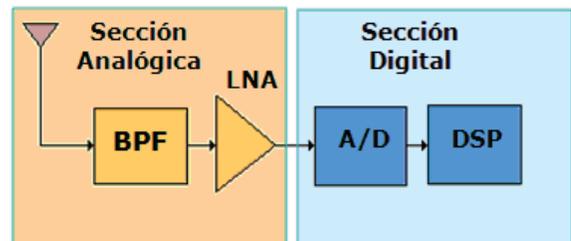


Figura 2. Diagrama de bloques general del Sistema de Radio Definido por Software.

Una de las posibles vías de solución a este problema es designar un solo canal predefinido para informar a las terminales del estado de las redes disponibles. También resulta necesario hacer uso de algoritmos inteligentes a la hora de seleccionar las redes más apropiadas. La conveniencia de una red específica dependería de los requerimientos de servicio y la calidad necesaria del mismo.

### 4. Retos en la Implementación del Sistema

Los problemas principales que surgen para implementar un sistema como éste, consisten en el manejo de ubicación y el manejo de "handoff".

El manejo de ubicación se refiere a rastrear y ubicar las diferentes terminales que se pueden conectar a la red en determinado momento.

En sistemas 4G, cada terminal tiene asignada un agente o principal, que tiene una dirección IP permanente. Cuando la terminal se dirige a otra locación, obtiene una dirección temporal.

La terminal actualiza regularmente al agente principal con su dirección temporal actual.

“Handoff” se refiere al proceso de transferir un servicio de una estación base a otra, o de una celda a otra, dentro del sistema, cuando la calidad del enlace es insuficiente. Normalmente, en sistemas 3G sólo existe handoff horizontal, puesto que los diferentes servicios no están interconectados. El handoff horizontal sólo cambia entre celdas pertenecientes a un mismo sistema. En sistemas 4G, sin embargo, surge la necesidad de un proceso de handoff vertical. Este consiste en el cambio entre diferentes servicios dentro del sistema, como cambiar entre una red WLAN y una red GSM. En la Figura 3 se ilustra el concepto de Handoff.

Debido a que las redes 4G deben manejar servicios multimedia de tiempo real, el tráfico será altamente sensible al tiempo. Adicionalmente, cada operación de handoff, especialmente las verticales, tienen una cierta latencia, por lo que es necesario tener algoritmos robustos para manejar estos procesos.

La solución para implementar sistemas de arquitectura abierta usando SDR también presenta ciertos retos en su implementación. En primer lugar, resultaría imposible manejar muchos rangos de frecuencia y esquemas de modulación con una sola antena, o los mismos amplificadores de bajo ruido, por lo que serían necesarias varias antenas (por ejemplo con un sistema MIMO). Esto, sumado al hecho de que los procesadores de señales digitales consumen una gran cantidad de energía hacen que la reducción en consumo de energía sea un reto importante.

Otras complicaciones importantes que surgen al hacer converger tantas tecnologías son los sistemas de seguridad y los planes de pago. Cada uno de estos sistemas tiene un esquema de seguridad propio, pero ninguno de estos esquemas es capaz de satisfacer las necesidades de todos los sistemas a la vez, por lo que deben ser replanteados de manera que resulten flexibles. En cuanto a los pagos de los servicios, el problema radica en que el usuario accederá a múltiples servicios desde una misma terminal, por lo que pagar a cada uno de los proveedores de manera separada resultaría complicado. Un esquema de pago debería reemplazar y cubrir todos los esquemas de pago involucrados. Una opción sería utilizar una tarifa fija que pudiera ser usada para cada acceso, independiente de la red o de la localización del usuario.

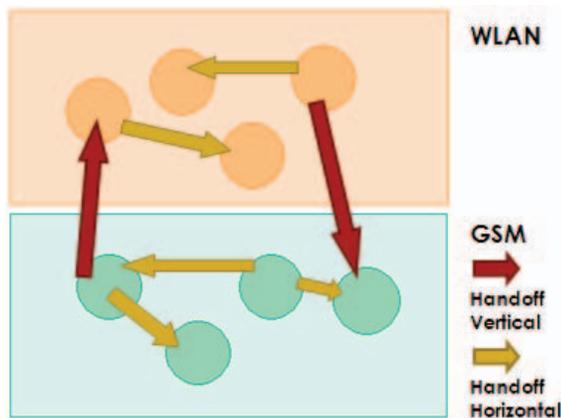


Figura 3. Handoff Horizontal (flechas amarillas) y Vertical (flechas rojas) entre las terminales en un sistema 4G.

## 5. Tecnologías Clave

Implementar un sistema de redes tan complejo requiere la cooperación de un gran número de tecnologías que puedan ejercer todas estas funciones. Vimos que para poder operar entre diversos esquemas de redes inalámbricas a la vez, es posible hacer uso de un Sistema de Radio Definido por Software, pero existen muchas otras necesidades que satisfacer en un sistema 4G. Para conectar a la multitud de terminales y servicios entre sí, es posible hacer uso de una red PAN de Banda Ultra Ancha (UWB), y para identificar a cada terminal dentro de esta red es necesario hacer uso del Protocolo de Internet Móvil v6 (MIPv6). También se requiere el uso de esquemas de multiplexión y modulación robustos que soporten el gran flujo de información. A continuación, explicaremos brevemente en qué consisten algunas de las tecnologías más importantes en la implementación de las redes 4G.

**Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales (OFDMA).** En un sistema OFDMA, el principio de funcionamiento es utilizar un gran número de subportadoras ortogonales cercanas unas de las otras para transmitir la información. Esta se divide en varios canales de datos, uno para cada portadora, que luego son moduladas con un esquema de modulación convencional como QAM. Para mantener la ortogonalidad, se les agrega un prefijo cíclico a las subportadoras, y un intervalo de guarda entre cada símbolo OFDMA. El Acceso Múltiple se logra asignando subportadoras a usuarios individuales, lo que permite transmisiones simultáneas de varios usuarios.

Para implementar este esquema, es necesario utilizar algoritmos de Transformada de Fourier Rápida (FFT) tanto en el transmisor como en el receptor.

OFDMA es más robusto a la interferencia de multitrayectorias y puede alcanzar mayor eficiencia espectral en MIMO que CDMA, pero es bastante sensible al ruido de fase y a desplazamientos de frecuencia.

**Acceso Múltiple por División de Código con Portadoras Múltiples (MC-CDMA).** Esta es una tecnología muy útil para reducir las interferencias de acceso múltiple (MAI) y las interferencias entre símbolos (ISI), que resulta de un esquema híbrido entre OFDM y CDMA. Al igual que el OFDM, el MC-CDMA puede cancelar la distorsión multitrayectoria de manera que se mejore considerablemente la eficiencia espectral. La idea básica de este esquema es mantener un sentido de ortogonalidad entre usuarios, por medio de códigos de distribución ortogonal definidos en el dominio de la frecuencia. A veces, es posible hacer uso de códigos pseudo ortogonales para aumentar el número de usuarios que se pueden acomodar, con la desventaja de que estos códigos admiten más interferencia que los totalmente ortogonales.

En un transmisor MC-CDMA se toma la entrada de información y se convierte en secuencias de datos paralelas que se multiplican por el código de distribución ortogonal y con una señal subportadora. Luego, en el receptor, se demodula la señal de manera coherente, para luego pasar por un filtro pasabajas que proporciona cada una de las señales ortogonales. Luego, estas señales se suman para recuperar la información a la salida. En la Figura 4 se muestran los diagramas de bloques del transmisor y receptor MC-CDMA.

**Sistema de Múltiples Entradas - Múltiples Salidas (MIMO).** En un sistema MIMO, el objetivo es que al enviar una misma señal a través

de múltiples antenas, se obtenga una señal más fuerte que al llegar al receptor igualmente sea captada por múltiples antenas, obteniendo un gran calidad de señal recibida, mejor confiabilidad, eficiencia espectral y velocidad de transferencia de datos. Otra ventaja de los sistemas MIMO es que usualmente trabajan en el rango de los 2 a los 5 GHz, donde las características de propagación son favorables y el costo del equipo de radiofrecuencia es bajo.

Al utilizar un sistema de antenas múltiples junto con los esquemas de OFDM o de MC-CDMA, la respuesta del canal se convierte en una matriz. Con la codificación adecuada, el efecto de multitrayectorias se puede usar como una ventaja en un sistema OFDM.

Radio Definido por Software (SDR). SDR es la tecnología clave para proveer a las redes 4G de equipos de bajo costo capaces de operar en múltiples estándares y en bandas de frecuencias diversas, por medio de procesamiento multicanalizado simultáneo.

Como se explicó anteriormente, un sistema SDR está compuesto por una antena, un filtro pasa-banda y un amplificador de bajo ruido, que constituyen la parte analógica. Luego, la sección digital consiste en un convertidor analógico/digital, y un procesador de señales digitales, que se encarga de todo el procesamiento necesario en el esquema que se esté utilizando en ese momento.

La parte digital puede reprogramarse para trabajar en otros esquemas diferentes. En teoría, el poder de procesamiento actual debe permitir desarrollar esta clase de terminales adaptables a las tecnologías inalámbricas disponibles.

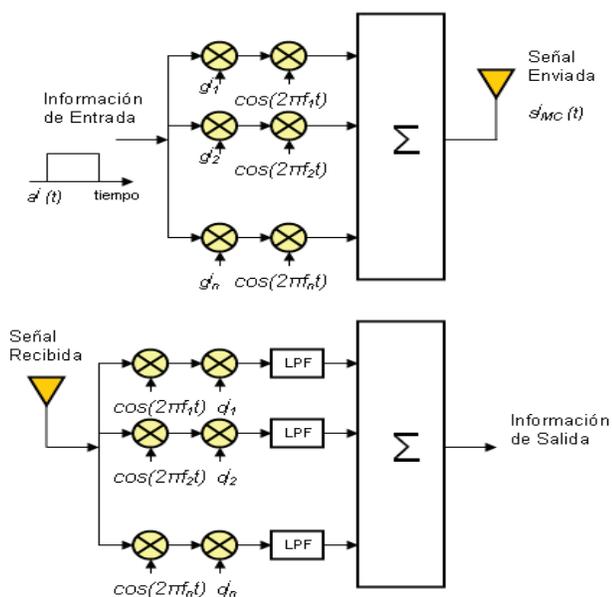


Figura 4. Diagramas de bloques del transmisor (arriba) y receptor (abajo) de un sistema MC-CDMA

**Protocolo Móvil de Internet v6 (MIPv6).** Las comunicaciones móviles futuras estarán basadas en el protocolo de Internet IPv6, ya que éste provee una cantidad esencialmente infinita de espacio para direcciones (se usan direcciones de 128 bits, por lo que el número de direcciones posibles es de 2128), lo cual sería de extrema utilidad al momento de asignarle direcciones IP individuales a cada uno de los dispositivos presentes en las redes 4G.

El MIPv6 provee de movilidad ilimitada entre redes de acceso, p

por lo que los dispositivos de los usuarios pueden moverse libremente de red a red sin afectar a otros, e implementado correctamente, podría solucionar el problema del "handoff".

La limitación al implementar un sistema generalizado de direcciones IP, es que las tecnologías que actualmente no funcionan con protocolos de Internet podrían resultar difíciles de adaptar a este sistema.

## 6. Últimos desarrollos

A principios de 2008 se iniciaron las pruebas de un proyecto para una nueva interfaz de alto rendimiento para sistemas de comunicación celular, Evolución a Largo Plazo (LTE). Este sistema propone una arquitectura de red basada completamente en protocolo de Internet, al igual que el uso de sistemas de radio definido por software, uso flexible del espectro y anchos de banda superiores a los 20 MHz (potencialmente hasta los 100 MHz).

El sistema fue propuesto a finales del 2009 al Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) como un candidato para sistemas de 4G, y se espera un lanzamiento global en el 2011.

Verizon Wireless inició las pruebas de su red de 4G basada en tecnología LTE a finales de 2009, y planea iniciar su implementación en el 2010. En estas pruebas lograron llamadas de datos exitosas sobre un espectro de 700 MHz logrando streaming de video, subidas y descargas de archivos, y navegación por la Web. También lograron implementar el sistema de Voz sobre IP para permitir transmisiones de voz sobre su red LTE 4G. AT&T iniciará sus pruebas de una red LTE 4G en 2010 con planes de implementación en 2011.

## Referencias

- [1] Suk Yu Hui; Kai Hau Yeung. "Challenges in the migration to 4G mobile systems". Communications Magazine, IEEE. Hong Kong, China. 2003. pp. 54-59.
- [2] N. Alonistioti; N. Passas; A. Kaloylos; H. Chaouchi; M. Siebert; M. O'Droma; I. Ganchev; F. Bader. "Business Model And Generic Architecture for Integrated Systems And Services: The ANWIRE Approach". 8th Wireless World Research Forum meeting. China. 2004.
- [3] J. Sodnik; M. Stular; V. Milutinovic; S. Tomazic (2008). "Mobile Communications: 4G". Encyclopedia of Wireless and Mobile Communications. Media Mobile Comm. 2008. pp. 634-642.
- [4] A. Rana; K. Kaur; A. Aggarwal. "Wireless Network (3G & 4G)". AIMT. Ambala. 2004.
- [5] N. Montavont, T. Noel, "Handover management for mobile nodes in IPv6 networks," Communications Magazine, IEEE, Volumen: 40, Edición: 8. 2002. pp.38 - 43.
- [6] Frommer, Dan (2009). Verizon Wireless testing 4G 'LTE' Network todansider.com/verizon-wireless-testing-4g-lte-network-today-2009-8
- [7] Chen, Brian (2009). AT&T plans 3G Network Upgrades, 4G Rollout.[Online]. Disponible en: <http://www.wired.com/gadgetlab/2009/05/att-plans-3g-network-upgrades-4g-rollout/>
- [8] (2010) The 3GPP and LTE Website. [Online]. Disponible en: <http://www.3gpp.org/>

# Voz sobre Protocolo de Internet, VoIP

**Kristel M. Vega R.**

Universidad Tecnológica de Panamá, estudiante  
kristelvega@hotmail.com

**Resumen-** *Voz sobre Protocolo de Internet es un nuevo sistema que permite la transmisión de voz en pequeños paquetes a través de una red IP. Esta tecnología presenta ventajas y desventajas, pero lo más sobresaliente de este sistema es la calidad de la voz que ofrece. Este artículo tiene como objetivo describir los aspectos más relevantes de esta tecnología, su funcionamiento y ciertas aplicaciones en nuestro país.*

**Palabras claves-** VoIP, SIP, PBX, LAN, IP.

## 1. Introducción

Años atrás las comunicaciones sólo se realizaban a través de la telefonía convencional por la denominada PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), pero con el pasar de los años, los avances de la tecnología y la aparición de nuevos aparatos, se han implementado nuevas formas de comunicación, entre ellas: los populares teléfonos celulares, los PCS (Personal Communication Service) y las comunicaciones IP.

La idea de la comunicación sobre IP es bastante sencilla y un tanto similar a la telefonía convencional. En una llamada telefónica normal existe una central telefónica que se encarga de establecer una conexión permanente entre los interlocutores para enviar las señales de voz. En cambio, en una llamada basada en IP, la voz viaja en paquetes de datos que son los que contienen la información de voz digitalizada y comprimida, para que la misma pueda viajar a través de la red de datos hacia su destino. El uso de la telefonía IP trae consigo un beneficio sobre la telefonía convencional, ya que no se reservan recursos en la red, como se explicará más adelante.

En este artículo se presentan el funcionamiento, los componentes, las ventajas y desventajas, así como también las aplicaciones en Panamá de la telefonía IP.

## 2. Definición

Voz sobre protocolo de Internet (VoIP- Voice over Internet Protocol), no es más que el enrutamiento de conversaciones de voz sobre Internet u otra red basada en el protocolo IP (Internet Protocol). También es conocida como telefonía IP, telefonía por Internet, telefonía broadband, entre otras.

Esta es una tecnología que permite la utilización de Internet como medio de transmisión y envía los datos de voz en pequeños paquetes, gracias a la utilización del IP, en lugar de utilizar circuitos de transmisión telefónica.

A lo largo de los años, se utilizaba el concepto de conmutación de circuitos, lo que quiere decir que debía existir un circuito físico durante todo el tiempo que durara la conversación, lo cual traía como inconveniente que los recursos que intervienen en una llamada no pueden ser utilizados hasta que la misma no finalice. Por otro lado, con la llegada de la telefonía IP se subsanó este problema ya que se podrían enviar múltiples conversaciones a través de un

mismo canal gracias a la codificación que sufren los paquetes de voz enviados por la red. Una pequeña comparación para entender mejor el funcionamiento más eficiente de la telefonía IP sobre la convencional, sería analizar los silencios que se dan en una conversación telefónica, en donde ninguna de las partes está enviando información; si se usa una comunicación tradicional estos silencios representan pérdidas ya que la línea queda libre por esos instantes y ninguna otra conversación podría utilizarla, en cambio, al utilizar comunicación IP, al darse estos silencios la línea es utilizada para enviar paquetes de información de otras conversaciones, lo que hace que la comunicación sea más eficiente.

Gracias a la telefonía IP se pueden unir dos mundos de envío de información, como lo son la transmisión de voz y la de datos. Esto da la opción de utilizar redes convergentes que se encarguen de enviar ya sea voz, video o datos [1] [2].

## 3. Estándares en VoIP

Inicialmente VoIP utilizó el estándar H.323 creado con el fin de proveer a los usuarios de teleconferencias la capacidad de enviar voz, video y datos por medio de la conmutación de paquetes. Luego de varios años y con el creciente mercado y demanda de las telecomunicaciones, se tuvo la necesidad de buscar una mejor opción que reemplazara a H.323, entonces surge el nuevo protocolo de señalización llamado Protocolo de Inicio de Sesión o mejor conocido por su acrónimo SIP (Session Initiation Protocol). SIP es un protocolo utilizado específicamente para las aplicaciones VoIP y el mismo fue creado por la IETF MMUSIC Working Group; SIP se encarga básicamente de iniciar, modificar y terminar sesiones entre uno o más participantes. Dichas sesiones pueden incluir llamadas telefónicas por Internet, distribución de datos multimedia, mensajería instantánea y juegos online, entre otras; también cabe resaltar que todas estas comunicaciones de voz/video van sobre el protocolo RTP (Real-time Transfer Protocol).

Este protocolo funciona básicamente en un ambiente de invitaciones (intercambio de mensajes) entre las partes que desean comunicarse, mientras que los clientes SIP funcionan bajo los protocolos UDP (User Datagram Protocol) y TCP (Transmission Control Protocol) en ambos casos a través del puerto 5060. Los mensajes en SIP son muy similares a los utilizados en otros protocolos como SMTP o HTTP, y los mismos constan de un encabezado y un cuerpo del mensaje.

SIP funciona en base a tres componentes principales a saber: Agente de usuarios, Servidores de registros, Servidores Proxy y de redirección.

**Agente de usuarios (UA):** un agente de usuario no es más que cualquier equipo terminal que funcione bajo el protocolo SIP, son los que emiten y consumen los mensajes del protocolo, por ejemplo: un softphone y un teléfono. Los UA se pueden dividir en dos clases, si el UA está realizando una petición se le conoce como UAC (Agente de Usuario Cliente) o si de forma contraria el UA está recibiendo una solicitud se le conoce como UAS (Agente d Usuario Servidor).

**Servidores de registros:** los servidores de registros se encargan de asociar una dirección física, la cual depende del lugar donde esté conectado el usuario (dirección IP del usuario) con una dirección lógica que se representa como una dirección de correo electrónico (usuario@dominio) y la cual es completamente independiente de la

ubicación física del usuario.

**Servidores Proxy y de redirección:** ambos servidores son los encargados de encaminar los mensajes entre los UAC y los UAS, pero su principal diferencia radica en la manera en que intervienen; los Proxy guían el mensaje hasta el destino mientras que los servidores de redirección sólo intervienen al inicio indicando por donde tiene que ir el mensaje.

Existen diversas invitaciones SIP utilizadas para el establecimiento de una conversación, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: INVITE (iniciar la sesión), ACK (confirma establecimiento de llamada), BYE (termina la sesión), CANCEL (cancela invitación pendiente), REGISTER (registra localización con servidor SIP), entre otras. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de cómo se daría una comunicación entre dos terminales SIP.

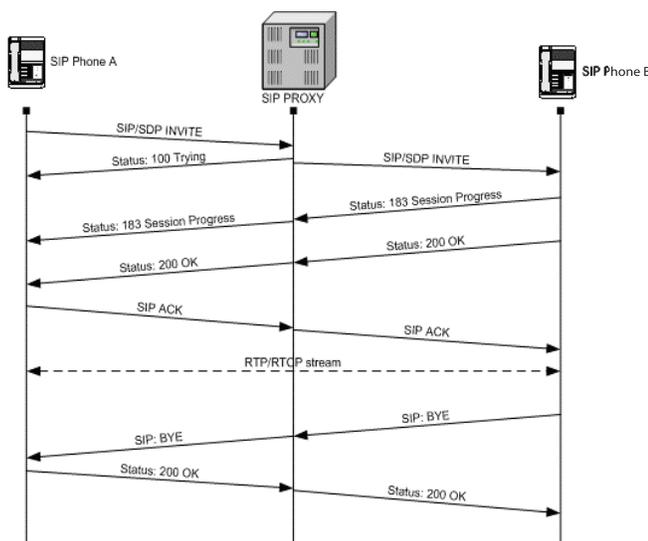


Figura 1. Ejemplo de comunicación SIP

## 4. Funcionamiento de VoIP

La principal función de VoIP es la conversión de la información de un formato analógico, en paquetes de datos para que puedan ser enviados a través de la red, los cuales son convertidos nuevamente en una señal analógica en el destino. En la Figura 2 se muestra el funcionamiento de un sistema VoIP.

El proceso de comunicación VoIP inicia con una señal analógica proveniente del teléfono, la misma es digitalizada en señales PCM (Pulse Code Modulation) gracias al códec, estas muestras (PCM) son pasadas a un algoritmo de compresión, el cual comprime la voz y la fracciona en paquetes que van a ser transmitidos en la red de datos.

Existen diversos dispositivos utilizados para este tipo de comunicación, y dependiendo del equipo se posea pueden realizar funciones como: codificación, decodificación y/o compresión. Por ejemplo, si se da una comunicación con teléfonos convencionales, los mismos deben estar conectados a un Gateway y este dispositivo es el que realiza todas las funciones mencionadas anteriormente; por otro lado si se utiliza una PBX o central telefónica, ésta es la encargada de la codificación y decodificación, mientras que el Router sólo se encarga de procesar las muestras PCM que envía la PBX.

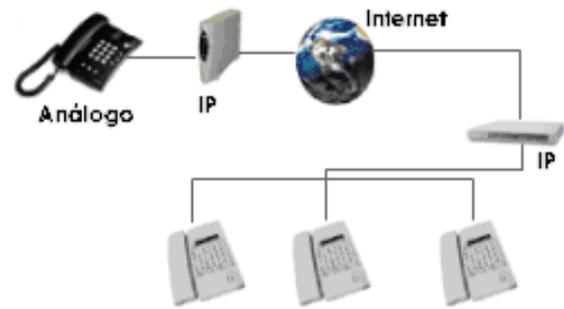


Figura 2. Funcionamiento de una red IP

El funcionamiento de una comunicación VoIP también debe presentar tres parámetros importantes para su mejor servicio: direccionamiento, enrutamiento y señalización. Cada uno de ellos tiene una función definida, por su parte el direccionamiento se encarga de identificar el origen y destino de las llamadas; el enrutamiento se encarga de buscar el mejor camino a seguir por los paquetes para que se transporten de una manera más eficiente por la red y por último la señalización, se encarga de alertar a las estaciones terminales y a los elementos de la red, y tiene la responsabilidad de establecer una conexión [2].

## 5. Entornos de la Telefonía VoIP

Los servicios de telefonía IP se pueden dividir en dos grupos principales: el primero, voz viajando sobre el protocolo IP, que es la utilización de una red privada (e.g., redes empresariales) para transportar la voz IP, y el segundo, telefonía por Internet, en el cual el medio de transporte es el Internet.

Entre estos dos grupos, la diferencia no es sólo el medio de transporte sino también el control de calidad que ambos ofrecen; aplicándose técnicas de calidad diferentes pero que llegan a brindar una calidad de servicio muy parecida.

A partir de los servicios existentes ya definidos se pueden presentar los siguientes entornos de comunicación IP:

**Llamadas teléfono a teléfono (teléfonos convencionales).** En este tipo de comunicación tanto el teléfono origen (A) como el teléfono destino (B) deben conectarse a un Gateway. Un pequeño ejemplo de este tipo de comunicación sería el siguiente, como se muestra en la Figura 3: el teléfono A es descolgado para llamar a B, la primera operación que se realiza es que el Gateway A solicita información sobre cómo alcanzar a B y el mismo da respuesta con la dirección IP perteneciente al Gateway B, luego el Gateway A convierte la señal analógica del teléfono A en paquete de datos IP que viajan hacia el Gateway B el cual regenera la señal analógica para que pueda ser entendida por el teléfono B. Por lo tanto se presenta una comunicación convencional entre los teléfonos y sus respectivos Gateways, y también se presenta una comunicación IP entre ambos Gateway. .

**Llamadas de una PC a un teléfono convencional o viceversa.** En este tipo de comunicación sólo el extremo del teléfono convencional debe conectarse al Gateway, como se muestra en la Figura 4, y por otro lado, la PC debe tener una aplicación capaz de realizar llamadas y mantenerlas, como por ejemplo un softphone. Si la PC solicita una llamada al teléfono, lo primero que el software de la PC

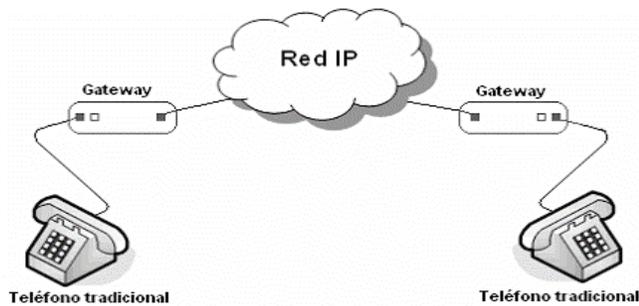


Figura 3. Comunicación VoIP entre teléfonos convencionales.

realiza es la petición de la dirección IP del Gateway, al obtener este dato la PC establece una conexión de datos a través de la red IP hacia el Gateway donde el mismo toma la señal y la convierte en una señal analógica para que el teléfono pueda entenderla. En este caso se presenta una comunicación IP entre la PC y el Gateway y una comunicación analógica entre el Gateway y el teléfono.

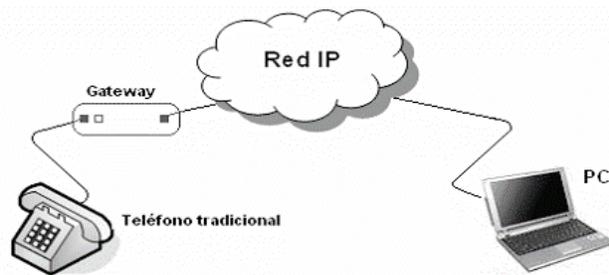


Figura 4. Comunicación VoIP entre teléfono convencional y PC.

**Llamadas PC a PC.** Este es el caso más sencillo ya que las PCs sólo necesitan tener la misma aplicación para mantener una llamada telefónica y también deben estar conectadas a la misma red IP, la cual es Internet generalmente, como se ilustra en la Figura 5. Esta comunicación se puede ejemplificar como si fuera alguna aplicación de Internet, como mensajería instantánea (Chat) [2].

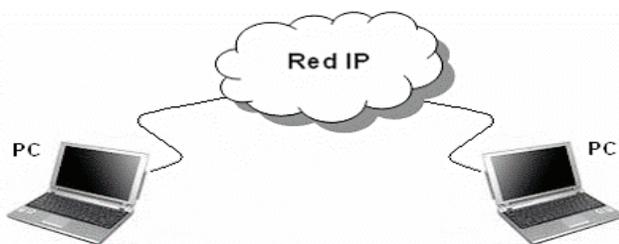


Figura 5. Comunicación VoIP entre PC's

## 6. Ventajas de VoIP

Una de las principales ventajas de esta tecnología es la disminución en el costo de las llamadas; también permiten tener más de una conversación por la misma línea telefónica sin un cargo adicional.

Un punto a favor de esta tecnología es el uso de las redes convergentes, en lugar de utilizar dos redes separadas, ya que se pueden unir las redes de datos con las redes de voz y esto implica

un menor gasto, por otro lado esta tecnología ofrece muchas facilidades entre las cuales se encuentra el poder tener acceso al correo de voz VoIP, almacenar conversaciones y poder reproducirlas cuando se desee. Además, la transmisión VoIP tiene la gran ventaja de utilizar conmutación de paquetes, se utiliza un ancho de banda menor que el de la telefonía convencional y hay un mejor aprovechamiento del canal de comunicación ya que al darse los silencios el canal se puede utilizar para enviar otra información [3].

## 7. Desventajas de VoIP

Un problema muy común en los equipos conectados a una red es el ataque de virus, y un servidor VoIP también corre el riesgo de ser infectado y en tal caso todos los equipos conectados al sistema pueden verse afectados; por otro lado se corre el riesgo del robo, ya que si algún atacante tiene acceso al sistema también tiene acceso a los datos almacenados, los cuales incluyen conversaciones y cuentas telefónicas. Un aspecto muy importante son los envíos de información ya que se sacrifica la confiabilidad para obtener mayores velocidades y por otro lado VoIP tiene la desventaja de que los paquetes pueden sufrir retrasos y pérdidas ya que toman caminos diferentes para llegar al mismo destino [2] [4].

## 8. Ataques a Redes VoIP

Luego de estudiar las desventajas y los beneficios de redes VoIP, se pueden considerar las limitaciones de seguridad.

Con la combinación de las infraestructuras de voz y datos se deben también mezclar ciertos protocolos y sistemas operativos, lo que desafortunadamente trae consigo ciertas amenazas, donde todos los componentes de la red son vulnerables y a medida que la popularidad de la tecnología de voz sobre protocolo de Internet aumenta, así mismo van aumentando los ataques a la red.

Entre los muchos ataques existentes a las redes VoIP, los principales son los siguientes:

- Accesos desautorizados y fraudes: no es más que el acceso desautorizado y la utilización ilegal de una red.
- Ataques de denegación de servicio: son intentos mal intencionado de degradar el rendimiento de una red o del sistema llegando a impedir que los usuarios legítimos del sistema lo utilicen.
- Ataques a los dispositivos: son ataques orientados a los dispositivos de la red IP, como los servidores Proxy, los teléfonos IP, entre otros.
- Enumeración y descubrimiento: es la obtención de información de los equipos que pertenecen a la red y la determinación del puerto utilizado por los mismos, para poder acceder más fácilmente.

Para aumentar la seguridad en una red VoIP, lo primero que se debe considerar es la encriptación de los datos.

Aunque este recurso presenta la desventaja de consumir ancho de banda, es más dificultoso descifrar los datos que logren ser capturados si los mismos están encriptados y de esta manera contrarrestar los ataques mencionados anteriormente. Para encriptar datos existen varias opciones, como por ejemplo: la utilización de VPN (Virtual Personal Network), o la utilización de protocolos como IPsec (IP segura) y SRTP (secure RTP). Además de la encriptación de datos se presenta la opción de QoS (Calidad de Servicio), en la cual se asegura que la voz se maneje siempre de manera oportuna, evitando la pérdida de la calidad.

## 9. Aplicaciones en Panamá

En Panamá las regulaciones en materia de telecomunicaciones están orientadas principalmente al servicio brindado sin tomar en cuenta la tecnología utilizada por la empresa. En muchos casos, la ausencia de regulación se debe a la complejidad de la materia (VoIP) y a la tendencia de las empresas de no querer regular tecnologías que involucren Internet.

Entre los principales proveedores de este servicio en Panamá se encuentra el Grupo Comtel, Micro Technology Panamá, Telecarrier Internacional, Claro Panamá y Cisco; este último es el proveedor de los servicios de telefonía IP en Panamá, los cuales incluyen aplicaciones de voz, fax, mensajes de voz transportados vía Internet u otras redes basadas en IP.

También existen ciertas empresas que utilizan este servicio para un mayor desempeño, entre las cuales se encuentran Caja de Ahorros, que utiliza esta tecnología con el fin de habilitar una comunicación transparente en sus redes de voz y datos entre todas sus sucursales a lo largo del país; Banco Nacional de Panamá, Colón Import & Export, entre otras [5].

## 10. Comentarios finales

La telefonía IP ha revolucionado el mercado de las comunicaciones ya que es un método alternativo a la telefonía convencional, y en la misma se pueden unir transferencias de voz, video y datos. Gracias a esta tecnología los consumidores se ven beneficiados ya que pueden ahorrar en las conversaciones a larga distancia,

siempre y cuando ambos extremos estén conectados a la misma red y sin lugar a dudas es el beneficio que más explotan los usuarios.

Sin embargo, VoIP no es una red libre de problemas ya que la misma sacrifica la seguridad por brindar una mejor calidad de la información enviada, pero es cierto que con los avances en la tecnología estas desventajas se irán reduciendo significativamente, logrando que en un futuro toda la telefonía actual pase a ser la Telefonía IP.

## Referencias

- [1] Martínez, Rodrigo H. ¿Qué es VoIP?. Disponible en <<http://www.psicofxp.com/articulos/informatica-tecnologia/380618-que-es-voip.html>>, Mayo 2009.
- [2] Voz sobre IP (VoIP). Disponible en <http://rt00149b.ere.smas.net/Otras/VoIP/VoIP.html>, Mayo 2009.
- [3] VOIP- Voz sobre IP. Disponible en <<http://www.monografias.com/trabajos3/voip/voip.shtml>>, Marzo 2009.
- [4] VoIP: Conozca las consideraciones de seguridad para el servicio de telefonía por internet. Disponible en: <<http://www.microsoft.com/spain/protect/yourself/home/voip.mspx>>, Mayo 2009.
- [5] Gonzalez, Y., Ortega, E., Sandoval, C. Utilización de la tecnología de voz sobre IP en Panamá. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos26/voz-sobre-ip/voz-sobre-ip3.shtml#utilizac>>, Mayo 2009.



## FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

### Oferta Académica

**La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.**

- Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Computacionales.
- Licenciatura en Ingeniería de Sistemas de Información.
- Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación.
- Licenciatura en Tecnología de Programación y Análisis de Sistemas.
- Licenciatura en Desarrollo de Software / Título intermedio de Técnico en Desarrollo de Software.
- Licenciatura en Redes Informáticas / Título intermedio de Técnico en Redes Informáticas.
- Técnico en Informática para la Gestión Empresarial.

## Huellas de un Docente

### Entrevista con el Dr. Ceferino Sánchez, Ph.D.

Por: **Carlos R. Rowe Lawson**

Periodista de DICOMES  
Universidad Tecnológica de Panamá

En la vida, siempre existen eventos, palabras y personas que dejan huellas en la sociedad, en los mejores casos exaltando los valores humanos y propugnando por el bien común.

Basado en lo anterior, se marca el devenir de generaciones formando el rostro y carácter de un país, pero los artífices de las bases de la sociedad tienden a mantenerse en el anonimato, pues no buscan loores personales, su satisfacción está en el servicio brindado y la consecución de la mayor equidad de oportunidades posibles.

Se constituyen en docentes de vocación, comprometidos con dejar impresiones profundas y duraderas, por medio de su experiencia y trabajo, tal es el caso que hoy consideramos, nos referimos al Dr. Ceferino Sánchez.

Les invito a conocer un poco más de cerca la trayectoria del Dr. Ceferino Sánchez, panameño con ascendiente español, cuya vida está marcada por el desarrollo de la educación y la investigación.



#### Momentos significativos en el área académica

Entre los momentos más significativos de su vida profesional se destacan la obtención del Ph.D. en los Estados Unidos, después de años de estudio y trabajo intenso, pero resarcidos por la compañía de su esposa y sus cuatro hijos.

En el Dr. Sánchez, aún se dibuja la emoción al recordar sus inicios como profesor e investigador durante los primeros años después de obtener el doctorado. Es la época donde se hace de las primeras herramientas propias de un forjador y orientador de ideas y conductas de desarrollo.

Un periodo que representó grandes desafíos dentro de su trayectoria y lo preparó para responsabilidades de mayor trascendencia fue durante su elección como Decano de la Facultad de Medicina, donde aún su labor es apreciada.

Comenta el Dr. Sánchez, la imposibilidad de soslayar el honor que para él significó ser elegido Rector de la Universidad de Panamá, aunque con jocosidad añade que también, recuerda con alegría el día después de cinco años, que finalizó su periodo en la Rectoría.

#### Distinciones en Panamá y a nivel internacional

La obtención de otro tipo de distinciones, conforme comenta el Dr. Ceferino Sánchez, llenan el corazón de cualquier persona, no obstante, no representa el norte de su vida. Pero igualmente responde a nuestra interrogante compartiendo con nosotros sus recuerdos, sobresaliendo la obtención del premio de Ciencia de la Asociación para el Avance de la Ciencia (APANAC), su nombramiento como Secretario Nacional de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), y su designación como Coordinador Internacional del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), entre 1989 y 1995.

De la Universidad de Purdue, es honrado con el Premio como Ex-alumno Distinguido, de dicha Casa de Estudios Superiores.

En las áreas de salud y educación ha participado en instancias relevantes en el devenir de estos sectores a nivel internacional, tal cual lo refleja su nombramiento por diez años como miembro del Grupo de Asesores Externos de Investigación de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en Washington D.C., de la misma manera participó como miembro del grupo asesor del Consejo Regional de Educación Superior de América Latina y el Caribe (CRESALC-UNESCO), con sede en Caracas de 1983 a 1994.

#### ¿Cómo aportó al desarrollo educativo su gestión como Rector de la Universidad de Panamá?

Para nuestro entrevistado, no fue fácil responder esta interrogante, pues estima que no debería ser él quien contestara, pero ante nuestra insistencia comentó algunas iniciativas de interés en el desarrollo de la Universidad de Panamá para esa época.

Mencionó recordar algunas cosas, como la reestructuración profunda de las Facultades existentes, algo que por primera vez, después de la fundación de la UP se realizaba.

Se crearon las Facultades de Economía, Administración de Empresas y Contabilidad, la de Comunicación Social, la de Educación, la de Enfermería y la de Farmacia.

Con notoria satisfacción, nos reveló que la creación de esta última Facultad fue especialmente grata debido al hecho que durante sus días de estudiante luchó, infructuosamente, con todas sus fuerzas para que tal cosa sucediera.

La finalidad, explica el Dr. Sánchez, fue mejorar la administración universitaria, lo cual en efecto se alcanzó.

#### Algo no muy popular, pero necesario

Otro recuerdo de iniciativas tomadas y que quizás algunos lectores actuales, quienes para esa época estudiaban en la Universidad de Panamá y posiblemente en su día no vieron con buenos ojos, pero seguro hoy, rien al evocar la época y ver los beneficios, fue la prohibición de las fiestas en el campus universitario.

Reitera el Dr. Ceferino Sánchez que, esta medida sólo puede ser apreciada, y evaluada su impacto por los que eran estudiantes y profesores durante el inicio de su gestión como Rector. Enfatizó como estas fiestas minaban la disciplina de los universitarios e interferían las actividades académicas. Expresó que no fue cosa fácil.

### **Preparación continua de profesores y creación de instancias administrativas**

En pro de mejorar la docencia universitaria aprobó todas las solicitudes de licencia para estudios que los profesores de la Universidad solicitaron.

Como muy importante, destaca la redacción, en base a un trabajo serio y con la participación de un número significativo de universitarios, del Plan de Desarrollo de la Universidad de Panamá.

La creación del Instituto de Estudios Nacionales y la Oficina de Administración del Ingreso a la Universidad, se erigen como puntales en la proyección y organización de la Casa de Méndez Pereira.

Relata que durante su administración se implementó un programa de construcciones especialmente dirigido a los Centros Regionales, poniéndose en funcionamiento lo que se denominó Programa de Descentralización y Desconcentración de la Universidad.

La necesidad de mejorar la calidad de la educación universitaria y estimular la investigación, fueron énfasis a los que siempre, como Rector, guardó fidelidad, aprovechando toda ocasión para sugerir, solicitar y evaluar ideas que coadyuvaran ese propósito. Eso facilitó el implemento y apoyo del trabajo de la entonces nueva Vicerrectoría de Investigación y Postgrado.

### **¿Siendo un hombre de ciencia, qué contribuciones estima ha realizado para el progreso de la investigación científica?**

Según comentó el Dr. Sánchez, entre las iniciativas más destacadas está la fundación, con otros colegas, de la APANAC, de la cual fue su primer Presidente.

Se suma a lo anterior, su colaboración en la creación, a través de APANAC, de la SENACYT y haber sido su Secretario Nacional de 1995 al 1999. Durante este periodo se aprobó la Ley de esta importante institución y se iniciaron los programas de becas para la formación de investigadores y el programa de subvenciones para estimular la investigación.

Es imposible dejar de mencionar el haber coordinado por varios años el programa de investigación en Química Fina a nivel Iberoamericano con la colaboración de un gran número de científicos y tecnólogos.

Resaltó la puesta en marcha de los Congresos Nacionales de Ciencia y Tecnología desde su inicio con otros miembros de la APANAC.

Manifestó que tuvo la responsabilidad de presidir cuatro de los doce congresos realizados hasta hoy día.

En el campo estrictamente personal, disfrutó enormemente, los aproximadamente quince años, que dedicó a la investigación experimental farmacológica en la Universidad de Panamá.

### **Percepción e importancia del panorama educativo en Panamá en consideración a la Ciencia y Tecnología, así como en el desarrollo nacional**

Creo que no hay nadie que dude sobre la importancia de la Ciencia y la Tecnología en el desarrollo de la sociedad. El instrumento para el avance de la Ciencia es la investigación científica, expresó el Dr. Sánchez.

Continuó diciendo que, la investigación científica tiene que estar basada en la capacidad de "saber pensar" y en la formación adqui-

rida durante los años de estudios.

Sin poder ocultar su preocupación, dijo que es obvio que nuestro sistema educativo, así como nuestro entorno social, no son conducentes a la formación de investigadores ni a la dedicación de nuestros jóvenes a la investigación.

Como consecuencia, tenemos que hacer todo lo posible para revertir esta situación.

En alguna medida, especialmente con la creación de la SENA-CYT y el trabajo en algunas universidades y centros de investigación, cree que algo se está avanzando.

### **Impacto de los fenómenos económicos sobre la educación panameña**

El Dr. Ceferino Sánchez es del pensar que, está claro que una economía próspera, es decir, un crecimiento económico alto y sostenido del PIB siempre es necesario y conveniente para financiar la ampliación de la oferta educativa en el país y en especial para mejorar la calidad de la educación a todos los niveles. Por supuesto, que además de los recursos económicos, se necesita una actitud política positiva de los que gobiernan a favor de la educación.

Añadió, que no está demás indicar, la necesidad de ser eficientes en la administración de los recursos disponibles para financiar la educación.

Resaltó la necesidad, que en periodo de crisis económica, se deberá siempre tener presente la prioridad de la inversión en educación.

### **¿Qué recomendaciones podría aportar para el mejoramiento de la educación y la investigación?**

Respondió aclarando que, para el mejoramiento de la educación, especialmente de la básica general y la media, se necesitan cambios sustanciales y profundos, ya formulados por el Consejo Nacional de Educación (CONACED). Por ejemplo:

- Universalizar la educación preescolar formal.
- Incrementar hasta un 100% la cobertura de la educación hasta el noveno grado.
- Mejorar significativamente la formación académica inicial y en ejercicio, del docente unido a una política de estímulos e incentivos.
- Organizar un Sistema Nacional de Supervisión con personal debidamente capacitado.
- Incluir la educación en valores ciudadanos como una asignatura regular.
- Construir locales escolares con diseños modernos y eficientes que estimule y facilite el proceso de enseñanza aprendizaje
- Crear un Centro de Investigación e Innovación Educativa y
- Concertar, con todas las partes interesadas, una moderna Ley Orgánica de Educación

### **¿Qué se necesita para el mejoramiento de la educación universitaria?**

El Dr. Sánchez es partidario de aumentar significativamente el número de profesores con estudio de postgrado, a nivel doctoral, y cuyos títulos hayan sido obtenidos en instituciones de alto nivel académico.

Muy importante es aumentar la cantidad de profesores que dediquen parte de su tiempo a la investigación y estimular la productividad científica de ellos.

De la misma manera es necesario elevar los estándares de ingreso de los estudiantes y los requisitos para su graduación.

Las universidades públicas deben crear, junto con las universidades particulares, un consejo universitario que oriente las políticas necesarias para mejorar la educación superior en el país, incluyendo una oferta de estudios y programas de investigación de interés estratégico para Panamá.

#### Investigación e investigadores

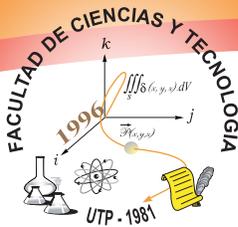
Relacionado al mejoramiento de la investigación, destacó la

necesidad de que la SENACYT continúe y aumente su programa de becas para la formación de investigadores.

Deben aumentar el número de subsidios de investigación y ayudar a mejorar la infraestructura de investigación de las universidades y los centros especializados.

Por último, pero no menos importante, está el estímulo apropiado para los investigadores de acuerdo con su productividad y la calidad de sus trabajos.

Al agradecer el tiempo del Dr. Ceferino Sánchez, destacamos el beneficio que profesionistas comprometidos con Panamá, representan en la conformación de estructuras dinámicas capaces de sortear los tiempos y permitir la continuidad de una nación.



## FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

### Oferta Académica

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.

**Licenciatura en Ingeniería de Alimentos**

**Profesorado en Educación Media y Premedia en Ciencias y Tecnología con especialización en la carrera de estudio.**

**Licenciatura en Comunicación Ejecutiva Bilingüe / Título intermedio de Técnico en Comunicación Ejecutiva Bilingüe.**

## El Estándar IEEE 1100 Libro Esmeralda Una Ayuda en la Comprensión de los Fenómenos de Calidad de Onda

**Ing. Alcibiades Mayta T. M.Sc.**

Universidad Tecnológica de Panamá  
alcibiades.mayta@utp.ac.pa

Con la proliferación de los equipos electrónicos ocurrida en las últimas décadas se hizo patente la sensibilidad de éstos a las perturbaciones en la calidad de onda de voltaje que si bien siempre habían estado presentes, en los sistemas eléctricos, desde sus mismos orígenes, no representaban un problema realmente significativo como lo es hoy en día.

Como respuesta, la industria eléctrica promovió el estudio y análisis de estos problemas y adoptó recomendaciones respecto a las medidas de mitigación necesarias para solucionarlos o disminuir sus efectos.

Dentro de las numerosas publicaciones que han surgido para atender los problemas de Calidad de Onda se destaca el Estándar IEEE 1100 [1], perteneciente a la Serie de Colores, y mejor conocido como el Libro Esmeralda. En la introducción de este estándar leemos que su propósito es proveer las prácticas recomendadas, adoptadas por consenso de numerosas instituciones, universidades y público interesado, en un área donde ha existido, en forma dominante, información y filosofías de diseño muchas veces conflictivas. Dice el estándar: "A medida que la proliferación de equipo digital continúa cambiando el modo en que la sociedad utiliza y descansa en la continuidad de la potencia eléctrica, la necesidad de prácticas estandarizadas de protección de los sistemas y aterrizaje continúa creciendo. Los requerimientos de la sociedad digital han, esencialmente, excedido las capacidades actuales del suministro eléctrico, y la necesidad de prácticas que promuevan la compatibilidad de los sistemas de suministro y de los equipos conectados es de la mayor importancia desde los grandes complejos industriales hasta las oficinas hogareñas."

En el Capítulo 3, del libro Esmeralda, se hace una declaración que se considera medular en el tema de calidad de onda: "los problemas de la calidad de la energía, ... pueden ser una fuente de malentendidos, en el mejor de los casos, o una fuente de disputas, en el peor, entre suplidores y usuarios de la energía eléctrica, y entre fabricantes y usuarios de equipo sensible".

En general, buena parte de la afectación de los equipos se debe a la existencia de transitorios en la tensión, los cuales suceden a menudo en toda red eléctrica.

Allan Greenwood en su libro, *Transient in Power Systems* [2], el cual se considera un clásico en la bibliografía relacionada con transitorios eléctricos, expresa en la introducción del Capítulo 1: "Un transitorio eléctrico es la manifestación externa de un cambio súbito en las condiciones de un circuito, como cuando un interruptor abre o cierra o una falla ocurre en el sistema. El periodo transitorio es usualmente muy corto. La fracción de su tiempo de operación, que la mayoría de los circuitos emplean en la condición transitoria, es

*insignificante comparada con el tiempo que el sistema permanece en estado estable. Sin embargo, estos periodos transitorios son extremadamente importantes, porque es en tales ocasiones que los componentes del circuito están sujetos a grandes esfuerzos debido a excesivas corrientes o voltajes. En casos extremos, se producen daños. Esto puede deshabilitar una máquina, detener un planta o producir una gran interrupción en un ciudad, dependiendo del circuito implicado. Por esta razón, es esencial una clara apreciación de los eventos que tienen lugar durante los periodos transitorios, para una comprensión completa de los circuitos eléctricos.*

*Es desafortunado que muchos ingenieros electricistas tengan una vaga concepción de lo que está sucediendo en el circuito en tales ocasiones. Verdaderamente, pareciese ser que, para algunos, el tema bordea las fronteras de lo oculto. No obstante los transitorios pueden ser comprendidos: ellos pueden ser calculados y algunas veces prevenidos, o al menos controlados, de modo que sean inocuos al sistema de potencia en el cual ellos aparecen" [2].*

### El perjuicio de la falta de comprensión de los fenómenos de calidad de la energía

En nuestro país, existe un desconocimiento generalizado de las causas de estos fenómenos, de las medidas de mitigación que puedan ser adoptadas y de quién debe adoptarlas. En tal sentido, en Panamá, se hacen ciertas las palabras de Allan Greenwood ya que son, precisamente, muchos ingenieros eléctricos los que tienen una "vaga" comprensión de estos fenómenos. Al no comprenderlos, tampoco son capaces de estructurar una solución y, mucho menos, recomendar a sus clientes el adoptar medidas de control y mitigación apropiadas. Por el contrario, en Panamá, existe fuertemente enraizada la falsa concepción que es la compañía suministradora del servicio eléctrico la causante de todos los males en los equipos de sus clientes, y que todas las posibles medidas a adoptar deben ser estructuradas por la compañía. Se releva, entonces, al cliente de toda responsabilidad con lo cual, lejos de beneficiarlo se le perjudica.

Las consecuencias, en Panamá, que esta falsa concepción ha tenido para la sociedad y para los particulares, ha sido un costo tanto humano como financiero. En particular, con cierta frecuencia, en los periódicos se leen noticias en donde el encargado de cierto hospital público o centro de cuidados médicos, se queja de que las "fluctuaciones han causado daños a equipo médico valioso o pérdidas de medicamentos". Por otra parte, algunos industriales y numerosos particulares se quejan de daños causados por el mismo motivo y también de afectaciones a equipos diversos. Muchas veces, las llamadas fluctuaciones que no son otra cosa que perturbaciones en el voltaje, son causadas por los propios equipos afectados.

En el caso de los hospitales y clínicas públicas, no sólo importa el daño a equipos costosos sino el sufrimiento que se le impone a la población, especialmente, a los sectores más humildes quienes no cuentan con otra opción que un hospital público para su atención.

Esta situación, que se mantiene en forma reiterada a través de los años, ha permanecido sin solución; sin embargo ¿tiene que ser así? La respuesta es no; definitivamente tiene solución siempre y cuando los ingenieros electricistas, en vez de tener una vaga comprensión de los fenómenos de transitorios eléctricos, como le

preocupaba a Allan Greenwood, tengan un conocimiento claro.

El sistema eléctrico, siempre se ha comportado como en el presente, ya que las leyes que lo gobiernan pertenecen a las leyes físicas existentes en el universo en que vivimos. No se puede evitar que ante un cortocircuito, ocurra una baja en la tensión, o fluctuación, no sólo en el circuito afectado sino en los vecinos. La apertura o cierre de interruptores, y en general la conmutación de un estado a otro en el sistema eléctrico, no se puede hacer de manera instantánea sin pasar por un periodo transitorio en el cual habrá fluctuación de voltajes y corrientes. Esa es la realidad del sistema eléctrico y no puede ser cambiada. Lo que corresponde hacer, tal como la industria eléctrica y los organismos reguladores en otras partes del mundo lo han comprendido desde hace décadas, es que es necesario construir, diseñar, instalar, mantener y proteger los equipos eléctricos de tal manera que toleren el ambiente en el cual tendrán que existir y, por supuesto, realmente importante, adoptar las medidas de mitigación, para la cual la propia industria eléctrica ha diseñado numerosos dispositivos.

Ahora bien, ¿a quién le corresponde la tarea de inmunizar los equipos frente a las contingencias naturales en un sistema eléctrico? Podríamos responder que a los tres actores principales: los fabricantes, la compañía eléctrica suministradora y el cliente de ésta. No hay lugar a discusión, ya que está demostrado de sobra en la industria eléctrica, que las medidas de mitigación son más efectivas y económicas mientras más cerca estén al equipo que se desea proteger. No se puede pretender que sea el pararrayos del transformador de potencia, en la red de la compañía eléctrica, el que proteja un equipo electrónico, o de otra naturaleza, en la red interna dentro de la propiedad del cliente. Tales absurdos, nos han llevado, en Panamá, al estado de “poco importa” por parte del cliente cuando se trata de la protección de sus equipos.

De hecho, las Normas de Calidad del Servicio Técnico, las cuales forman parte del Anexo A., de la Resolución JD-764 de la ASEP, se ocupan muy poco, o son excesivamente vagas, respecto

al tema. En los Contratos de Suministro, los que suscribe el cliente y la empresa suministradora, se ha obviado el advertir al cliente de las características del sistema eléctrico y de su obligación de adoptar algunas medidas de mitigación. Una rápida investigación de los contratos de suministro de numerosas empresas eléctricas, en el resto del mundo y, en particular, los Estados Unidos de Norteamérica y América Latina, nos demuestra que en los contratos de suministro se advierte de todos estos asuntos.

## El Camino a Seguir

No se trata de avalar una mala calidad en el servicio eléctrico suministrado por parte de las compañías distribuidoras. A estas les corresponde brindar un servicio dentro de los parámetros establecidos en las Normas de Calidad del Servicio Técnico. Por su parte, a los profesionales de la ingeniería eléctrica, les corresponde la responsabilidad del estudio de estos fenómenos, el mantenerse actualizados y diseñar soluciones y no constituirse en parte del problema, como ha sido hasta ahora. De esta forma estarán en capacidad de asesorar correctamente a sus clientes. Un profesional de la ingeniería eléctrica, desactualizado, poseedor de conocimientos confusos y sin comprender claramente el fenómeno al que se enfrenta, se constituye en un obstáculo para la solución y, más bien, él mismo es el problema mayor.

El Estándar 1100, y cientos de otras publicaciones son una fuente inagotable de información para el profesional interesado; los beneficios que de ello se obtenga no sólo redundan en el ámbito personal sino que contribuyen a una mejor calidad de vida en la sociedad en la que vivimos.

## Referencias

- [1] IEEE Emerald Book – Powering and Grounding Electronic Equipment - 2005
- [2] Allan Greenwood, Electrical Transients in Power Systems – Second Edition, John Wiley & Sons, U.S.A., 1991.



## Oferta Académica

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.

-  **Licenciatura en Ingeniería Eléctrica y Electrónica.**
-  **Licenciatura en Ingeniería Electromecánica.**
-  **Licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.**
-  **Licenciatura en Sistemas Eléctricos y Automatización.**
-  **Licenciatura en Electrónica Digital y Control Automático.**
-  **Licenciatura en Electrónica y Sistemas de Comunicación.**

## FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

## El Manejo de la Energía, más que una Alternativa, una Prioridad para la Gerencia de las Industrias de Hoy

**Dr. Edilberto Hall M., Ph. D.**

Director, Unidad de Ahorro Energético  
Universidad Tecnológica de Panamá

El ahorro energético y el uso racional y eficiente de la energía han demostrado ser programas que, diseñados y ejecutados efectivamente, logran mitigar los problemas del alto consumo energético en las industrias, especialmente en tiempos de altos precios de los derivados del petróleo, escasez de la oferta de energía eléctrica, y debido a fenómenos climatológicos periódicos tales como El Niño. Sin embargo, estos programas se han desarrollado en circunstancias de necesidad extrema y no son parte de una gestión empresarial permanente que garantice el mejoramiento de la eficiencia operativa de la industria, el ahorro energético, y la capacitación del recurso humano de las empresas orientadas al ahorro.

Los programas de ahorro energéticos surgen producto de la actitud reactiva de los empresarios a las señales de precio de los combustibles, la escasez de la energía eléctrica, y la competencia empresarial por producir productos y servicios a menores precios, manteniendo el nivel de calidad, para el mismo consumo energético. La alta facturación en consumo de electricidad se convierte en un problema de la alta gerencia, la cual carece de los principios básicos del manejo del tema del ahorro energético, las prácticas y tecnologías que pueden ser utilizadas para tal fin.

El objetivo de este documento es el de describir los principios fundamentales de la implementación de un Sistema de Gestión de Eficiencia Energética, el cual es un concepto inmerso en la Gestión Administrativa Empresarial. Esta gestión tiene como propósito la administración y fortalecimiento del uso de la energía eficientemente a través del mejoramiento continuo.

La eficiencia energética requiere, por tanto, cambios que van más allá de lo económico y tecnológico, y que se relacionan con la línea estratégica de la alta gerencia, la actitud del recurso humano hacia la eficiencia, el ahorro de energía, el logro de metas y la protección del medio ambiente. En general, la eficiencia energética es la relación entre la salida en términos energéticos (productos y servicios) y la entrada (consumo de energía) de un proceso industrial. La eficiencia energética se puede definir como el logro de un cierto nivel de producción, con una calidad deseada, usando menos energía, y con la menor afectación ambiental posible. En las últimas décadas, el aspecto ambiental ha jugado un papel importan-

te en nuestras vidas, convirtiéndose en un factor determinante en todo proyecto de producción. La eficiencia energética es solidaria con el mejoramiento y conservación del ambiente.

El ahorro energético es una práctica que se basa en tres conceptos fundamentales del consumo energético. El primero, consumir con calidad, evitando multas por bajo factor de potencia y alta demanda, desbalances de carga y sobrecargas, aislamientos térmicos deficientes, fugas de aire acondicionado, y capacidades inapropiadas de equipos electromecánicos, etc.

El segundo, es consumir con eficiencia, usando dispositivos y equipos de alta eficiencia comprobada, utilizando sistemas de control automático, sumado al diseño y construcción de instalaciones eléctricas y edificaciones con materiales apropiados, además de, dimensionar el consumo energético de las edificaciones según estándares internacionales, entre otras.

El tercer concepto básico, consumir con conocimiento: realizando diagnósticos energéticos que suministren información significativa sobre el estado actual de las redes eléctricas, entrenamiento apropiado sobre técnicas de ahorro, educación y una actitud correcta de todos. Estos son aspectos indispensables para lograr los objetivos de todo programa permanente de ahorro energético.

El ahorro energético es una herramienta que nos suministra una visión clara de la situación sobre el consumo energético en la industria, se establecen las oportunidades de ahorro energético, la evaluación técnico-económico de las diferentes acciones de ahorro, necesario para

establecer un plan estratégico de corto, mediano y largo plazo para el ahorro de energía.

A continuación, compartimos siete pasos para lograr un plan de ahorro energético exitoso en instalaciones comerciales, industriales y gubernamentales. La aplicación correcta de esta receta les dará los resultados que buscan con el ahorro energético.

1. Los propietarios y/o la alta gerencia deben estar comprometidos y liderar permanentemente las acciones de ahorro energético. No existe programa permanente de ahorro que logre los resultados deseados sin la participación efectiva de quienes toman decisiones.
2. Crear un equipo de *Administradores Energéticos* que supervise, verifique, concientice y dé seguimiento a las acciones de ahorro energético. Estos son el enlace entre la gerencia y los demás colaboradores de la organización.
3. Realizar un *Diagnóstico Energético* que identifique las oportunidades viables de ahorro energético, utilizando equipos analizadores de los parámetros eléctricos, mecánicos y de calidad de la energía, evaluando los procesos de producción y trabajo, e inspeccionando las instalaciones. Esto define la línea base o situación actual.



4. Implementar, en base a los resultados del diagnóstico energético, un *Plan de Inversiones* para las acciones que resulten viables técnica- y financieramente. Las inversiones se dan en 3 niveles: acciones que requieren muy poca ó ninguna inversión (inspección), acciones de baja inversión (reparaciones), y aquellas que requieren una planificación programada (proyectos).
5. Desarrollar un *Plan Estratégico* que contenga los ejes estratégicos (objetivos), las líneas de acción (proyectos) y acciones del ahorro energético que guiarán el camino y facilitará las modificaciones que deban adoptarse.
6. Evaluar permanentemente el progreso del plan estratégico y el cumplimiento de metas, considerando la flexibilidad prudente del plan y los ajustes requeridos en el desarrollo del mismo. Los tomadores de decisiones tendrán la última palabra en cuanto a la adopción de ajustes o modificaciones.
7. Reinvertir los ahorros obtenidos en beneficio del personal en términos de perfeccionamiento, bonificaciones y mejoras al clima organizacional; y en inversiones para la empresa en términos de proyección de la imagen corporativa.

El ahorro energético no debe ser “dinero para el bolsillo” sino beneficios para todos los colaboradores y una oportunidad de negocio para la empresa al optimizar sus recursos, permitiéndole lograr una percepción positiva ante la ciudadanía a través de la proyección de su responsabilidad social, lo que considera también la protección del medio ambiente, menos contaminación del ambiente y el planeta tierra.

La implementación del plan de ahorro energético, siguiendo los siete pasos descritos, ha sido usada como solución temporal a los problemas de la alta facturación eléctrica, altos costos de los combustibles y derivados del petróleo, y en momentos de crisis energética. De modo que, para garantizar el compromiso de mantener los estándares de calidad y eficiencia energética se requiere implantar el concepto de la gestión permanente del uso eficiente de la energía en la industria, el cual consiste, en grandes rasgos, en que el equipo de administradores energéticos monitoreen permanentemente los equipos y los procesos que determinan el mayor consumo de energía, evalúen el desempeño, y organicen acciones correctivas basadas en los registros obtenidos y en los indicadores de eficiencia definidos.

Un Sistema de Gestión Energética tiene como objetivo general lograr la continuidad del proceso de ahorro energético. Esto es, se crea un equipo de personas de todas las áreas de la empresa, incluyendo miembros de la gerencia, bajo la conducción de un líder de la gestión energética para administrar el sistema, lo cual permite la interacción efectiva y mejora la comunicación entre todos los miembros y áreas de la organización. Se logra la actualización permanente de todo el recurso humano de la empresa en el manejo de los procesos, equipos, técnicas operativas, cultura del ahorro energético y conservación del ambiente. Esto fortalece nuevos esquemas de producción y uso racional de la energía, incluso en sus propios hogares. La gestión es un sistema de control o autocontrol para implementar nuevas acciones orientadas a los procesos productivos de la planta, o a la prestación de los servicios que ofrece la empresa, que mejore la capacidad de la gerencia y de los trabajadores para alcanzar nuevas metas de eficiencia. Un diagrama de un

sistema de gestión energética tiene una forma típica según se muestra en la figura. En este diagrama se puede observar que el ciclo de mejora continua hace la diferencia de un simple plan de ahorro energético.

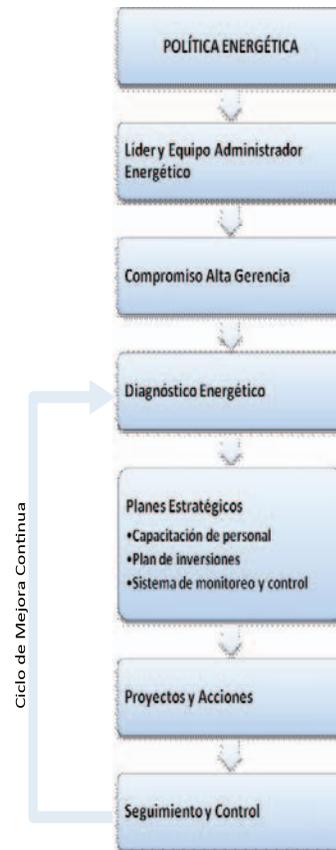


Figura. Sistema de Gestión Energético típico.

Recapitulando, un sistema de gestión energética en la industria es aplicar procesos de control de ahorro energético a los medios productivos, a todo el personal, a los procesos, la organización del trabajo y la administración, con el objetivo de cumplir con la política, objetivos y metas desarrollados en el plan estratégico de eficiencia energética, que garantice el mejoramiento permanente de la eficiencia.

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, según sus siglas en inglés), el mayor potencial de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente está en implementar medidas de eficiencia energética; en cantidades esto es, un 78% distribuidos entre los usos finales de los combustibles fósiles y la electricidad, y las plantas de generación eléctrica. En menor cuantía se mencionan el uso de la energía termonuclear y las energías renovables. Se estima que un sistema de gestión energética pudiera alcanzar reducción en los consumos en un 10 a 25% en uno a tres años, con períodos de recuperación de la inversión menor a dos años. Estos valores varían dependiendo de la industria, pero pudieran aún ser mejorados implementando sistemas avanzados de control, equipos de alta eficiencia cuando sea necesario adquirir nuevo equipo, y métodos

más óptimos de uso de la energía en procesos industriales que usan vapor. La práctica ha demostrado que un sistema de gestión energético requiere una inversión de un 10% del gasto anual en energía.

El uso de los recursos para la implementación del sistema se determina del análisis técnico-económico, ordenando las acciones o proyectos en orden según: menor mérito, mayor impacto, y mayores tasas de retorno de la inversión. Sin embargo, se debe hacer valoraciones más allá de lo meramente económico, según el aumento de la comodidad, la productividad, el aumento de la calidad de productos y servicios brindados, y el mejoramiento de los impactos al ambiente. La gerencia también debe evaluar, la señal que manda a la comunidad el mejoramiento de la eficiencia al prestigio e imagen corporativa. El ciudadano común cada vez está más consciente de empresas líderes en la conservación del medio ambiente y la formación de capacidades.

El ahorro energético debe iniciarse desde el proceso de walk-through o inspección de las facilidades industriales, equipos de mayor consumo, estructuras eléctricas y mecánicas, y métodos de trabajo, donde se identifican situaciones obvias y triviales las cuales requieren ninguna o muy poca inversión y que pueden hacerse inmediatamente. Sin embargo, el mayor uso de los recursos de inversión se realiza al inicio de la creación del sistema de gestión energética, debido a la necesidad de formar las capacidades del personal clave que controla el 20% de los equipos y

sistemas que consumen el 80% de la energía, contratación de asesoría técnica especializada externa para realizar los diagnósticos energéticos, mientras aún no se cuenta con los equipos analizadores de energía y de monitoreo. Los proyectos iniciales deben ser de alto impacto y los que determinen los mejores indicadores de rentabilidad financiera para la empresa, lo que permite a quienes toman decisiones demostrar a la alta gerencia o propietarios los beneficios del sistema.

El manejo de la energía se ha convertido en una "prioridad" para la gerencia de la industria de hoy. Los bajos costos del petróleo y sus derivados es cosa del pasado, siempre habrá fenómenos ambientales periódicos y casuales que afectarán la generación energética. El sistema de gestión energética es la manera de administrar y asegurar el uso de la energía eficientemente para el mejoramiento continuo de la eficiencia de los procesos industriales, haciendo a la industria más competitiva y más amigable con el ambiente.

### Referencias

- [1] Borroto Nordelo, Gestión Energética Empresarial, A., Riobamba, julio 2009.
- [2] W. C. Turner, S. Doty, Energy Management Handbook, 6th ed. The Fairmont Press, Inc. 2007.
- [3] World Energy Outlook 2006. IEA, Noviembre 2006.



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### Oferta Académica

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.

- Licenciatura en Ingeniería Mecánica.
- Licenciatura en Ingeniería de Mantenimiento.
- Licenciatura en Mecánica Industrial.
- Licenciatura en Tecnología Mecánica.
- Licenciatura en Refrigeración y Aire Acondicionado / Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Refrigeración y Aire Acondicionado.
- Licenciatura en Mecánica Automotriz / Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Mecánica Automotriz.
- Licenciatura en Administración de Aviación.
- Licenciatura en Administración de Aviación con Opción a Vuelo.
- Técnico en Ingeniería de Mantenimiento de Aeronaves con especialización en Aviónica y Fuselaje.
- Técnico en Ingeniería de Mantenimiento de Aeronaves con especialización en Motores y Fuselajes.
- Técnico en Despacho de Vuelo.
- Técnico en Servicios de Aerolíneas.

# Las Ontologías y el Lenguaje OWL 2

**David E. Narváez**

Universidad Tecnológica de Panamá, estudiante  
david.narvaez@computer.org

**Resumen-** *En la era tecnológica actual, el manejo estructurado de la información toma un papel de suma relevancia debido a la gran cantidad de datos accesibles al público: hemos llegado a tal punto que el procesamiento de toda la información disponible ya no es una tarea alcanzable para el ser humano.*

*De esta realidad nace la necesidad de proveer a las computadoras de la capacidad de procesar información arbitraria, sin embargo, para estos fines, es también necesario estructurar la información de una manera adecuada para ser procesada por las computadoras. Las Ontologías buscan precisamente proveer a las Ciencias de la Información de una estructura común para esta tarea.*

**Palabras Claves-** Ciencias de la Información, Ciencias Computacionales, Ontologías, OWL, Complejidad Algorítmica

## 1. Introducción

Tal vez la distinción más importante que se debe hacer al tratar con cualquier tema de las Ciencias de la Información es aquella que existe entre los términos datos, información y conocimiento. Los datos proporcionan valores como números y textos, que en conjunto componen la información. Sin embargo, la manera en la que la información debe ser interpretada y la manera en que se debe reaccionar ante cierta información es lo que se denomina conocimiento. De la misma manera en que contamos con los tipos de datos para describir los datos, y contamos con las bases de datos para describir la información, las ontologías son las que nos permiten modelar de manera estructurada el conocimiento.

El término ontología fue utilizado originalmente por los pensadores griegos, y se refería al estudio de los objetos que conforman toda la realidad, la categorización de los mismos y la relación que existe entre ellos. En concordancia con la definición original, las ontologías en las Ciencias de la Información definen relaciones y jerarquías entre los objetos que forman el conocimiento y define un vocabulario relacionado con el mismo, como lo muestra el ejemplo que se desarrolla detalladamente en [1].

Una ontología así definida es un objeto abstracto, sin embargo, en la práctica, existen una gran cantidad de lenguajes especialmente diseñados para describir una ontología en un documento digital, facilitando así el procesamiento automatizado de la información. En este artículo trataremos sobre el Web Ontology Language 2 (OWL 2), su historia, sus diferentes niveles y aplicaciones y algunas librerías de software que nos permiten trabajar con ontologías definidas en este lenguaje.

## 2. Historia

Sin duda alguna, el reciente interés por las Ciencias de la Información dentro de las Ciencias Computacionales se debe en gran parte a la popularización del Internet y toda la información

en él disponible. Sin embargo, los esfuerzos por definir un formato común para el intercambio de conocimientos por medio de computadoras datan de mucho antes. A continuación presentaremos una breve reseña de la historia del lenguaje OWL el cual nos permitirá poner en contexto las ventajas y desventajas del mismo.

### 2.1 El Esquema RDF

Con el fin de proveer a las Ciencias Computacionales de un estándar para la representación de ontologías, el World Wide Web Consortium (W3C) definió en 1999 el Marco de Descripción de Recursos (RDF, por sus siglas en inglés) el cual consiste en un conjunto de especificaciones relacionadas con la definición digital del conocimiento [2].

En particular, este marco contiene el Esquema RDF, (RDFS) el cual consiste en un lenguaje para definir conceptos y relaciones entre conceptos, como jerarquías y pertenencias [3].

Este lenguaje pertenece a la familia de lenguajes de marcado, familia a la cual pertenecen también otros lenguajes populares como HTML y XML, este último estrechamente relacionado con RDFS.

El conocimiento en RDF es representado mediante ternas RDF, las cuales son expresiones de la forma Sujeto – Predicado – Objeto en donde el Sujeto y el Objeto son conceptos de la ontología y el Predicado define una relación entre ellos.

### 2.2 OWL

A pesar de que, desde su publicación, RDFS fue ampliamente utilizado para la representación del conocimiento, el mismo posee graves limitaciones como la incapacidad de definir conjunciones de clases y la incapacidad de definir relaciones de cardinalidad. Con el fin de atender estos problemas, la W3C conformó un grupo de trabajo que, basándose en un lenguaje alternativo (también de marcado) para la definición de conocimientos llamado DAML+OIL, publicó OWL, una familia de lenguajes que extendía la funcionalidad presente en el RDFS, la cual fue aceptada como una Recomendación de la W3C el 10 de Febrero de 2004 [4].

Una de las características más importantes de esta especificación es la definición de tres sublenguajes dentro de la misma: OWL Lite, OWL DL y OWL Full, aquí listados en orden creciente de complejidad, que permiten al usuario dotarse de un subconjunto de reglas sintácticas adaptado a la medida de sus necesidades: OWL Lite proporciona un lenguaje sencillo para quienes solamente necesitan categorizar objetos y definir relaciones entre ellos; OWL DL extiende OWL Lite para permitir mayor expresividad, garantizando a la vez que ciertas propiedades lógicas se mantengan dentro de la ontología definida y finalmente OWL Full proporciona todos los grados de libertad posibles en la definición de las ontologías sin garantizar que se mantengan las propiedades lógicas deseables para el razonamiento automatizado sobre la ontología.

### 2.3 OWL 2

Con el fin de mejorar la especificación original del lenguaje OWL, un grupo de investigadores, principalmente de la Universidad de Manchester, propuso el 19 de Diciembre de 2006 una extensión del mismo llamada OWL 1.1

Esta extensión tenía como finalidad la creación de un nuevo grupo de trabajo para adicionar nuevas características como mayor expresividad sintáctica, extensiones sobre los tipos de datos y capacidad de anotaciones, metamodelado simple, entre otras. La conformación de este grupo de trabajo produjo la publicación y aceptación de la especificación OWL 2 como nueva Recomendación W3C para lenguajes de descripción del conocimiento [5].

### 3. ¿Qué es OWL 2?

A continuación detallamos en qué consiste la especificación del lenguaje OWL 2. Veremos también cuáles son los distintos sublenguajes que conforman esta especificación y los componentes que define la misma.

#### 3.1 Definición Formal

Como ya mencionamos, OWL 2 es un lenguaje para la descripción del conocimiento, con un enfoque específico en definir ontologías para la Web. Más específicamente, el objetivo principal del lenguaje es el permitir el procesamiento de la información disponible en la Web por medio de computadoras. Un documento OWL 2 es normalmente compartido como un documento RDF/XML, sin embargo existen otras sintaxis y herramientas de serialización que pueden ser utilizados para representar una ontología descrita en OWL 2 en un documento, a saber, el serializador Turtle, la especificación OWL 2 XML y la Sintaxis Manchester.

La especificación de OWL 2 define de manera abstracta la estructura de una ontología descrita por medio de este lenguaje, sin embargo, existen dos definiciones semánticas distintas que indican cómo interpretar una ontología definida en OWL 2, la Semántica Directa (conocida informalmente como OWL 2 DL o Sintaxis Funcional) y la Semántica Basada en RDF (conocida informalmente como OWL Full).

#### 3.2 Sublenguajes de OWL 2

Al igual que su predecesor, OWL 2 define sublenguajes, también conocidos como Perfiles, los cuales se distinguen entre sí por las propiedades computacionales y lógicas que los mismos garantizan y son subconjuntos del lenguaje OWL DL [6]. Estos perfiles son:

- OWL EL: Este perfil garantiza que todas las tareas de razonamiento comunes dentro de la ontología requieren un tiempo polinomial. Esto es útil, particularmente, al trabajar con ontologías de gran tamaño, pues bajo estas circunstancias es posible intercambiar la expresividad del lenguaje por una mayor eficiencia en los algoritmos.
- OWL QL: Este perfil permite la realización de consultas conjuntivas a la ontología por medio de lenguajes relacionales como SQL garantizando que las mismas puedan ser resueltas en Espacio Logarítmico. Puede ser utilizado para definir ontologías que luego serán consultadas directamente a modo de bases de datos.
- OWL RL: Este sublenguaje permite ejecutar razonamientos sobre la ontología en tiempo polinomial utilizando técnicas de bases de datos extendidas por reglas aplicadas directamente a los datos representados como ternas RDF.

### 4. Componentes de OWL 2

Los componentes básicos definidos en OWL 2 para representar

el conocimiento son los siguientes:

- Axiomas: Son las verdades fundamentales del conocimiento que se modela en la ontología. Los axiomas definidos en una ontología son asumidos como conocimientos verdaderos.
- Entidades: Son los objetos que pertenecen al conocimiento que se está modelando. Las entidades pueden ser de varios tipos, como se verá más adelante.
- Expresiones: Son combinaciones de entidades que forman descripciones complejas de alguna parte del conocimiento a partir de las entidades básicas de éste.

#### 4.1 Tipos de Entidades

Las entidades del lenguaje OWL 2 pueden ser de tres tipos:

- Clases: Definen conceptos abstractos dentro del conocimiento que se modela. Entre las clases de una ontología se pueden definir relaciones de jerarquía, equivalencia, disyunción, entre otras.
- Propiedades: Las propiedades definen relaciones entre conceptos o adicionan información acerca de las clases definidas. Las propiedades, al igual que las clases, pueden ser organizadas jerárquicamente.
- Individuos: Son los objetos concretos del conocimiento que se modela y pertenecen a una o más clases. Nótese, sin embargo, que un mismo individuo no puede pertenecer a dos clases si éstas tienen una relación de disyunción entre ellas.

```
<owl:Class rdf:about="#AsparagusTopping">
  <rdfs:label xml:lang="pt"
  >CoberturaDeAspargos</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#VegetableTopping"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hasSpiciness"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Mild"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Listado 1: Ejemplo de definiciones de clases, subclasses y propiedades en OWL 2 utilizando la sintaxis RDF/XML.

### 5. Aplicaciones

Desde la publicación de los primeros formatos para la representación del conocimiento por medio de ontologías en formatos digitales, son muchas las aplicaciones que se han encontrado a estas herramientas y cada vez se descubren más. Sin embargo, cabe destacar los siguientes aspectos de las Ciencias de la Información que hoy en día son centro de mucha atención por parte de los investigadores en este área.

#### 5.1 La Web Semántica

El concepto de Web Semántica es un esfuerzo liderado por el creador del World Wide Web, Sir Tim Berners-Lee, y la W3 el cual busca dotar a la red global de la capacidad de entender la información en ella contenida. Esto se pretende lograr adicionando metadatos a la información disponible en la red los cuales describan la naturaleza de la misma.

Es entonces evidente que OWL 2 ocupa un lugar prominente en

este esfuerzo [1], puesto que es un lenguaje especialmente diseñado para estructurar el conocimiento acerca de un tema de la realidad de manera que se pueda compartir fácilmente en la red.

La Web Semántica permitirá, por ejemplo, crear motores de búsquedas sensibles al contexto, de manera que los usuarios que busquen información relacionada con la palabra “carro” reciban también aquella relacionada con la palabra “automóvil”; o reconocer automáticamente cuál es el círculo de amigos de un usuario basándose en los metadatos disponibles del mismo.

A pesar de que el desarrollo de la Web Semántica ofrece un futuro prometedor a la computación como la conocemos hoy en día, existen enormes dificultades que hacen de este proyecto una de las tareas más colosales a la que se enfrenta la W3. En general, todos los retos que esta tarea impone están relacionados con el hecho de que la información es agregada a la red global de manera descentralizada, por lo tanto es imposible controlar de qué manera es ejecutado este proceso y no todos los usuarios de la red están alineados con la filosofía detrás de la Web Semántica. Para solventar estas dificultades, grandes esfuerzos se han realizado en torno a la creación automatizada de ontologías basada en datos estructurados ya presentes en lo que se conoce como la Red Profunda, la estructura de datos que soporta la Red pero que no está disponible a los usuarios [7].

## 5.2 Bases de Datos Inteligentes

Existen en la actualidad una gran cantidad de modelos de bases de datos, algunos más conocidos que otros, como lo son el Modelo Relacional y el Modelo Orientado a Objetos. Sin embargo, las bases de datos han llegado a ocupar un papel de tal importancia dentro de las aplicaciones que los Sistemas Manejadores de Bases de Datos (DBMS, por sus siglas en inglés) están siendo equipados con características que los hacen capaces de deducir nueva información acerca de la aplicación a partir de los datos ya almacenados. A un DBMS que cuenta con estas características se le conoce con el nombre de Sistema Inteligente Manejador de Bases de Datos (IDBMS), y este tipo de DBMS son cada vez más comunes, sobre todo entre las aplicaciones comerciales.

Las características que presente una IDBMS que la catalogan como tal pueden ser de distintos tipos. Algunos ejemplos de características inteligentes en una base de datos son la capacidad de editar datos almacenados de manera automática al reconocer ciertos estados dentro de la estructura de la información a punto de ser ingresada (esto puede ser implementado mediante la ejecución de reglas semánticas), o la capacidad de devolver al usuario información no almacenada en la base de datos pero que puede ser deducida a partir de los datos presentes en la misma. Sin embargo, una necesidad común que comparten todos estos sistemas es la necesidad de definir el conocimiento acerca de la información de manera estructurada, y es en este aspecto en el que los desarrolladores de estos sistemas utilizan las ontologías y los lenguajes para describirlas [8].

## 6. Programas y Librerías

Sin duda, la aceptación de un lenguaje para la definición de ontologías depende en gran manera de la disponibilidad de herramientas que faciliten la creación y edición de las mismas.

En esta sección presentamos algunas de las herramientas y librerías de programación más comunes que ayudan a trabajar con ontologías definidas en OWL 2.

### 6.1 Protégé

Esta plataforma de edición de ontologías hecha en Java es considerada el estándar de facto en su área [9]. La misma es desarrollada por la Universidad de Stanford con la colaboración de la Universidad de Manchester. Este software es libre y abierto, bajo la Mozilla Public License 1.1, por lo que ha amasado una enorme cantidad de colaboradores alrededor del mundo que conforman una gran comunidad de usuarios. Los mismos contribuyen módulos a la plataforma principal a través del Protégé API: una librería de programación en Java altamente documentada que permite acceder a las distintas áreas de la interfaz gráfica de la plataforma y a su funcionalidad interna.

La instalación básica de Protégé proporciona un conjunto estándar de componentes que incluyen visualizadores gráficos de relaciones (mediante el proyecto GraphViz [10]) y razonadores (delegando esta funcionalidad a librerías como Pellet y FaCT++, ver las siguientes secciones).

### 6.2 OWL API

Consiste en una interfaz de aplicación en Java que permite trabajar en la creación, edición y manejo de ontologías. Este proyecto, liderado por la Universidad de Manchester, es también abierto, bajo la licencia Lesser General Public License, y recibe grandes contribuciones de la comunidad de usuarios del mismo. Su desarrollo está estrechamente relacionado con el del proyecto Protégé (en especial mediante el Protégé-OWL API) sin embargo es importante destacar que no es necesario contar con la plataforma Protégé para utilizar el OWL API, por lo que este último puede ser incluido, por ejemplo, en el desarrollo de una aplicación web basada en Java que requiera manejar ontologías.

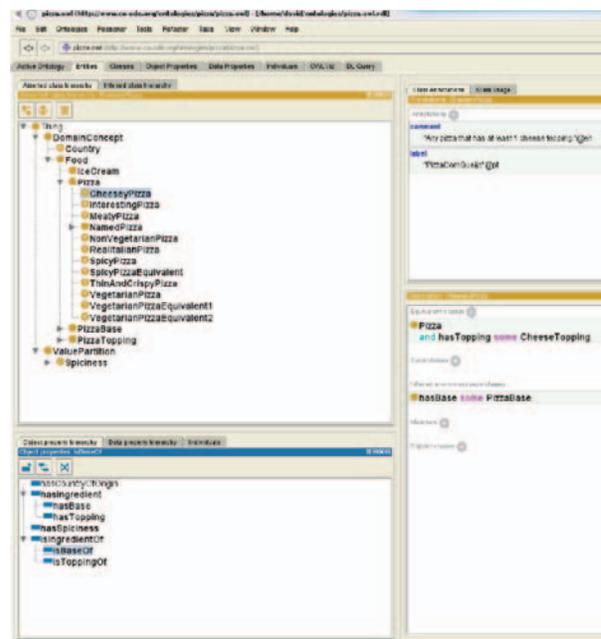


Figura 1: Vistazo de Protégé editando la ontología de la pizza.

Esta interfaz de programación cuenta con lectores y serializadores de documentos para las sintaxis RDF/XML, OWL/XML, OWL DL y Turtle, por lo tanto permite una enorme flexibilidad a la hora de escoger el formato para describir el conocimiento de la aplicación en la que se trabaje. Además de esto, el OWL API proporciona interfaces para razonadores, de manera que se pueda integrar con Pellet, FaCT++, entre otros.

Hasta el momento, el proyecto ha pasado por 3 versiones mayores, la última de ellas centrada en implementar todas las características de OWL 2.

### 6.3 Pellet

Pellet es un razonador implementado en Java que permite hacer inferencias y consultas basadas en ontologías descritas en OWL 2. Esta librería es desarrollada bajo un esquema de licenciamiento dual, donde el uso de la misma como parte de proyectos de Código Abierto está regido bajo los términos de la Affero General Public License. Este proyecto es patrocinado por la compañía Clark & Parsia LLC, la cual ofrece también soporte a usuarios comerciales.

Actualmente son muchos los usuarios de este razonador el cual es probablemente el más popular debido a su fácil integración con Protégé.

### 6.4 FaCT++

Este razonador que se distingue del resto de los paquetes de software y librerías antes mencionados en el hecho de que está implementado en C++. Este proyecto, bajo la Lesser General Public License, es una mejora sobre el razonador FaCT, un proyecto realizado por el Profesor Ian Horrocks de la Universidad de Oxford y sus colaboradores en 1998. FaCT++ utiliza los mismos algoritmos desarrollados en su predecesor pero con una arquitectura interna distinta.

### Referencias

- [1] Horrocks, Ian, "Ontologies and the semantic web", Communications of the ACM, vol. 51, pp 58--67, Diciembre 2008
- [2] Klyne, Graham and Carroll, Jeremy. (2004). Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax. [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/>
- [3] Brickley, Dan and Guha, R.V.. (2004). RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-schema-20040210/>
- [4] Schneider, Peter et. al. (2004). OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax. [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-semantics-20040210/>
- [5] W3C OWL Working Group. (2009). OWL 2 Web Ontology Language Document Overview. [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-overview-20091027/>
- [6] Motik, Boris et al. (2009). OWL 2 Web Ontology Language Profiles. [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-profiles-20091027/>
- [7] An, Yoo Jung et al, "Semantic deep web: automatic attribute extraction from the deep web data sources", in Procs. of the 2007 ACM symposium on Applied comput, 2007, pp. 1667--1672
- [8] Muñoz, Ana et al, "A General Ontology for Intelligent Database", International Journal of Computers, vol. 1, pp 102--108, 2007
- [9] Knublauch,, "The Protégé OWL Plugin: An Open Development Environment for Semantic Web Applications", in The Semantic Web - ISWC 2004, 2004, pp. 229--243
- [10] Emden R. Gansner and Stephen C. North, "An Open Graph Visualization System and Its Applications to Software Engineering", Software - Practice and Experience, vol. 30, pp 1203--1233, 1999



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

### Oferta Académica

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.

- Licenciatura en Ingeniería Agrícola.
- Licenciatura en Ingeniería Civil.
- Licenciatura en Ingeniería Geomática.
- Licenciatura en Ingeniería Ambiental.
- Licenciatura en Ingeniería Marítima y Portuaria.
- Licenciatura en Operaciones Marítimas y Portuarias.
- Licenciatura en Dibujo Automatizado / Título intermedio de Técnico en Ingeniería con especialización en Dibujo Automatizado.
- Licenciatura en Edificaciones / Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Edificaciones.
- Licenciatura en Tecnología de Riego y Drenaje.
- Licenciatura en Saneamiento y Ambiente / Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Saneamiento y Ambiente.
- Licenciatura en Topografía / Título intermedio de Técnico en Ing. con espec. en Topografía.
- Técnico en Ingeniería con especialización en Riego y Drenaje.

# La Evolución de la Forma y Estructura de las Galaxias: ¿Cómo eran hace 6 mil millones de años?

**Dr. Rodney Delgado-Serrano**

Laboratorio GEPI, Francia

## Introducción

Las galaxias son objetos complejos que contienen algunas decenas de billones de estrellas y pueden ser clasificadas por su forma y estructura siguiendo la secuencia de Hubble. Ésta se define por un diagrama que permite distribuir las galaxias locales en diferentes grupos. Los cuatro grupos principales son: elípticas, lenticulares, espirales e irregulares. A su vez, cada uno de estos grupos se subdivide dependiendo de otras características más específicas.

Sin embargo, ¿cómo era la secuencia de Hubble en el pasado? Ésta es una pregunta que no ha sido contestada aún. Para ello, se necesitan imágenes suficientemente profundas que nos permitan revelar las morfologías de las galaxias distantes. van den Bergh [3] señala que una simple inspección de las imágenes más profundas obtenidas por el telescopio espacial Hubble (HST) puede mostrar cómo han evolucionado las morfologías de las galaxias. En efecto, las imágenes profundas del HST/ACS revelan detalles hasta una escala de 200 pc en el caso de las galaxias que se encuentran a  $z \sim 1$ . Ahora, esto no es suficiente para establecer la secuencia de Hubble en el pasado, puesto que hay que tomar en cuenta otros efectos como, por ejemplo, el “cosmological dimming” y la corrección k. Por otra parte, si bien la relación entre las galaxias del pasado y las galaxias del presente está protegida por el principio cosmológico, tal relación puede haber sido afectada dramáticamente por eventos esporádicos tales como las colisiones galácticas.

De esta forma, la motivación de este estudio es la de establecer la secuencia de Hubble en el pasado y verificar hasta qué precisión ésta puede estar relacionada causalmente a la secuencia de Hubble en el presente. Para ello, se utiliza un criterio de selección único y simple para las dos porciones de corrimiento hacia el rojo estudiadas. Nos hemos interesado, principalmente, en las galaxias de masa intermedia (masa estelar entre  $3 \times 10^{10}$  y  $3 \times 10^{11}$  M) en vista de que éstas albergan entre el 60 y el 85% del total de la masa estelar en el Universo local.

La clasificación morfológica es efectuada utilizando un único, simple y reproducible árbol de decisión. Éste permite que la identificación de peculiaridades en las galaxias distantes pueda ser evaluada directamente a través de la discrepancia entre una galaxia determinada y las galaxias de la secuencia de Hubble local. Otra importancia en la utilización de un tal árbol de decisión es evidente a través de los resultados de Neichel et al. [4], en donde mostramos que, sólo

al utilizar un tal árbol de decisión, existe una concordancia excelente entre la clasificación morfológica y la clasificación cinemática de las galaxias.

De este modo, el presente artículo ha sido organizado de la siguiente manera: (a) presentación de las muestras, (b) análisis morfológico, (c) clasificación morfológica, y (d) resultados y conclusiones. A través de este artículo se adoptan los parámetros cosmológicos con  $H_0 = 70$  km s<sup>-1</sup> Mpc<sup>-1</sup>,  $\Omega_\Lambda = 0,7$ . Las magnitudes están dadas en el sistema AB.

## La muestra

Para este estudio se utilizaron dos muestras. La primera, conformada por galaxias locales está construida a partir del Sloan Digital Sky Survey (SDSS). La segunda, conformada por galaxias distantes está construida a partir de The Great Observatories Origins Deep Survey (GOODS). En ambos casos, se utilizó un criterio de selección simple: la magnitud absoluta en banda J ( $M_J < -20.3$ ). Otras restricciones, por razones prácticas, fueron aplicadas. Éstas son las siguientes: (1) cada galaxia debe poseer un espectro de buena calidad que nos permita medir la línea en emisión [OII] $\lambda 3727$ ; (2) cada galaxia debe constar con imágenes en al menos 3 bandas diferentes, lo cual nos permita construir las imágenes y mapas a color. Sin embargo, estas dos últimas restricciones sólo rechazan objetos en vista de razones técnicas.

**I.) La muestra local.** Las galaxias locales fueron seleccionadas a partir de la muestra de Fukugita et al. [5]. La misma incluye 2253 galaxias con magnitud Petrosiana menor a  $r_P = 16$ , y las cuales se encuentran dentro de un área rectangular de 230 grados<sup>2</sup> en el área ecuatorial del cielo norteño. De esta muestra, sólo se escogieron las galaxias para las cuales existen datos espectroscópicos e imágenes que provienen del SDSS-DR3 [6] [7]. Así, todos los objetos en nuestra muestra tienen imágenes en las bandas u (3551 Å), g (4686 Å), r (6165 Å), i (7481 Å) y z (8931 Å). Las magnitudes relativas fueron recuperadas utilizando los catálogos 2MASS [8] y SDSS-DR3. De esta forma, la muestra quedó reducida a 2113 galaxias. Finalmente, aplicamos nuestro criterio de selección ( $M_J < -20.3$ ) y la restricción (1), quedando con un total de 116 galaxias. Todas ellas con un corrimiento hacia el rojo comprendido entre  $0,0207 \leq z \leq 0,030$ . Un test Kolmogorov-Smirnov nos permitió comprobar que existe una probabilidad de 98% que esta muestra y la función de luminosidad local provienen de una misma distribución. Por lo tanto, nuestra muestra local es representativa de las galaxias con  $M_J < -20.3$  del Universo local.

**II.) La muestra distante.** Para construir esta muestra se han combinado dos sub-muestras. Una conformada por galaxias activas (“star-forming galaxies”), y la otra por galaxias inactivas (“quiescent galaxies”). En ambos casos, las galaxias fueron seleccionadas de acuerdo a nuestro criterio:  $M_J < -20.3$ . Además, todas las galaxias en esta muestra poseen un corrimiento hacia el rojo comprendido entre  $0,4 \leq z \leq 0,8$ . Estos límites fueron aplicados para ser consistentes con Intermediate MAss Galaxy Evolution Sequence survey (IMAGES). Como fue mencionado anteriormente, cada galaxia posee un espectro que incluye la línea [OII] $\lambda 3727$ , y posee imágenes en al menos tres bandas ( $v$  : 5915 Å,  $i$  : 7697 Å,  $z$  : 9103 Å) obtenidas por GOODS(HST/ACS) v2.0. Finalmente, esta muestra comprende un total de 143 galaxias distantes.

1 Para una introducción dirigida a todo público, que permita una mejor comprensión del presente artículo, se recomienda leer Delgado-Serrano [1]. Mientras que para un desarrollo más detallado dirigirse a Delgado-Serrano et al. [2].

**Galaxias activas distantes:** sub-muestra formada por 49 galaxias, originalmente estudiadas por Neichel et al. [4]. Las mismas forman parte de IMAGES. Su representatividad fue verificada mediante un test Kolmogorov-Smirnov. El mismo muestra que esta sub-muestra sigue la misma distribución que la función de luminosidad correspondiente [10] en un 97%. Esto confirma los resultados de Yang et al. [11] y Neichel et al. [4], en donde se muestra que IMAGES es representativo de las galaxias activas distantes.

**Galaxias inactivas distantes:** Esta sub-muestra complementa la anterior. Fue seleccionada en el área observada por GOODS, y se usaron los datos espectroscópicos provenientes de: (a) observaciones realizadas por VLT/FORS2 – IMAGES [12], (b) observaciones FORS2 en el marco de los programas de la ESO [13][14], (c) observaciones realizadas por VLT/VIMOS [15]. Después de aplicar nuestro criterio de selección y las restricciones (1) y (2), esta sub-muestra quedó formada por 94 galaxias. Un alto porcentaje de las mismas (77%) poseen datos espectroscópicos provenientes de VLT/FORS2, asegurando así una mejor exactitud en la medida del EW([OII]λ3727). Un test Kolmogorov-Smirnov, con una probabilidad de 94 %, muestra que esta sub-muestra y la función de luminosidad correspondiente [10] provienen de la misma distribución.

## El análisis morfológico

**I.) Comparación de dos muestras.** En el presente estudio se quiere comparar la morfología de dos muestras de galaxias que se encuentran a diferentes épocas del Universo. Ambas observadas con dos instrumentos diferentes. Por ende, uno de los principales objetivos es también el de asegurarnos que tal comparación no sea afectada por posibles efectos instrumentales y/o cosmológicos (resolución espacial, profundidad, corrección k). En este sentido, con respecto a los efectos instrumentales, las imágenes HST/ACS poseen un FWHM de 0,108 arsec, lo que corresponde a 0,81 kpc a z=0,65. Mientras que a z = 0,025 las galaxias son observadas por el SDSS con un FWHM promedio de 1,4 arsec, lo que corresponde a 0,74 kpc. Para ambos instrumentos, el tamaño de los pixeles corresponden a una muestra de la PSF de 3,6 y 3,5 pixeles, respectivamente. Por estas razones, la correspondencia del muestreo en unidades físicas es óptima. A ello habría que agregar los resultados obtenidos por Barden et al. [16], quienes utilizando imágenes de galaxias locales observadas por el SDSS, simularon como se verían tales imágenes si hubiesen sido observados por el HST/ACS y si tales galaxias estuviesen a diferentes corrimiento hacia el rojo (de z~0,1 hasta z~1,1). Al estudiar las imágenes originales y las simuladas, no encontraron diferencias significativas al calcular sus magnitudes absolutas, sus radios de media luminosidad y los índices de Sérsic (ver su figura 9).

Por otro lado, al considerar las longitudes de onda de cada banda utilizada en las observaciones, es fácil percatarse que, asumiendo un valor medio de z=0,65 para las galaxias distantes, existe una buena concordancia entre las bandas, consideradas al

reposo, utilizadas para observar las galaxias distantes y las bandas utilizadas para observar las galaxias locales. Por tal motivo, el efecto de la corrección k es compensado. En todo caso, si consideramos las condiciones de observación del SDSS y las del HST/ACS correspondientes, podemos verificar si el estudio de las galaxias distantes se está realizando con datos tan profundos como, o más profundos que, los usados para las galaxias locales. Tal análisis nos lleva a la siguiente ecuación:

$$\frac{SNR^{HST}}{SNR^{SDSS}} = \sqrt{\frac{FWHM^{HST}}{FWHM^{SDSS}}} * \sqrt{\frac{T^{HST}}{T^{SDSS}}} * \frac{D^{HST}}{D^{SDSS}} * \sqrt{\frac{B^{SDSS}}{B^{HST}}} * \frac{f_{\lambda}^{HST_{z=0.0}}}{f_{\lambda}^{SDSS}} * \frac{1}{(1+z)^5} **$$

donde el último término toma en cuenta el “cosmological dimming” y la corrección k. Así, encontramos que el HST/ACS es más profundo que el SDSS por 0,52 – 0,08 – 1,02 mag, en un sistema de referencia en reposo, con respecto a las bandas u – g – r, respectivamente. Por lo tanto, se confirma la conclusión de Barden et al. [16] en cuanto a que no debe haber ningún efecto sistemático al analizar los parámetros morfológicos y fotométricos de una muestra a la otra.

**II.) Análisis del perfil de luminosidad.** Del análisis del perfil del brillo superficial de las galaxias se han derivado dos parámetros: el radio de media luminosidad (Rh) y la proporción de luminosidad del bulbo con respecto a la luminosidad total (B/T). Para medir el Rh nosotros hemos desarrollado nuestro propio código IDL, el cual nos permite analizar diferentes perfiles al mismo tiempo: (1) el perfil de flujo, (2) el perfil de magnitud, y (3) el flujo contenido en elipses con una diferencia de radio de 1 píxel. Las dos primeras nos permiten determinar un valor razonable para el cielo de fondo, y el último nos da el valor del Rh cuando un verdadero “plateau” es encontrado.

Luego, cada galaxia es descompuesta en la combinación de un bulbo y un disco utilizando un modelo 2D. Éste último se basa en la distribución de luminosidad (flujo) en las imágenes de las galaxias [17]. El perfil de luminosidad de cada galaxia es, de esta manera, modelado por la combinación de dos funciones de Sérsic. Una representa el bulbo con un índice de Sérsic no limitado, y la otra simula el disco con un índice de Sérsic igual a 1. La proporción B/T es determinada a partir de esta descomposición, así como también el radio, la magnitud, la inclinación y el ángulo de posición (PA) tanto del bulbo como del disco. La simulación GALFIT y la medida de Rh son realizadas utilizando las imágenes en banda r para las galaxias locales (que corresponde a nuestro sistema de referencia en reposo), y, por ende, las imágenes en banda z para las galaxias distantes.

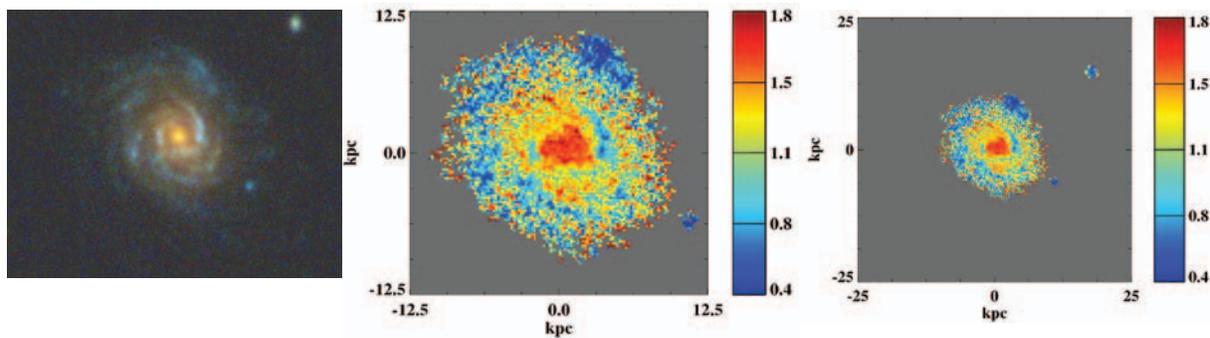
**III.) Imágenes y mapas de color.** El color es una información muy importante en nuestra clasificación morfológica. De esta forma, se debe utilizar los mismos colores, en un sistema de referencia en reposo, para ambas muestras (local y distante) al momento de construir los mapas e imágenes a color (ver Figura 1). Por lo tanto, en el caso de los mapas de dos colores, hemos utilizado las bandas u-r para la muestra local, y las bandas v-z para la muestra distante. Algo similar se hizo para las imágenes a tres colores (bandas u-g-r y v-i-z, respectivamente). Las imágenes a tres colores son útiles para el estudio de las estructuras a pequeña escala de las galaxias, mientras que los mapas a dos colores son necesarios para medir el

2 Estos subgrupos han sido arbitrariamente definidos por el “equivalent width” (EW) de la línea [OII]λ3727. El EW puede ser traducido al español como “ancho equivalente”. De esta manera, las galaxias activas poseen un EW([OII]λ3727) mayor de 15 Å, y las inactivas, menor de 15 Å. Para más detalles ver [9].

color de los rasgos individuales. Para construir estos últimos se sustrae, píxel a píxel, la magnitud en dos bandas usando un algoritmo que nos permite estimar el color y sus incertidumbres (ver detalles en [18]). El mapa a color de cualquier sub-estructura en la galaxia puede ser, de esta forma, comparado a los modelos de composición de población estelar. Así, se puede, por ejemplo, estimar el color de una barra o identificar regiones de gas o de formación estelar.

### Clasificación Morfológica

Para hacer de nuestra clasificación morfológica un proceso



reproducibile y reducir su subjetividad, se ha construido un árbol de decisión semi-automático (ver Figura 2). El mismo fue adoptado de [4] y adaptado para incluir las galaxias S0 y E. De esta manera, la clasificación morfológica toma en cuenta todos los parámetros disponibles tales como el B/T, el Rh, los parámetros GALFIT, imágenes del modelo GALFIT e imágenes residuales, imágenes de error, el perfil disco-bulbo-galaxia, mapas a dos colores, e imágenes a tres colores. Para reducir la subjetividad residual, la clasificación morfológica de cada galaxia la realizamos tres astrónomos individualmente siguiendo el árbol de decisión. Dada la simplicidad relativa que aporta el árbol de decisión, la concordancia en la clasificación fue excelente tanto para las galaxias locales como las distantes. En el presente árbol de decisión también se han tomado en cuenta algunos otros aspectos como es el caso de la concordancia de los centros del bulbo y el disco de las galaxias. Además, dado el hecho que para nuestro estudio contamos con imágenes que poseen una resolución espacial mucho mejor (0,108" FWHM) que en estudios anteriores, hemos utilizado un límite de 1 kpc en Rh, en lugar de 3 kpc, para clasificar las galaxias como compactas.

En resumen, podemos distinguir 4 tipos principales de galaxias:

- 1.) Elípticas (E): poseen un B/T entre 0,8 y 1,0, así como un bulbo más rojo que el disco;
- 2.) Lenticulares (S0): no existe la presencia de estructuras regulares (brazos), y el bulbo es más rojo que el disco. Se observa un disco muy simétrico, así como también la concordancia entre los centros del bulbo y del disco. El B/T tiene un valor entre 0,5 y 0,8;
- 3.) Espirales (Sp): Se caracterizan por un bulbo más rojo que el disco, brazos espirales regulares y un disco muy simétrico. Los centros del bulbo y del disco coinciden, y el B/T es menor de 0,5;

- 4.) Peculiares (Pec): su principal característica es la presencia de rasgo antisimétricos. Pueden ser divididas en 4 subclases: posibles fusiones (Pec/M), los cuales son objetos irregulares que pueden ser asociados a eventos de fusión o interacción; tipo renacuajo (Pec/T), los cuales son objetos que muestran un nódulo en un extremo con una cola extendida; irregulares (Pec/Irr), que son objetos ya sea con irregularidades antisimétricas que no pueden ser asociadas a brazos espirales, ya sea con un bulbo más azul que el resto de la estructura, u objetos con un desacuerdo entre los centros del bulbo y del disco mayor a 3 píxeles; compactas (Pec/C), las cuales son galaxias con un Rh menor de 1 kpc.

### Resultados y Conclusiones

Finalmente, después de clasificar todas las galaxias de nuestras dos muestras, utilizando las mismas informaciones y el mismo método, llegamos a nuestros resultados.

**Galaxias Locales.** Se confirma que el Universo local esta dominado por las galaxias espirales, las cuales representan el 72% de la población, mientras que la fracción de E/S0 es de 18%. Las galaxias peculiares representan sólo el 10% de la población. Esto confirma también la fracción de espirales en las galaxias locales encontrada por Hammer et al. [19] utilizando como base la función de luminosidad morfológica de Nakamura et al. [20]. El número de galaxias compactas locales es muy pequeño (representando 2% de la población). Esto último prueba que nuestra clasificación no es alterada significativamente por la resolución espacial de las imágenes. Entre las 116 galaxias de la muestra local encontramos 96 (83%) galaxias inactivas ( $EW([OII]\lambda 3727) < 15 \text{ \AA}$ ) y 20 (17%) galaxias activas ( $EW([OII]\lambda 3727) > 15 \text{ \AA}$ ). Hammer et al. [8], utilizando un método completamente diferente, encuentra el mismo porcentaje de galaxias activas, las cuales tienen la misma definición que en el presente artículo (ver su figura 3 y su sección 3.1).

**Galaxias Distantes.** La combinación de las dos sub-muestras distantes en una sola muestra representativa se realizó siguiendo Hammer et al. [8]: las galaxias con un  $EW([OII]\lambda 3727) < 15 \text{ \AA}$  representan el 40% de las galaxias a  $0,4 < z < 1,0$ , mientras que las galaxias con un  $EW([OII]\lambda 3727) > 15 \text{ \AA}$  representan el 60%. De esta forma, encontramos que el Universo distante está dominado por las galaxias peculiares en un 52%, mientras que sólo 31% de ellas son espirales.

El resto de las galaxias (17%) son E/S0. Otro sorprendente resulta-

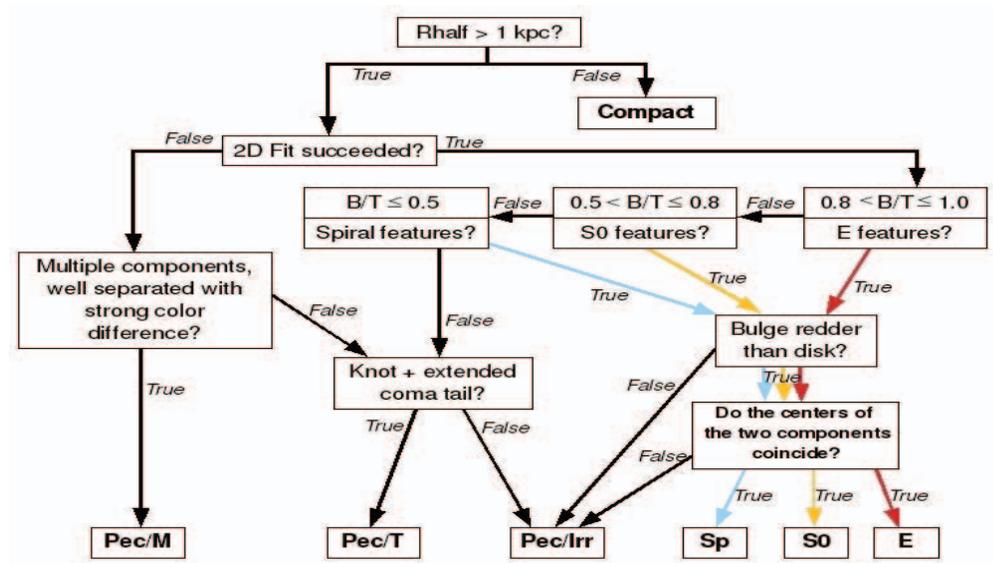
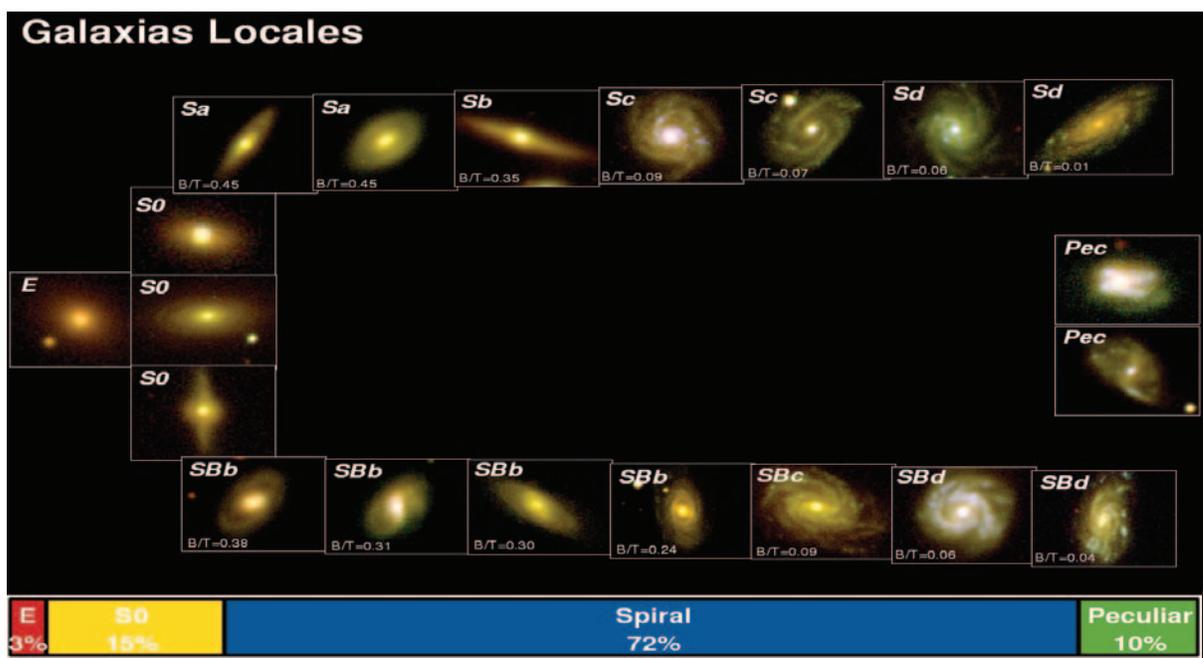
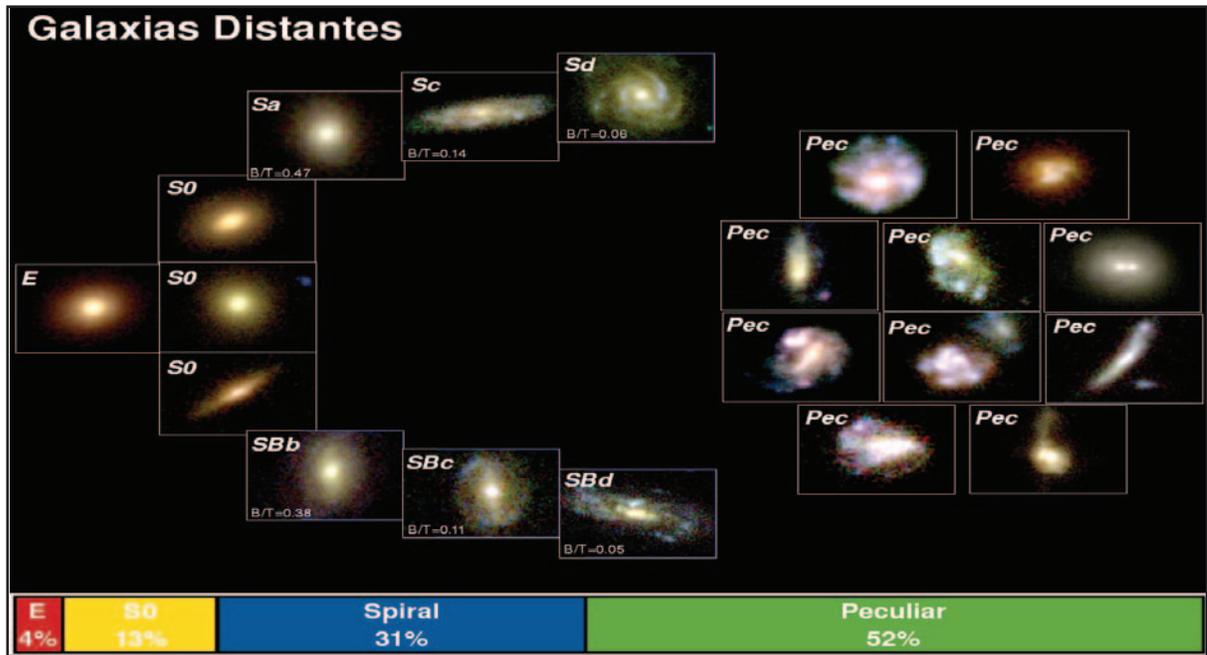


Figura 1. Izquierda: Ejemplo de una imagen a tres colores. Centro: Ejemplo de un mapa a dos colores de 25 kpc x 25 kpc. Derecha: Ejemplo de un mapa a dos colores de 50 kpc x 50 kpc





do es también el porcentaje (25%) de galaxias peculiares en la sub-muestra de galaxias inactivas, dado que todos los estudios precedentes predecían una fracción mucho más pequeña.

Estos resultados nos han permitido, por lo tanto, confeccionar la secuencia de Hubble tal como era hace 6 Giga-años, así como también la secuencia de Hubble local (ver Figura 3). De esta forma, hemos establecido una primera aproximación de lo que han podido ser los progenitores, hace 6 Giga-años, de las galaxias de la actual secuencia de Hubble, con una incertidumbre dominada por los errores estadísticos (estadística de Poisson). Entre las conclusiones más relevantes que podemos inferir a partir de nuestros resultados están: (1) la población de galaxias E/S0 no muestra evidencia de una evolución numérica durante los últimos 6 Giga-años, (2) más

**Referencias**

[1] Delgado-Serrano, R. 2010, El Tecnológico

[2] Delgado-Serrano, R., Hammer, F., Yang, Y. B., et al. 2010, A&A, 509, A260000

[3] van den Bergh, S. 2002, PASP, 114, 797

[4] Neichel, B., Hammer, F., Puech, M., et al. 2008, A&A, 484, 159

[5] Fukugita, M., Nakamura, O., Okamura, S., et al. 2007, AJ, 134, 579

[6] York, D. G., Adelman, J., Anderson, J. E., Jr., et al. 2000, AJ, 120, 1579

[7] Abazajian, K., Adelman-McCarthy, J. K., Agüeros, Marcel, A., et al. 2005, AJ, 129, 1755

[8] Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., et al. 2006, AJ, 131, 1163

[9] Hammer, F., Flores, H., Lilly, S. J., et al. 1997, ApJ, 481, 49

[10] Cirasuolo, M., McLure, R. J., Dunlop, J. S., et al. 2007, MNRAS, 380, 585

de la mitad de las galaxias distantes presentan morfologías peculiares, lo cual está asociado a una dinámica compleja según Neichel et al. [4]; (3) la fracción de espirales era 2.3 veces más pequeña hace 6 Giga-años que en el presente; (4) prácticamente toda la evolución de las galaxias Hammas, Hittosai. 2009, A&A, 477, 119

[11] Hammas, Hittosai. 2009, A&A, 477, 119

[12] Abadente, I., Fariñas, F. Flores, H., Flores, H., et al. 2008, A&A, 482, 102

[13] Paramez, E., Galarraga, J., et al. 2005, A&A, 434, 104

[14] Barden, M., Jahnke, K., & Häußler, B. 2008, ApJS, 175, 105

[15] Peng, C. Y., Ho, L. C., Impey, C. D., & Rix, H. W. 2009, arXiv:0912.0731

[16] Zheng, X. Z., Hammer, F., Flores, H., Assémat, F., & Rawat, A. 2005, A&A, 435, 507

[17] Hammer, F., Flores, H., Elbaz, D., et al. 2005, A&A, 430, 115

[18] Nakamura, O., Fukugita, M., Brinkmann, J., & Schneider, D. P. 2004, AJ, 127, 2511

Ave. Ricardo J. Alfaro. Edif. Sun Towers Mall, Piso 3  
 Tel.: (+507) 501-3800 • Fax: (+507) 501-3506  
 www.etesa.com.pa



**ETESA**  
 Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A.

# Simulador de Entornos DSSS-CDMA

**Anthony A. Thomas T.**

Universidad Tecnológica de Panamá, estudiante  
anthomas8@gmail.com

**Resumen-** En la actualidad, las técnicas de modulación de espectro expandido proveen una solución ingeniosa ante la saturación del espectro y la creciente necesidad de transmisiones seguras. Es por esto que resulta sumamente útil contar con una herramienta computacional capaz de simular los principales componentes de un sistema de espectro expandido mediante secuencia directa, que permita observar de forma rápida y sencilla, cómo la variación de ciertos parámetros afecta el desempeño, así como comprobar algunos de los aspectos teóricos asociados a estos sistemas.

En este artículo se describe un simulador para sistemas de espectro expandido mediante secuencia directa, desarrollado en Simulink<sup>1</sup>, teniendo como principal objetivo el servir como alternativa experimental, que facilite la comprensión de los conceptos teóricos sobre los que se fundamentan los sistemas de espectro expandido, aprovechando los bajos costos, el ahorro de tiempo y la flexibilidad asociada al uso de software de simulación.

**Palabras Claves-** Espectro expandido, DSSS-CDMA, simulación, Simulink.

## 1. Espectro Expandido por Secuencia Directa

En un sistema de espectro expandido mediante secuencia directa (DSSS – *Direct Sequence Spread Spectrum*), la señal portadora de la información es multiplicada por una secuencia pseudo aleatoria compuesta de *chips*, cuya duración es una fracción del tiempo requerido por un bit de información. Como consecuencia, se obtiene una nueva señal que presenta variaciones con mayor rapidez que la señal original, y por ende ocupa un espectro más amplio, que aumenta de manera proporcional a la cantidad de chips utilizados para representar un bit de información. Esta nueva señal de espectro expandido es transmitida a través del canal, y es recuperada en el receptor multiplicándola nuevamente por una réplica sincronizada de la secuencia pseudo aleatoria. Esta segunda multiplicación comprime el ancho de banda de la señal a su tamaño original, permitiendo así recuperar la información. La Figura 1. muestra un diagrama de un sistema de comunicación DSSS básico.

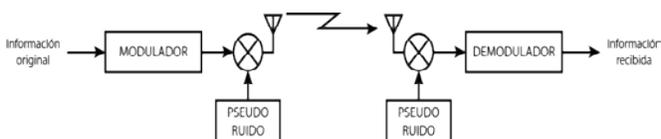


Figura 1. Sistema DSSS básico.

<sup>1</sup>Simulink, desarrollado por The MathWorks, es una herramienta para modelar, simular y analizar sistemas dinámicos en múltiples dominios. Utiliza una interfaz gráfica y diagramas de bloques para construir los sistemas.

## 2. Simulador de entornos DSSS-CDMA

Los modelos para simular un sistema DSSS-CDMA fueron desarrollados en Simulink, y tienen como objetivo simular el comportamiento de los componentes básicos de un entorno DSSS-CDMA, con el propósito de observar de forma rápida y sencilla los resultados obtenidos al variar diversos parámetros en los códigos de expansión, los canales de transmisión, la codificación de canal y los tipos de receptores empleados. Los resultados obtenidos demuestran la importancia de utilizar secuencias de expansión con características y longitudes adecuadas, además de ilustrar las ventajas que presentan las técnicas de espectro expandido frente a las interferencias causadas por el acceso múltiple y la diversidad de trayectorias existentes en los canales inalámbricos. El simulador consta de 4 módulos independientes:

- Módulo conceptual.
- Módulo de entorno DSSS-CDMA.
- Módulo de codificación de canal.
- Módulo graficador de funciones de correlación.

Tal y como su nombre lo indica, el módulo conceptual permite apreciar el concepto de espectro expandido mediante secuencia directa, mostrando cómo se afecta la señal transmitida, tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia. Por otra parte, el segundo módulo simula un entorno DSSS-CDMA completo, donde el usuario posee control sobre los parámetros de la simulación, y los resultados pueden ser graficados a través de curvas de razón de error de bit. El tercer módulo permite apreciar los beneficios obtenidos al codificar la información por medio de códigos convolucionales, mientras que el último módulo es una herramienta complementaria para graficar funciones de correlación entre pares de códigos de expansión, con el propósito de facilitar la comprensión del concepto de ortogonalidad entre secuencias.

Todos los módulos fueron desarrollados teniendo como prioridad ofrecer una interfaz gráfica lo más simple posible, permitiendo así que el usuario enfoque su atención exclusivamente en los conceptos e ideas que se tratan de demostrar en cada caso.

Este artículo centrará su atención en el módulo de entorno DSSS-CDMA, ya que gracias a la gran cantidad de parámetros variables que posee, es posible recrear un número elevado de escenarios distintos, obteniendo así resultados más interesantes, lo cual lo convierte sin duda alguna en el módulo principal del simulador.

Con este módulo es posible emular un entorno de hasta 5 pares simultáneos de transmisores y receptores de espectro expandido mediante secuencia directa. Con la ayuda de una interfaz de usuario sumamente simple, es posible variar de forma rápida y sin ningún tipo de inclusión o remoción de bloques por parte del usuario, parámetros de interés tales como: el tipo y longitud de los códigos de expansión, el número de trayectorias del canal de transmisión y la clase de receptores utilizados para recuperar la información. Al profundizar un poco más dentro de las variables del sistema, es posible controlar detalles como las atenuaciones y retrasos asociados a las distintas trayectorias del canal.

Al integrar la herramienta BERTool de MATLAB, es posible obtener gráficas de razón de error de bit para cada uno de los escenarios obtenidos al variar los parámetros mencionados previamente, lo cual permite comparar las diferencias en el desempeño y

comprobar algunos aspectos teóricos de los sistemas de espectro expandido. La herramienta también permite trazar curvas teóricas, lo cual resulta sumamente útil a la hora de analizar cualquier sistema de comunicación.

### 2.1. Transmisores

En la Figura 2 se muestra el diagrama de bloques correspondiente a los transmisores utilizados en el módulo de entorno DSSS-CDMA. En primera instancia, se tiene la fuente binaria de información que genera una secuencia aleatoria a razón de  $1/T_b$  bits por segundo, que luego es modulada por el bloque *Modulador BPSK* incluido en el *communications toolbox* de Simulink. Debajo de la fuente binaria de información, se encuentra un *subsistema variable* (bloque de uso múltiple asociado a una librería de bloques), capaz de asumir las funciones de generador de códigos aleatorios, Walsh o Gold, según seleccione el usuario. Las tramas de longitud  $SpF$  emitidas por el subsistema atraviesan un bloque de ganancia  $1/\sqrt{SpF}$ , con el propósito de normalizar la potencia de las señales resultantes al multiplicar el código de expansión y la representación banda base de la señal modulada.

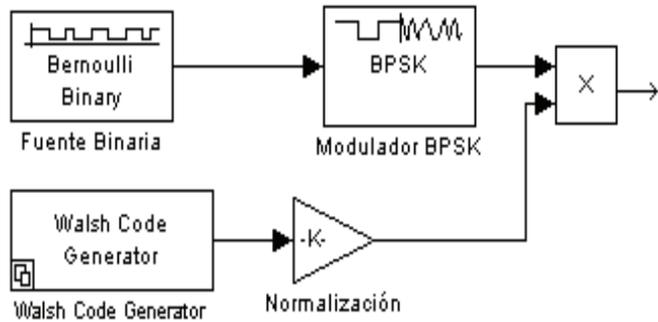


Figura 2. Transmisor del módulo de entorno DSSS-CDMA

### 2.2. Canales

Luego de ser modulada y expandida, la información ingresa al canal de transmisión, donde un nuevo subsistema variable da la posibilidad de elegir entre un canal de trayectoria simple, o un canal de tres trayectorias independientes con sus respectivos retrasos y atenuaciones. Mientras que la trayectoria directa es representada mediante un simple bloque de ganancia unitaria, la Figura 3 ilustra el esquema utilizado para modelar las trayectorias múltiples.

La señal proveniente del transmisor ingresa a través del puerto de entrada y es distribuida a 3 ramas paralelas, correspondientes a las 3 trayectorias no correlacionadas. La rama superior solamente introduce una ganancia  $A_0$  a la señal original, mientras que las otras 2 ramas introducen ganancias  $A_1$  y  $A_2$  respectivamente, junto con retrasos temporales relativos a la rama superior equivalentes a  $D_1$  y  $D_2$  cantidad de chips. Los vectores resultantes son concatenados y sumados, obteniendo como resultado una nueva señal distorsionada en el puerto de salida. Por último, se suman las señales provenientes de cada uno de los transmisores, generando así la interferencia de acceso múltiple, y justo antes de ingresar a los receptores, la señal resultante atraviesa un bloque AWGN de Simulink que se encarga de añadir el nivel de ruido necesario.

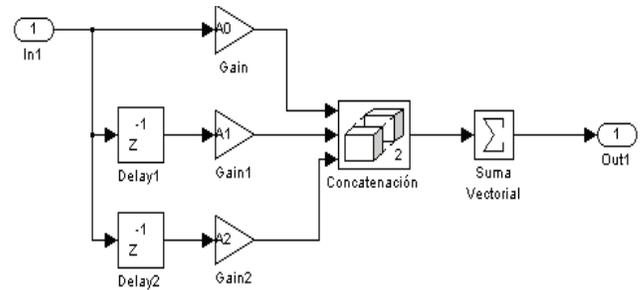


Figura 3. Representación de trayectorias múltiples.

### 2.3. Receptores

Gracias a otro subsistema variable, el módulo permite elegir entre 2 tipos de receptores para llevar a cabo la restauración del espectro, demodulación y estimación de las señales transmitidas.

En la Figura 4 se muestra el esquema correspondiente al bloque *Receptor Simple*. A través del puerto de entrada 1 ingresa la señal recibida del canal, mientras que el puerto 2 sirve de entrada al código de expansión generado en el transmisor. En la práctica, el receptor generaría localmente una réplica exacta del código de expansión; sin embargo, en este simulador tanto el transmisor como el receptor utilizan el código procedente del mismo generador, con el propósito de ahorrar recursos y disminuir el tiempo requerido por cada simulación.

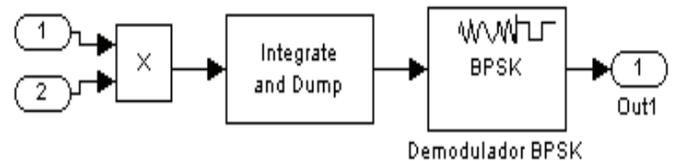


Figura 4. Receptor simple del módulo DSSS-CDMA

Al multiplicar la señal recibida por el código de expansión correspondiente, el ancho de banda de la señal original es restaurado, mientras que la interferencia ocasionada por la presencia de otros usuarios y la existencia de trayectorias múltiples sigue teniendo características similares a las del AWGN. La señal resultante atraviesa un filtro de integración y descarga de periodo  $SpF$  muestras, que detecta los símbolos que luego serán demodulados por el bloque *Demodulador BPSK* de Simulink.

El segundo bloque disponible a través del subsistema de receptores es el *Receptor RAKE*. En la Figura 5 es posible observar que consta de 3 ramas paralelas, encargadas de realizar de forma simultánea la operación realizada por el *Receptor Simple*, sacando provecho de la diversidad de trayectorias y aprovechando una fracción mayor de la potencia total transmitida.

Se puede apreciar que la señal proveniente del canal entra a través del puerto de entrada 1, mientras que el código de expansión lo hace a través del puerto 2. Ambas señales son distribuidas hacia las 3 ramas del receptor, con la diferencia de que 2 versiones de la secuencia de expansión son retrasadas para compensar el retraso introducido por las trayectorias más "lentas". Luego de realizarse cada una de las multiplicaciones correspondientes en cada rama, un nuevo par de bloques de atraso se encarga de alinear temporalmen-

te los 3 vectores resultantes que atravesarán el filtro de integración y descarga de periodo  $SpF$  muestras. Los símbolos detectados son escalados por factores iguales a la atenuación ocasionada por la trayectoria asociada a cada rama, antes de ser sumados e ingresar al bloque *Demodulador BPSK*, encargado de recuperar la información transmitida.

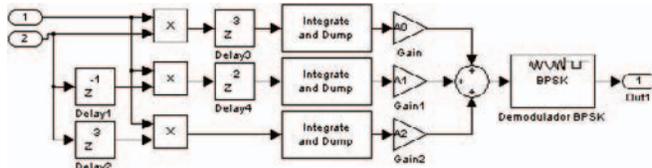


Figura 5. Receptor RAKE del módulo DSSS-CDMA.

### 3. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos al hacer uso del módulo de entorno DSSS-CDMA para demostrar algunos de los conceptos teóricos asociados a los sistemas de espectro expandido mediante secuencia directa.

#### 3.1. Desempeño en presencia de AWGN

La teoría nos indica que las señales transmitidas en un sistema de espectro expandido mediante secuencia directa, no presentan ningún tipo de inmunidad frente a la interferencia ocasionada por el ruido blanco gaussiano aditivo, debido a que la densidad espectral de potencia del ruido permanece invariable a lo ancho de todo el espectro.

En la Figura 6 se puede apreciar en color azul la curva teórica asociada a la transmisión de señales utilizando un esquema de modulación BPSK simple, a través de un canal AWGN donde la probabilidad de error,  $P_e$ , corresponde a la ecuación

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right). \quad (1)$$

Por otra parte, el símbolo (o), representa los valores obtenidos al utilizar el módulo de entorno DSSS-CDMA para simular la comunicación entre un par transmisor/receptor simple, utilizando un código de expansión aleatorio de longitud 512, a través de un canal AWGN de trayectoria directa. Como era de esperarse, los puntos obtenidos a través de la simulación coinciden con la curva teórica, lo cual comprueba la teoría mencionada previamente.

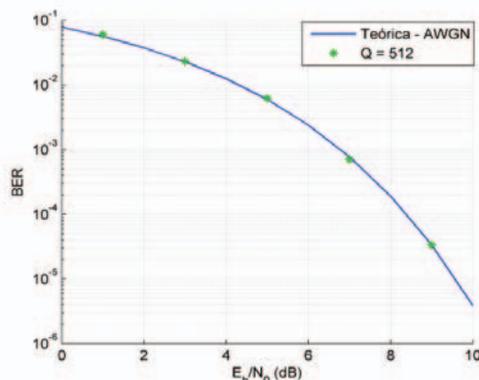


Figura 6. Desempeño en presencia de AWGN.

#### 3.2. Efecto de la longitud de las secuencias de expansión aleatorias

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos al simular un entorno DSSS-CDMA de 5 pares transmisor/receptor simples, que utilizan códigos de expansión completamente aleatorios de longitud  $Q$  y transmiten las señales a través de un canal AWGN de trayectoria directa. Además de los puntos obtenidos, también se muestra nuevamente la curva teórica de la Figura 6 a manera de referencia.

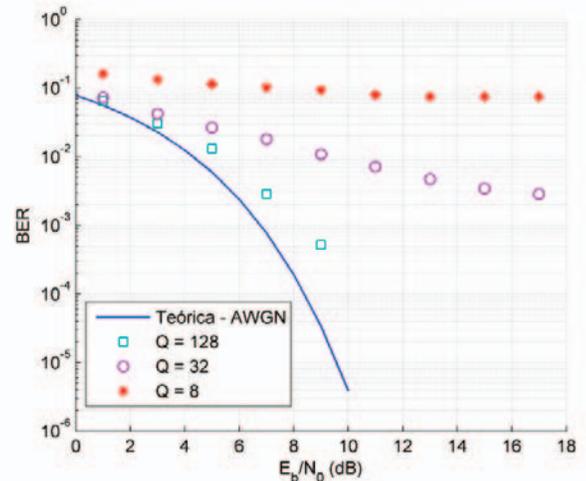


Figura 7. Efectos de la longitud de los códigos aleatorios.

Es posible notar cómo al aumentar la longitud de los códigos de expansión el desempeño tiende a mejorar hasta casi alcanzar el rendimiento correspondiente al de un solo par transmisor/receptor, representado por la curva teórica. Este fenómeno se debe a que al aumentar la longitud de las secuencias de expansión, las propiedades de autocorrelación y correlación cruzada de los códigos mejoran, haciendo que las distintas secuencias utilizadas se acerquen cada vez más a ser ortogonales entre sí, reduciendo así la interferencia de acceso múltiple.

Otro aspecto importante que puede ser destacado de esta gráfica, es el "piso" al que llegan los sistemas que utilizan secuencias de expansión con  $Q = 8$  (\*) y  $Q = 32$  (o). Estos toques en el desempeño, donde no existe mejoría en el BER aún cuando aumenta la relación señal a ruido, se deben a los niveles de interferencia de acceso múltiple que no pueden ser superados debido al uso de códigos deficientes. El aumento de la relación señal a ruido no representa una solución, debido a que este se logra incrementando la potencia de transmisión, no sólo del transmisor de interés, sino de todos los transmisores del sistema, lo cual mantiene el nivel de interferencia de acceso múltiple constante.

#### 3.3. Desempeño de las secuencias Walsh y Gold

Tanto los códigos Walsh como los códigos Gold presentan características que los hacen aptos para esquemas de acceso múltiple por división de código, siempre y cuando se den las condiciones de sincronización necesarias. En el módulo de entorno DSSS-CDMA, la sincronización perfecta de los códigos es simulada al transmitir las señales a través de un canal de trayectoria directa,

mientras que la no sincronización de los códigos se logra al utilizar el canal AWGN de trayectorias múltiples. El hecho de que las trayectorias presenten retrasos entre sí, trae como consecuencia que los códigos de expansión sean afectados por versiones desplazadas de sí mismos, lo cual pone a prueba sus propiedades de autocorrelación, y por versiones desplazadas de otros códigos, lo cual exige funciones de correlación cruzada adecuadas.

Los puntos de la Figura 8 fueron obtenidos a través del módulo de entorno DSSS-CDMA, al simular un sistema de tres pares transmisor/receptor simple, con códigos de expansión de longitud 128 (Walsh) y 127 (Gold). En primera instancia es posible observar cómo los transmisores, utilizando códigos Walsh ( $\square$ ) y códigos Gold ( $\nabla$ ) a través del canal de trayectoria directa, logran el desempeño correspondiente a un par transmisor/receptor, debido a las excelentes correlaciones cruzadas que presentan cuando existe sincronización perfecta. De hecho, los códigos de un conjunto Walsh sincronizado son ortogonales entre sí para cualquier valor de Q, y la función de correlación cruzada entre códigos Gold de longitud 127, posee un máximo de apenas el 13% en el peor caso [1].

Al transmitir las señales a través del canal AWGN de trayectorias múltiples, se puede apreciar que el uso de códigos Walsh (\*) aumenta la probabilidad de error de los bits detectados hasta un 50% para cualquier relación señal a ruido, lo cual hace al sistema completamente inservible. Este resultado se debe a las deficientes propiedades de autocorrelación y correlación cruzada que presentan los códigos Walsh cuando no están en perfecta sincronía, lo cual genera niveles infranqueables de interferencia.

Por otra parte, si bien es cierto que al utilizar códigos Gold bajo las mismas condiciones (O) no se alcanza un rendimiento tan bueno como el del caso en sincronización perfecta, los resultados obtenidos son aceptables, y pueden ser mejorados mediante el uso de codificación de canal y/o receptores RAKE. Nuevamente, esto se debe a las buenas propiedades de autocorrelación y correlación cruzada de los códigos Gold, aún cuando la sincronización no es ideal.

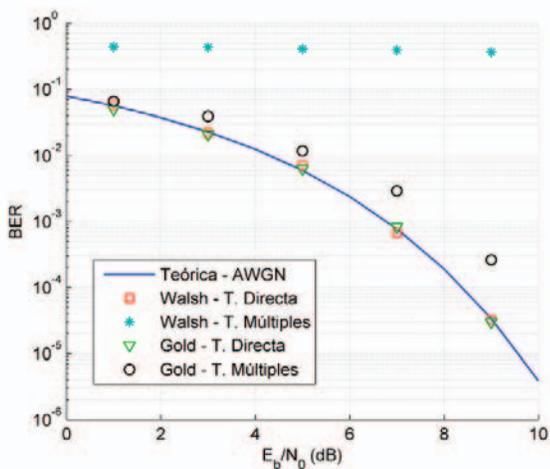


Figura 8. Desempeño de los códigos Walsh y Gold.

### 3.4. Desempeño al utilizar receptores RAKE

En la Figura 9 se pueden apreciar los resultados obtenidos al utilizar receptores RAKE, con el propósito de aprovechar la potencia

distribuida en las distintas trayectorias del canal AWGN, a través del cual se transmite una señal DSSS expandida mediante un código Gold de longitud 127.

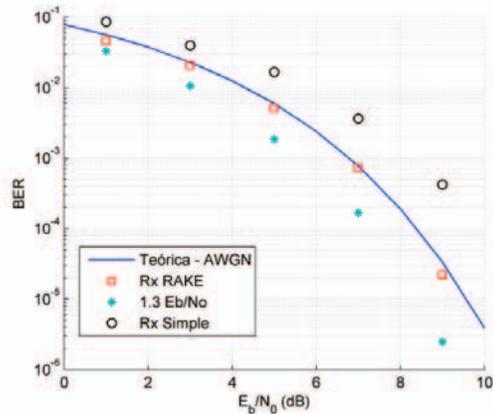


Figura 9. Desempeño al utilizar receptores RAKE.

La validez de los resultados obtenidos fue verificada mediante la ecuación

$$SNR = \frac{E_b}{N_o} \sum_{l=0}^{L-1} |\alpha_l|^2 \quad (2)$$

donde L es el número de trayectorias distintas consideradas y corresponde a la ganancia de cada una de las trayectorias. Según (2), es posible obtener el rendimiento equivalente al de un canal de trayectoria directa, si se utiliza un receptor capaz de estimar las ganancias y retrasos correspondientes a cada una de las trayectorias que serán tomadas en consideración, para poder procesar las señales recibidas de forma adecuada.

En primer lugar, los puntos (O) fueron obtenidos al utilizar un receptor simple que solamente considera la trayectoria principal a la hora de detectar las señales. Por defecto, la ganancia correspondiente a la primera trayectoria es  $\sqrt{0.7}$ , lo cual se traduce en siete decimos de la potencia total transmitida. Al calcular la SNR en decibeles, es posible estimar el desplazamiento de los puntos obtenidos con respecto a la curva teórica

$$SNR_{dB} = 10 \log(SNR) = 10 \log\left(0.7 \frac{E_b}{N_o}\right) \quad (3)$$

$$SNR_{dB} = 10 \log\left(\frac{E_b}{N_o}\right) + 10 \log(0.7) = \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} - 1.594$$

lo cual representa una pérdida de 1.594 dB y coincide con lo observado en la Figura 9.

Por otra parte, al utilizar el receptor RAKE ( $\square$ ) es posible sacar provecho de la potencia presente en las otras 2 trayectorias. Al evaluar (2) con las ganancias presentadas asignadas por defecto se obtiene

$$SNR = \frac{E_b}{N_o} \sum_{l=0}^{L-1} |\alpha_l|^2 = \frac{E_b}{N_o} \sum_{l=0}^2 |A_l|^2 \quad (4)$$

$$SNR = \frac{E_b}{N_o} (\sqrt{0.7}^2 + \sqrt{0.3}^2 + \sqrt{0.1}^2) = \frac{E_b}{N_o}$$

En este caso, debido a que la totalidad de la potencia transmitida se encuentra distribuida en las tres trayectorias consideradas, el receptor RAKE y las buenas propiedades de correlación de los códigos Gold, permiten lograr un rendimiento óptimo, idéntico al obtenido al transmitir las señales a través de un canal AWGN de trayectoria directa.

### 3.5. Desempeño al utilizar codificación de canal

Al utilizar el módulo de codificación de canal es posible observar las mejoras en el desempeño asociadas al uso de códigos convolucionales. En la Figura 10 se puede apreciar que los resultados obtenidos al codificar las señales utilizando un código convolucional generado con los vectores  $V_1 = [1 \ 0 \ 1]$  y  $V_2 = [1 \ 1 \ 1]$ , a una tasa de código de 1/2 y restricción de longitud 3, coinciden con el límite superior teórico mostrado en color rojo.

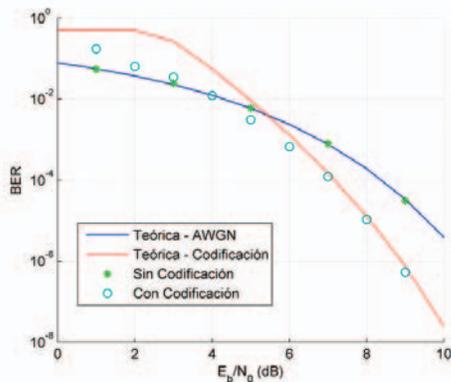


Figura 10. Desempeño al utilizar codificación de canal.

Los resultados obtenidos resultan de gran importancia, debido a que actualmente la codificación de canal es una parte fundamental, no sólo de los sistemas de comunicación de espectro expandido mediante secuencia directa, sino de la gran mayoría de los sistemas de comunicación en general.

### 4. Conclusiones

Haciendo uso del simulador desarrollado fue posible demostrar algunos de los conceptos teóricos más significativos de los sistemas de espectro expandido mediante secuencia directa. Esto no sólo comprueba que el simulador de hecho funciona correctamente bajo diversas circunstancias, sino que es una muestra de la alta flexibilidad que presentan las herramientas de simulación a la hora de recrear diversas situaciones prácticas, lo cual las convierte en recursos sumamente útiles, que facilitan la comprensión de conceptos matemáticamente complejos a través de la experimentación.

### Referencias

- [1] A. Thomas, "Simulador de Entornos DSSS-CDMA," tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá, 2010.
- [2] S. Haykin and M. Moher, *Modern Wireless Communications*, 1st ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2005.
- [3] J. Meel, "Spread Spectrum (SS)," De Nayer Instituut, 1999.
- [4] V. Ipatov, *Spread Spectrum and CDMA*, Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd., 2005.
- [5] B. Sklar, *Digital Communications*, 2nd ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall PTR, 2001.
- [6] J. Proakis, *Digital Communications*, 3rd ed. Boston, Massachusetts: McGraw-Hill, 1995.



## FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

### Oferta Académica

La Universidad Tecnológica de Panamá, a la vanguardia con el incesante crecimiento de nuestro país; se ha destacado, durante los últimos años, por ser una de las universidades más sobresalientes y reconocidas internacionalmente por preparar óptimos y competentes profesionales en las áreas de ciencias y tecnología.

- Licenciatura en Ingeniería Industrial.
- Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial.
- Licenciatura en Mercadeo y Comercio Internacional.
- Licenciatura en Recursos Humanos y Gestión de la Productividad / Título intermedio de Técnico en Recursos Humanos y Gestión de la Productividad.
- Licenciatura en Gestión de la Producción Industrial / Título intermedio de Técnico en Ingeniería con espec. en Gestión de la Producción Industrial.
- Licenciatura en Logística y Transporte Multimodal / Título intermedio de Técnico en Logística y Transporte Multimodal.
- Licenciatura en Gestión Administrativa / Título intermedio de Técnico en Administración.

## Biografías

### Dr.-Ing. Carlos A. Medina C.

Universidad Tecnológica de Panamá

*En esta nueva edición de Biografías, presentamos la vida y obra de dos grandes genios que iluminaron a la humanidad con sus brillantes ideas y trabajos.*

### Nikola Tesla

Nikola Tesla fue un físico, matemático, ingeniero eléctrico y mecánico, y célebre inventor, un verdadero visionario muy por delante de sus contemporáneos en el campo del desarrollo científico, que revolucionó la teoría eléctrica desarrollando las bases para la generación de corriente alterna (AC). Fue uno de los más importantes contribuyentes al nacimiento de electricidad comercial y es conocido por sus muchos desarrollos revolucionarios en el campo del electromagnetismo a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Las patentes y el trabajo teórico de Tesla formaron la base de sistemas de energía eléctrica AC moderna, incluido el sistema polifásico de distribución eléctrica y el motor AC, con la que él ayudó a marcar el comienzo de la segunda revolución industrial.

Tesla es conocido por la mayoría de las personas simplemente como el inventor de la bobina Tesla, pero ésta es solamente uno de los cerca de 120 descubrimientos hechos por el prolífico y excéntrico genio, quién ni siquiera se molestó en patentar sus últimos inventos.

Nacido en la aldea de Smiljan en la frontera militar del Imperio Austrohúngaro, actual Croacia, Nikola Tesla primero estudió en el Colegio Politécnico de Graz, Austria. Fue allí donde primero observó el mal funcionamiento de un dinamo de corriente directa (DC). En 1879, Tesla se mudó a la Universidad de Praga, pero la dejó para ir a trabajar para una compañía telefónica en Budapest en 1880, después de la muerte de su padre. Allí concibió un sistema basado en el principio del campo magnético rotatorio – usando corriente AC en un anillo continuo en lugar de corriente DC en un anillo segmentado como los sistemas del momento.

En 1882, mientras trabajaba para la Compañía Edison Continental en Estrasburgo (antes Alemania, hoy Francia), construyó un prototipo de motor AC. Dos años después, aún trabajando para Thomas Edison, se mudó a Nueva York. Edison estaba entregado a la corriente directa, por lo que después de un año, Tesla instaló su propio laboratorio para desarrollar los sistemas de corriente alterna, creando su propia compañía en 1886. Esto se dio tras romper con Edison después de tener muchas diferencias. Se dice que tras trabajar varios meses mejorando los diseños de los generadores DC, y mientras le brindaba varias patentes que Edison registraba como propias, éste se negó a pagarle los 50 000 dólares que le había prometido si tenía éxito, aduciendo que se trató de una "broma americana", e incluso se negó a subirle el sueldo a 25



1856 - 1943

dólares a la semana. Además, Edison propició la invención de la silla eléctrica, que emplea corriente alterna (desarrollada por Tesla) en lugar de corriente continua de la que él era el impulsor para así dar mala fama al invento de Nikola.

Por 1888 Tesla había patentado dínamos, transformadores y motores AC polifásicos, que vendió a George Westinghouse, y que llevaron a la "batalla" entre los dos sistemas de corriente (AC y DC). La superioridad del sistema AC se mostró cuando su uso hizo posible el aprovechamiento de las cataratas del Niágara para generar energía eléctrica en 1889, y dos años después, el transformador de Tesla triunfó en Alemania cuando permitió transmitir 25 000 voltios 175 km con un 77% de eficiencia.

En 1893 Tesla inventó la bobina que ahora lleva su nombre, y logró transmitir energía electromagnética sin cables, construyendo el primer radiotransmisor, dos años antes que Marconi lograra su primera transmisión de radio. Dándose cuenta del inmenso potencial de la radio, comenzó a trabajar en una torre de transmisión de 200 pies en Long Island, EU, pero no encontró apoyo financiero.

En 1899, en su laboratorio de Colorado, probó que la Tierra era un conductor y produjo destellos gigantes de rayos artificiales de millones de voltios y 41 m de longitud. Fue luego que empezó a mostrar signos de excentricidad, afirmando haber recibido señales de otros planetas. Esta afirmación fue recibida por el público y la comunidad científica con escepticismo.

Después de su demostración de la comunicación inalámbrica a través de la radio en 1894 y después de haber sido el vencedor en la "guerra de las corrientes", fue ampliamente respetado como uno de los mejores ingenieros eléctricos que trabajó en EU. La mayor parte de sus primeros trabajos fueron pioneros en ingeniería eléctrica moderna y muchos de sus descubrimientos eran de importancia innovadora. Durante este período, en los EU, Tesla rivaliza en fama con cualquier otro inventor o científico en la historia o la cultura popular, pero debido a su personalidad excéntrica y sus afirmaciones aparentemente increíbles y a veces extrañas acerca de posibles avances científicos y tecnológicos, Tesla en última instancia fue condenado al ostracismo y considerado como un científico loco.

En sus últimos años, Tesla se volvió cada vez más solitario, saliendo sólo para hacer declaraciones inusuales, tales como su revelación de los rayos mortales en 1934. Viviendo en una serie de cuartos de hotel en Nueva York, murió a sus 86 años empobrecido por todos sus gastos, actividades inventivas y descuidos financieros.

La unidad de densidad de flujo magnético (inducción del campo magnético) y del campo magnético en el sistema internacional de unidades lleva el nombre de Tesla para honrarlo mundialmente, así como el efecto Tesla de transferencia inalámbrica de energía por medio de ondas electromagnéticas (que Tesla demostró a baja escala con bombillas incandescentes) y que aspiraba a utilizar para la transmisión intercontinental de niveles de potencia industriales.

Aparte de su trabajo en ingeniería electromecánica y electromagnetismo, Tesla contribuyó en diversos grados para el establecimiento de la robótica, control remoto, radar y en ciencias de la computación y a la expansión de la física nuclear, balística, y física teórica. En 1943, la Corte Suprema de los Estados Unidos le acreditó como inventor de la radio.

## James Clerk Maxwell

J. C. Maxwell es considerado el científico más grande del siglo XIX, siendo famoso por los conceptos del electromagnetismo y las ecuaciones de Maxwell.

¿Qué podría ser más diferente que el magnetismo, la electricidad y la luz? Sin embargo, en el siglo XIX, Maxwell demostró que estos fenómenos eran simplemente diferentes manifestaciones de las mismas leyes fundamentales. Describió todas estas, así como las ondas de radio, radar y calor radiante, por medio de un sistema único y elegante de ecuaciones. Además hizo otras aportaciones significativas a la ciencia.

James Clerk Maxwell nació en Edimburgo, Escocia, el 13 de junio de 1831. Fue el único hijo de John Clerk, un abogado de Edimburgo. Su madre se dedicó a su educación inicial, que como familia cristiana, incluía estudiar la Biblia. En esta temprana etapa, mostró su memoria excepcional cuando memorizó todo el Salmo 119. A la edad de 8 años, James encontró sus juguetes poco interesantes, y prefería aplicar su gran curiosidad a simples investigaciones científicas. Por ejemplo, utilizó una placa de estaño para reflejar la luz solar e hizo observaciones del ciclo de vida de la rana. Su madre le enseñó a ver el genio científico de Dios y la mano compasiva en las bellezas de la naturaleza. Esta convicción de que hay armonía completa entre la investigación científica y las enseñanzas de Dios en la Biblia tuvo una gran influencia sobre la vida y la obra de James. Lamentablemente, su madre murió cuando apenas tenía 8 años.

La carrera científica de James comenzó temprano, a la edad de 14 años, cuando aún estaba en la secundaria, y tuvo una publicación sobre geometría que incluía un análisis matemático que involucraba la elipse, y que fue leída en la Real Sociedad de Edimburgo. Dos años más tarde comenzó a ir a clases en la Universidad de Edimburgo. En sus tres años allí, investigó sobre la polarización de la luz y problemas de ingeniería tales como la deflexión de los haces y el retorcimiento de los cilindros, publicando dos trabajos científicos. Luego, en 1850, ingresó a la Universidad de Cambridge donde se graduó cuatro años después con título honorífico en Matemática. Además, ganó un prestigioso premio por su investigación original sobre el análisis matemático de la estabilidad de los anillos alrededor de Saturno. Maxwell demostró que los mismos no podían ser completamente sólidos o líquidos; en su lugar debían constar de pequeñas partículas sólidas separadas, una conclusión que fue corroborada más de 100 años después por la primera sonda espacial Voyager en llegar a Saturno.

Después de graduarse, Maxwell se unió al personal de la Universidad de Cambridge, dando conferencias sobre óptica e hidrostática, así como haciendo investigaciones en estas áreas. En 1855 hizo su primera publicación sobre electricidad y magnetismo, un discurso sobre la idea de líneas de fuerza, idea original promovida por el químico y físico inglés Michael Faraday. En este trabajo de Maxwell estaba, en esencia, su teoría del electromagnetismo.

Luego pasó tres años como profesor de filosofía natural en la Universidad de Aberdeen, Escocia. Allí, Maxwell se casó con Katherine Mary Dewar, y tuvieron un matrimonio feliz, pero sin hijos.



1831 - 1879

A partir de 1860, Maxwell tuvo los cinco años más fructíferos de su vida mientras era profesor de física en King's College, en la Universidad de Londres. Fue allí donde realizó la mayor parte de su trabajo sobre la teoría de los gases. Este trabajo se considera que estuvo basado en su investigación previa sobre los anillos de Saturno. Fue el fundador de lo que se llama ahora mecánica estadística, con su descubrimiento de que todas las moléculas en un gas no viajan a la misma velocidad, sino que las velocidades son compartidas entre las moléculas de forma aleatoria de acuerdo a la teoría de la probabilidad. También allí, supervisó la medición y la normalización de unidades eléctricas para la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia en 1863. Mientras estaba en King's College pudo mantenerse en contacto con Faraday, que trabajaba en el Royal Institute de Londres. Durante este periodo Maxwell calculó la velocidad de las ondas electromagnéticas, y encontró que su velocidad era prácticamente la misma que la velocidad de la luz y llegó a la conclusión de que la luz era otro tipo de onda electromagnética. Maxwell propuso que las ondas electromagnéticas con otras longitudes de onda debían también existir. Cuando el físico alemán Heinrich Hertz produjo las primeras ondas de radio artificiales en 1887 (ocho años después de la muerte de Maxwell), la teoría electromagnética de Maxwell fue confirmada plenamente – las ondas de radio tienen longitudes de onda más largas que la luz visible.

En 1865, Maxwell dejó Londres y se mudó a la finca en Escocia, que había heredado de su padre, debido a una salud pobre y porque disfrutaba de la vida en el campo. Allí se dedicó a investigar y escribir sobre la electricidad y el magnetismo. Seis años después, a los 40 años, Maxwell retornó como profesor de física experimental a la Universidad de Cambridge, donde consiguió realizar el sueño de construir un laboratorio de física, el cual fue inaugurado en 1874.

El principal objetivo de Maxwell en su investigación sobre la electricidad y el magnetismo era producir un marco matemático basado en los resultados experimentales de Faraday y sus ideas sobre la teoría del campo. Las cuatro ecuaciones matemáticas que Maxwell produjo se clasifican junto con leyes de Sir Isaac Newton del movimiento y la teoría de la relatividad de Albert Einstein como las contribuciones más fundamentales a la física.

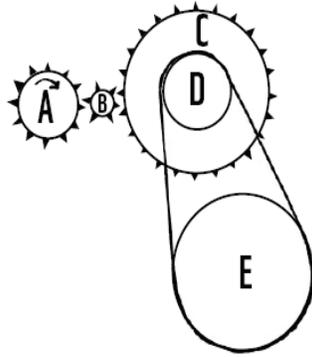
Como dijo Max Planck, famoso físico alemán, "Por su nacimiento James Clerk Maxwell pertenece a Edimburgo, por su personalidad él pertenece a Cambridge, por su trabajo él pertenece al mundo entero".

### Referencias

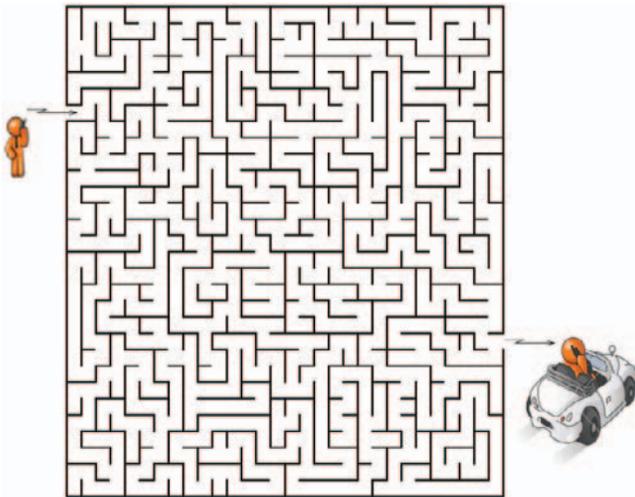
- [1] Ann Lamont, James Clerk Maxwell (1831-1879), [http://www.answersingenesis.org/home/area/bios/jc\\_maxwell.asp](http://www.answersingenesis.org/home/area/bios/jc_maxwell.asp)
- [2] New World Encyclopedia, James\_Clerk\_Maxwell, [http://www.newworldencyclopedia.org/entry/James\\_Clerk\\_Maxwell](http://www.newworldencyclopedia.org/entry/James_Clerk_Maxwell)
- [3] The New How It Works Encyclopedia, Maxwell, James Clerk, Vol.24, pp. 3308, Publ. H.S. Stuttman Inc., U.S.A. 1989
- [4] Tesla Biography, Tesla Memorial Society of New York <http://www.teslasociety.com/biography.htm>
- [5] The New How It Works Encyclopedia, Tesla, Nikola, Vol.24, pp. 3332, Publ. H.S. Stuttman Inc., U.S.A. 1989

### Rompecabezas

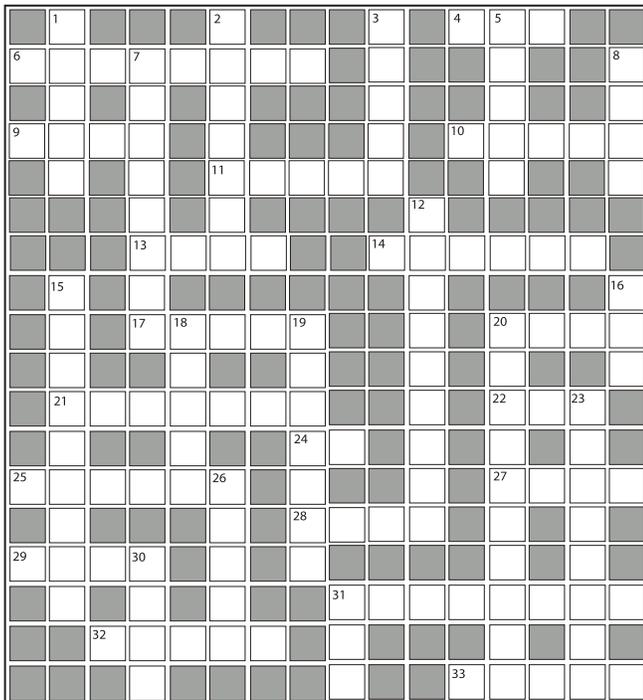
El diámetro de la polea E es el doble del de la polea D. Si el piñón A rota ocho veces en dirección horaria, ¿cuántas veces rotará la polea E y en qué dirección?



### Laberinto



### Crucigrama



Horizontal	Vertical
4 Sistema estándar de tecnología digital para comunicaciones móviles.	1 Información de transferencia de un ordenador y, en un sentido más amplio, valores numéricos.
6 Vehículo especial que se coloca en órbita para retransmitir información.	2 Señal discreta y cuantizada.
9 Grupo de recursos que permiten la transmisión de voz a través de Internet.	3 Máquina simple que sirve para transmitir fuerza y cambiar la dirección del movimiento por medio de cuerdas o cadenas.
10 Oxígeno, helio, metano, ...	5 Función que representa una cantidad variable física, y que contiene información acerca del fenómeno físico.
11 Unidad de densidad de flujo magnético.	7 Gráfico que muestra la descomposición de una señal ondulatoria en el dominio de la frecuencia.
13 Prefijo que significa "lejos", "a distancia".	8 Cantidad de materia que contiene un cuerpo.
14 Representación geométrica de una magnitud con orientación espacial, punto de aplicación, dirección y sentido.	12 Máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica.
17 Oscilaciones periódicas que produce un medio físico como la luz, el sonido.	15 Alambre enrollado en espiral por el que circula una corriente eléctrica y en cuyo interior se crea un campo magnético.
20 Asociación técnico- profesional mundial formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como electrónica, informática, telecomunicaciones.	16 Cada una de las relaciones constantes y universales que intervienen en un fenómeno.
21 Capacidad de los cuerpos para producir un trabajo.	18 Especificación que reglamenta procesos y productos para garantizar interoperabilidad.
22 Fragmento de ADN dispuesto en un orden fijo en los cromosomas.	19 Padre de la teoría de la información.
24 Símbolo del Níquel.	20 Conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas, que se dedica a la resolución u optimización de problemas.
25 En Internet, página de inicio que permite acceso a las distintas secciones de un sitio web.	23 Caucho sintético incombustible y de gran resistencia al frío.
27 Gas noble, incoloro, prácticamente inerte.	26 Unidad de peso anglosajona.
28 Percibir los olores.	30 Color entre el azul y el violeta.
29 Representación mental que se relaciona con algo real.	31 Átomo con carga eléctrica.
31 Conjunto global descentralizado de redes de comunicación.	
32 Tecnología que permite la recepción de datos por microondas y la retransmisión por ondas de radio basada en el estándar	
33 Estado gaseoso que adoptan los fluidos por la acción del calor.	
IEEE802.16.	

### Multiplicando y sumando

Intente llenar los números que faltan. Use números del 1 al 16 para completar las ecuaciones. Cada número se usa una sola vez. Cada fila y cada columna es una ecuación. Recuerde que la multiplicación y la división se realizan primero que la adición y la sustracción.

5	x		+		+		68
-		-		x		+	
	+		x		+		100
x		+		-		/	
	-	16	x		/		-68
-		-		+		x	
	+		+		x		34
-164		12		27		35	

# Sistema de Ingreso Universitario

## Llamados a Inscripción 2010-2011

### ▶ SEGUNDA CONVOCATORIA

- Inscripción y pago: 19 de julio - 1 de septiembre.  
Costo: B/. 20.00
- Aplicación Prueba de Aptitudes Académicas (PAA).  
· Sedes Regionales - Sábado 4 de septiembre.  
· Panamá Sede - Sábado 11 de septiembre.
- Ver sus resultados de la Prueba en el sitio: [matricula.utp.ac.pa](http://matricula.utp.ac.pa) a partir del 27 de septiembre.
- Pago de la Prueba de Inglés (ELASH) y Psicología.  
· 27 de septiembre al 6 de octubre,  
· Costo: B/. 20.00
- Aplicación la Pruebas de Inglés (ELASH)  
· Sedes Regionales - Sábado 9 de octubre.  
· Panamá Sede - Sábado 16 de octubre.
- Aplicación de la Prueba de Psicología.  
· Según designación (10, 17, 23 o 24 de octubre)
- Verificación de los resultados de las Pruebas en el sitio [matricula.utp.ac.pa](http://matricula.utp.ac.pa), a partir del 22 de noviembre.

### ▶ TERCERA CONVOCATORIA

- Inscripción y pago de la Prueba de Aptitud Académica  
· 27 de septiembre - 13 de octubre.
- Aplicación de la Prueba de Aptitud Académica (PAA).  
· Sábado 23 de octubre.
- Verificación de los resultados de la Prueba en el sitio: [matricula.utp.ac.pa](http://matricula.utp.ac.pa) a partir del 15 de noviembre
- Pago de la Prueba de Inglés (ELASH) y Psicología.  
· 15 de noviembre al 2 de diciembre.  
· Costo: B/. 20.00
- Aplicación de la Prueba de Inglés (ELASH)  
· Sábado 4 de diciembre
- Aplicación de la Prueba de Psicología.  
· Según designación (5 al 7 de enero de 2011)
- Verificación de los resultados de las Pruebas en el sitio [matricula.utp.ac.pa](http://matricula.utp.ac.pa), a partir del 5 de enero de 2011.

EL ALJIBE

CALLE A  
EDIF. 3



[www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)

[siu@utp.ac.pa](mailto:siu@utp.ac.pa)

### ▶ MATRÍCULA DE VERANO

Matricula para las clases de verano:  
· 1 al 10 de enero de 2011.  
· Costo B/. 29.80

Inicio de clases:  
· 11 de enero de 2011  
Entrega de documentos en su respectiva Facultad:  
· Sujeto a las disposiciones de cada Facultad.



**SOMOS >>>**

La Dirección de Comunicación Estratégica (DICOMES), apunta hacia objetivos que establezcan la misión de la Universidad Tecnológica de Panamá, por lo que sus funciones se orientan a facilitar el diálogo entre la Universidad y la comunidad la cual es receptora de sus servicios.

DICOMES contempla en su estructura tres departamentos, el Departamento de Comunicación e Imagen, mismo que consta de tres secciones, Información y Relaciones Públicas, Producción Publicitaria y Audiovisual y Mercadeo; el Departamento de Comunicación Gráfica, con las secciones de Diseño Gráfico, Imprenta y Editorial Universitaria; y el Departamento de Difusión Cultural.



**Información y Relaciones Públicas**

- ▶ Cobertura de eventos
- ▶ Entrevistas
- ▶ Relación con los medios
- ▶ Convocatoria de medios
- ▶ Reportajes
- ▶ Organización de eventos



**Diseño Gráfico**

- ▶ Papelería Empresarial e Identidad Corporativa
- ▶ Papelería para Eventos
- ▶ Anuncios Publicitarios
- ▶ Diseños para Medios Electrónicos
- ▶ Material Promocional
- ▶ Diseños para interiores y exteriores
- ▶ Diseños para Campañas
- ▶ Publicidad Exterior y gigantografía



**Imprenta**

- ▶ Impresión en Offset
- ▶ Tecnología Riobi
- ▶ Empastado de libros/tesis
- ▶ Impresión Digital a Full Color
- ▶ Formato máximo 14"X19"
- ▶ Encuadernación
- ▶ Acabado de Barniz



**Producción Publicitaria y Audiovisual**

- ▶ Cobertura fílmica
- ▶ Documentales
- ▶ Cuñas institucionales
- ▶ Cobertura fotográfica
- ▶ Vídeos
- ▶ Proyecto de Radio y TV digital
- ▶ Asistencia técnica en audio y vídeo



**Editorial**

- ▶ Producción de Obras Técnicas y Científicas
- ▶ Publicación de Obras de interés académico e investigación



**Difusión Cultural**

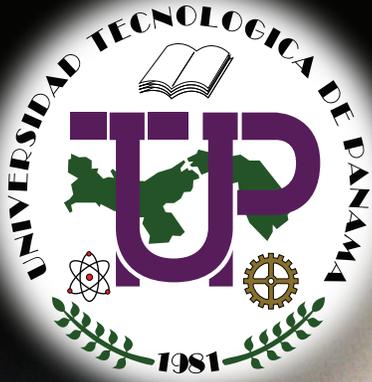
- ▶ Coordinar concursos literarios
- ▶ Administración del Memorial de Rogelio Sinán
- ▶ Publicación de obras de creación literaria
- ▶ Promoción de proyectos culturales
- ▶ Servicios culturales solidarios



**I+D en Cultura**

- ▶ Gestión de Proyectos
- ▶ Formación de promotores
- ▶ Capacitación





# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ



*“Camino a la excelencia  
a través del mejoramiento continuo”.*



Correspondencia y comentarios: [prisma@utp.ac.pa](mailto:prisma@utp.ac.pa)