



# INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE INTELIGENCIA AMBIENTAL PARA LA SALUD DEL FUTURO.



Unidad de Telemedicina y eSalud  
Instituto de Salud Carlos III  
Ministerio de Ciencia e Innovación  
Monforte de Lemos, 5 – Pabellón 6  
28029 MADRID (ESPAÑA)  
Tels.: 91 822 21 28  
Fax: 91 387 75 67

Catálogo general de publicaciones oficiales:

<http://publicaciones.administracion.es>

Para obtener este informe de forma gratuita en internet (formato pdf):

[http://www.isciii.es/jsps/organizacion/evaluacion\\_fomento/publicaciones\\_agencia/publicaciones.jsp#Informes%20publicos%20de%20evaluacion](http://www.isciii.es/jsps/organizacion/evaluacion_fomento/publicaciones_agencia/publicaciones.jsp#Informes%20publicos%20de%20evaluacion)

EDITA: Instituto de Salud Carlos III – Ministerio de Ciencia e Innovación

N.I.P.O.: 477-09-018-3

Imprime: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.  
Avda. de Manoteras, 54. 28050 – MADRID

**Edita ISCIII**

Jefe de la Unidad de Telemedicina y eSalud  
José Luis Monteagudo Peña

**Equipo de trabajo**

Victoria Ramos

Jorge García

Oscar Moreno

Alejandro del Pozo

Noemí Carranza

Pablo Blanco

**Coordinación del Estudio**

Victoria Ramos

**Para citar este informe**

Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Ciencia e Innovación.

RAMOS, V, GARCÍA, J, MORENO, O, DEL POZO, A, CARRANZA, N, BLANCO, P, *"Investigación en tecnologías de inteligencia ambiental para la salud del futuro"*

Este texto puede ser reproducido siempre que se cite su procedencia.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS DE INTELIGENCIA AMBIENTAL ...</b>	<b>5</b>
1. Concepto de inteligencia ambiental .....	5
2. Áreas de aplicación de la inteligencia ambiental en el hogar .....	6
3. Áreas de aplicación de la inteligencia ambiental en movilidad y transporte .....	11
4. Áreas de aplicación de la inteligencia ambiental en educación y aprendizaje .....	14
5. Áreas de aplicación de la inteligencia ambiental en cultura, ocio y entretenimiento .....	15
6. Áreas de aplicación de la inteligencia ambiental en salud .....	16
<b>2. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LOS ENTORNOS INTELIGENTES .....</b>	<b>18</b>
1. Comunicaciones .....	18
2. Microsistemas y Electrónica .....	28
3. Software .....	31
4. Gestión del Conocimiento .....	34
5. Interfaces de Usuario .....	35
6. Displays .....	36
7. Confianza y Seguridad .....	36
8. Aplicaciones Inteligentes para la Salud .....	37
9. Factores que Facilitan y Limitan .....	38
<b>3. SOLUCIONES DE ALIMENTACIÓN PARA EQUIPAMIENTO AUTÓNOMO EN AAL .....</b>	<b>43</b>
1. Introducción .....	43
2. Tres grandes problemas para dispositivos cada vez más pequeños .....	44
3. Alimentación a baterías .....	45
4. ¿Qué batería elegir? .....	49
5. Nuevos tipos de baterías .....	50
6. Harvesting o recolección de energía .....	51
<b>4. TECNOLOGÍAS PARA ENTORNOS DE INTELIGENCIA AMBIENTAL .....</b>	<b>55</b>
1. Ultra Wide Band Networks (UWB) .....	55
2. Zigbee .....	69
3. WiMax .....	82
<b>5. MAGERIT (METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN) .....</b>	<b>98</b>
1. Introducción .....	98
2. Planificación, Análisis y Control de Riesgos. Conceptos .....	99
3. Evaluación, Certificación, Auditoría y Acreditación .....	103
4. Libro I. Método .....	104
5. Libro II. Catálogo de Elementos .....	111
6. Libro III. Guía de Técnicas .....	113
7. Ejemplo de aplicación del análisis de riesgos de la Metodología Magerit a un Sistema de Telemedicina .....	113
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>120</b>
<b>7. REFERENCIAS .....</b>	<b>121</b>

# 1. INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS DE INTELIGENCIA AMBIENTAL

**Palabras clave:** *Tecnologías ubicuas, entornos inteligentes, tecnologías inalámbricas, comunicaciones móviles*

## 1. CONCEPTO DE INTELIGENCIA AMBIENTAL

El concepto de Inteligencia Ambiental que fue desarrollado en el documento ISTAG presenta una visión de la Sociedad de la Información futura enfatizando en la proximidad al usuario, eficiencia y soporte a servicios distribuidos, potenciación del usuario y en la facilidad de interacción humana con el entorno. La población podrá estar rodeada de interfaces intuitivas e inteligentes embebidas en toda clase de objetos y en un ambiente capaz de reconocer y responder ante la presencia de diferentes individuos sin obstaculizar y de forma continua y no visible. Parte de la idea de que la tecnología debe estar diseñada para los usuarios y no los usuarios adaptarse a la tecnología.

El acceso universal, incluyendo las dimensiones técnicas, sociales y económicas así como de seguridad, se debe considerar en la investigación, desarrollo y diseño de nuevas tecnologías. Esto implica un diseño que permita la inclusión de todos con confianza y seguridad y no convertirse en una nueva causa de exclusión social. No va dirigido a usuarios urbanos con gran cultura tecnológica móvil, sino también para los de bajo nivel tecnológico en cualquier localización para mejora de la calidad de vida diaria.

Estos sistemas socio-tecnológicos tendrán tres dimensiones: tecnológica, social y de políticas públicas.

### 1.1. La dimensión tecnológica

La clave está en los sistemas y tecnologías comprensibles, con buena respuesta, interconectados, sensible al contexto, transparentes e inteligentes. Los principales requerimientos tecnológicos son:

- Hardware no obstructivo: miniaturización y nano-tecnologías, dispositivos inteligentes, ordenadores embebidos, alimentación, sensores, activadores ...
- Infraestructuras de comunicaciones continuas basadas en acceso web fijo y móvil.
- Redes de dispositivos dinámicos y distribuidos, dispositivos interoperables y redes configurables a medida, inteligencia embebida en redes.
- Interfaces humanas similares a las naturales: agentes inteligentes, interfaces multimodales, modelos de percepción de contexto.
- Fiabilidad y seguridad: sistemas robustos y fiables, software capaz de auto-chequeo y auto-reparación y autoorganización.

### 1.2. La dimensión social

Las tendencias sociales, económicas y sociopolíticas están influenciadas en mayor o menos medida, por la vida diaria. Algunas de ellas son la sociedad envejecida,

multicultural, la ampliación europea, tradición cultural, consumismo, globalización (o anti), etc. Muchos de estos han promovido los desarrollos de inteligencia ambiental y es necesario tenerlos en cuenta.

Sin embargo, algunos de los conceptos manejados en los ambientes inteligentes no son aceptados por toda la población en su vida diaria. Por ejemplo:

- La gente no acepta todo lo que sea tecnológicamente posible y esté disponible.
- La población necesita ciertas capacidades y habilidades para adquirir y utilizar las tecnologías: dinero, tiempo, habilidades, aptitudes, lenguaje, etc., que no están homogéneamente distribuidas entre la población.
- La gente puede hacer uso de tecnologías de forma muy diferente a los usos previstos por los proveedores (Internet, SMS...).
- Nuevos usos de las TIC que emergen como interacción de usuarios y productores.
- La demanda de los usuarios sólo se cubre si el precio es atractivo.
- No existe el producto típico o de uso normal, sino una diversidad de usos y usuarios.
- Hay diferencia entre propietarios, usuarios y familiarizados con las TIC. La gente tiene tecnología, pero puede no utilizarla; la gente usa tecnologías pero puede no tener confianza en ella.

### **1.3. Las políticas sociales**

De acuerdo con la Estrategia de Lisboa y su continuación con el plan de acción de e-EUROPA, la Comisión Europea ha mantenido la promoción del conocimiento general y aplicado de las tecnologías de la información con vistas a mejorar la competitividad y la disponibilidad de estas tecnologías para todos los ciudadanos. Estas tecnologías deben garantizar la inclusión social y la seguridad y la confianza destacan como el cuello de botella que ralentiza el desarrollo de las Tecnologías de Inteligencia Ambiental.

El concepto de acceso universal incluye el concepto de la libre decisión de desconectar de las tecnologías en un momento dado. Incluye acceso a servicios y aplicaciones así como acceso a los recursos necesarios para poder disponer de esta Inteligencia Ambiental en los ambientes domésticos y/o de la vida diaria.

## **2. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA AMBIENTAL EN EL HOGAR**

Los hogares inteligentes, la casa interactiva y el hogar del futuro son términos de moda que se están explotando ampliamente en el contexto de las tecnologías domésticas. Algunas de las ideas están más elaboradas que otras, pero el concepto de hogar inteligente ya se está utilizando desde hace varias décadas.

Las nuevas tecnologías han elevado el nivel de vida y también nos han ayudado y nos han cambiado las diferentes formas de realizar numerosas tareas, de nuestra vida cotidiana. El incremento de la productividad ha sido y continua siendo el principal argumento a favor de la innovación en las tecnologías domésticas. A pesar de este sólido argumento, los cambios sociales y las implicaciones de la población pueden hacer variar algunos aspectos.

Los entornos de inteligencia ambiental se caracterizan por su ubicuidad, transparencia e inteligencia. En el futuro veremos cómo estas tecnologías cambian más aún nuestra vida, aunque también comprobaremos cuáles de las promesas se han hecho realidad y cuáles han sido una vana ilusión o, incluso han complicado más aún la vida cotidiana. Las funciones del hogar inteligente definidos son, entre otros,

- ordenadores que ayudan a la población a vivir de forma más sana, feliz y segura
- realización de tareas cotidianas automáticamente reduciendo el stress de la gestión doméstica
- integración del hogar con el trabajo, el aprendizaje y el ocio
- desaparición de todos los detalles extravagantes actuales

De un tiempo a esta parte, el término “inteligente” se ha vuelto obsoleto, siendo reemplazado por nuevas aproximaciones tales como “hogar consciente”, “entorno integrado” o “entorno vivo e interactivo”. Este cambio implica un desplazamiento del énfasis en la inteligencia artificial centrada en la tecnología hacia la inteligencia ambiental centrada en la persona, computación / inteligencia ubicua o versátil.

Las principales tendencias que se observan en las aplicaciones de las tecnologías de inteligencia ambiental en las aplicaciones para el hogar que se pueden destacar son:

- aceleración del ritmo de la vida diaria, estilo de vida frenético, demanda creciente de eficiencia y flexibilidad en las rutinas diarias
- límites poco claros entre el tiempo y el espacio (crecimiento de la tele-presencia)
- envejecimiento de la población con una mayor demanda por parte de los mayores de permanencia en sus hogares
- demanda creciente de seguridad
- presión creciente sobre los problemas medioambientales y el ahorro energético (promover el desarrollo sostenible y compensar los altos precios de la energía)
- investigación creciente de experiencias y proyectos
- necesidad creciente del hogar como un santuario, modo de vida tecnológico

En cuanto a la vida comunitaria, se estudian las posibilidades de las aplicaciones de la casa inteligente y las tecnologías como ayuda a las familias y amigos a mantenerse unidos y con interacción entre ellos. Más énfasis también en el análisis y previsión de las necesidades y deseos de los residentes de estos hogares inteligentes. Esto ayudaría a resolver el problema de la percepción real de la tecnología y los ordenadores, como en el caso del impredecible éxito del SMS.

Es importante destacar que el Hogar no es una máquina, que el hogar es para la gente. La casa no es un conjunto de herramientas tecnológicas cuya única misión es ayudar a la gestión y el apoyo a la vida diaria. La calidad de vida de las personas se espera que mejore por medio de la tecnología y la inteligencia ambiental. El hogar tiene una carga emocional y personal, así como un contexto socio-cultural y un estado mental. Desde el punto de vista de los usuarios, las aplicaciones tecnológicas

tienen tres implicaciones: la práctica, esparcimiento y estatus. El esparcimiento también se puede dividir en varias subcategorías: juegos, diversión, estética, etc.

Las áreas de aplicación son numerosas ya que la gente pasa más tiempo en su casa que en ningún otro sitio. La casa implica personas, espacios, habitaciones, artefactos, muebles, equipos, ambiente y todas las combinaciones en términos de espacio y tiempo. Hay cuatro funciones básicas que el hogar debe cumplir:

- *Automatización del hogar*: soporte de las funciones básicas como puede ser la calefacción, ventilación, aire acondicionado así como otras instalaciones eléctricas. Las funciones de seguridad también están incluidas dentro del automatismo e incluye diferentes aspectos: seguridad en términos de control de acceso físico y sistemas de alarmas, seguridad en términos de salud (prevención, monitorización) y seguridad en términos de construcción segura y de materiales. También se incluyen las funciones de control.
- *Comunicación y socialización* incluye la comunicación interpersonal y el acceso a Internet y a otros sistemas de información.
- *Descanso, relajación y entretenimiento* constituyen un elemento básico, con la electrónica del hogar como vídeo, TV, música, juegos, etc. También incluye las funciones relacionadas con la higiene.
- *Trabajo y aprendizaje*, con un aumento de sus posibilidades en el hogar. Incluye el trabajo de mantenimiento y cuidado del hogar, pero también las actividades profesionales que se podrían realizar en cualquier otro sitio.

## 2.1. Automatización del hogar

### 2.1.1. Funciones básicas de ayuda: climatización, electricidad y otras instalaciones

El principal objetivo es facilitar, integrar e incluso automatizar el control de las funciones del hogar. La mayoría de las automatizaciones ya existen. Para la casa del futuro, la inteligencia ambiental proporcionará el control por medio de paneles táctiles, voz, gestos de la mano, expresiones faciales, etc. Permitirá identificar al residente y ajustar las funciones de acuerdo con sus preferencias. El control de estas funciones debe tener un elevado criterio de fiabilidad y tolerancia a los fallos, de modo que los fallos no causen funcionamientos incontrolados en el sistema. También puede distinguir entre varios residentes o incluso detectar diferentes estados de ánimo o cambios de humor.

### 2.1.2. Seguridad

Está dirigida al acceso físico y a la salud y bienestar de los residentes. También incluye el control y monitorización del buen estado de la vivienda. Por medio de los sistemas de comunicaciones se activan las diferentes alarmas.

### 2.1.3. Control de acceso físico

Principalmente por medio de cierres con control electromecánico con tarjeta magnética, RFID, control biométrico, etc. O combinación de varios. La apertura y cierre mediante identificación de la persona y permitiendo la apertura en modo manos libres, será de gran utilidad para varios grupos de usuarios: mayores, niños, discapacitados así como madres cargadas de bolsas y niños.



#### **2.1.4. Cuidado de la salud y bienestar**

Unido al apoyo a la vida independiente, parece una aplicación muy prometedora en el hogar inteligente. La utilización como monitor de la salud puede llevar asociada la compensación de discapacidades funcionales, seguridad y proporcionar mejores medios de comunicación.

### **2.2. Comunicación**

En el hogar tienen lugar varios tipos de comunicaciones (o socialización). Las TIC facilitan la comunicación en casa, dentro de casa entre diferentes personas y desde y hacia otras casas, acceso a Internet o a otros sistemas de comunicaciones. El desarrollo de dispositivos ha ido desde terminales no inteligentes hasta portátiles y manos libres. Sin embargo, todavía son necesarias interfaces sensibles e interactivas, compatibles y amigables. Las tecnologías proporcionan, facilitan y aceleran la comunicación, pero no se debe olvidar que la comunicación y la socialización también se pueden llevar a cabo sin ningún apoyo tecnológico.

#### **2.2.1. Comunicaciones persona a persona**

La tecnología asociada a una línea fija (tanto cableada como con acceso inalámbrico) lleva disponible bastantes décadas. Esto constituye el paradigma de “una línea telefónica para una casa”.

Los teléfonos móviles se han introducido con gran éxito en los modos de vida de la población, pasando al paradigma de “siempre conectados”. En lo referente a la vida privada, han permitido una mejora de la calidad de vida y del sentido de seguridad.

#### **2.2.2. Comunicación persona a comunidad**

Pueden resultar aplicaciones atractivas para los ambientes inteligentes dentro de la familia o del hogar.

#### **2.2.3. Internet**

El acceso a banda ancha se ha hecho muy popular en los últimos años con un incremento del uso de Internet en los hogares con diferentes propósitos (juegos, educación, trabajo,...) y durante todas las horas del día.

### **2.3. Descanso, relajación y entretenimiento**

El hogar es el lugar principal para el descanso y el cuidado personal. El entretenimiento o el desarrollo de hobbies se pueden llevar a cabo en casa o fuera de ella, mientras que el domicilio es prioritario para el descanso.

#### **2.3.1. Descanso y relajación**

Dormir se sigue considerando la principal forma de descanso. Las aplicaciones de ambientes inteligentes dirigidas al sueño, se concentran tanto en el inicio del proceso, el centro y el final embebidos en reloj, lámpara, ventana, suelo, etc. También puede haber indicaciones en el exterior para evitar perturbaciones durante el descanso. El descanso no sólo se realiza en el dormitorio, también puede haber otras estancias del domicilio como una butaca del salón o una terraza o jardín. Los sensores embebidos en los muebles ya se llevan usando desde hace algunas décadas, sin embargo se puede añadir alguna inteligencia en forma de biosensores.

El descanso puede implicar también entretenimiento al que puede ayudar las nuevas tecnologías ambientales. En esta línea, hay una creciente demanda de aplicaciones para el ejercicio físico. Pueden reconocer y monitorizar el estado de salud del residente, su forma física y recordarle sesiones previas, experiencias y resultados que le permitan optimizar la práctica. Una posible aplicación sería la integración de dispositivos para el ejercicio físico en los muebles normales, es decir, con una idea de multifunción que ya se puede observar en las viviendas modernas.

### **2.3.2. Higiene**

La idea de utilizar el tiempo que se dedica a la higiene combinado con otras actividades no parece muy lejana.

### **2.3.3. Entretenimiento**

La radio, la TV y la música grabada han sido los entretenimientos principales durante décadas. Actualmente, con los formatos digitales y la disponibilidad de Internet están apareciendo nuevas formas de entretenimiento como los juegos en red o desde el móvil tanto en el hogar como fuera de él.

## **2.4. Trabajo y aprendizaje**

Las TIC están permitiendo la conexión del hogar con el trabajo. El e-trabajo o teletrabajo permite la realización desde casa que también es un lugar en el que se puede desarrollar algunos aprendizajes.

### **2.4.1. Cuidado del hogar**

Las tecnologías de inteligencia ambiental se pueden integrar con los dispositivos que realizan estas labores permitiendo programar tareas y niveles de resultados a obtener. Hay tareas rutinarias pero que llevan también asociadas actividades de socialización (como las relacionadas con la alimentación). La inteligencia ambiental puede aplicarse para establecer bases de datos con preferencias, alergias, sugerencias de menú, entre otras. Así mismo, permiten la monitorización de la seguridad, la salud, localización y necesidades de los residentes.

### **2.4.2. Trabajos de mantenimiento**

Asociado a tareas de reparación tanto en la casa como en el exterior o el jardín.

### **2.4.3. El despacho en el hogar**

El hogar se está convirtiendo en un lugar adecuado para trabajar implicando una variedad de equipos, TIC e instalaciones. La división entre trabajo y ocio se está haciendo borrosa aunque hay una demanda creciente de mantenerlos separados aunque se desarrollen en el mismo espacio. El lugar para el teletrabajo requiere ciertas condiciones y ciertos equipos TIC que no obstaculicen la vida y las rutinas diarias del hogar. Por lo tanto, hay una demanda importante de inteligencia ambiental para conseguir que el espacio y el trabajo sean lo más confortables posibles.

## **2.5. Aceptación**

La idea de que el hogar esté equipado técnicamente pero se mantenga la transparencia y la interactividad por medio de las tecnologías de inteligencia ambiental, es un requerimiento novedoso.

Las personas pasan mucho tiempo en sus casas y el desarrollo social y los cambios en los estilos de vida están introduciendo nuevas actividades en el hogar. La electrónica de consumo se ha integrado en las casas y empieza a integrarse con la inteligencia ambiental.

Sin embargo, hay algunos aspectos críticos en el desarrollo de estas tecnologías en el hogar. Los desarrollos tecnológicos no deben dominar el funcionamiento de la casa, deben facilitar el funcionamiento diario pero también ser un apoyo a las actividades de socialización. Un reto es el aprendizaje sobre los residentes y sus identidades: hábitos, preferencias, etc y cómo aplicar ese aprendizaje. Todo esto debería integrar un grado suficiente de privacidad y de prevención del uso indebido. Cuanto más complejo se hace el sistema, más vulnerable se vuelve.

Finalmente, hay consideraciones éticas y filosóficas implicadas. Las aplicaciones no deben automatizar el hogar hasta el extremo. Si las iniciativas dejan de ser necesarias, se puede llegar a la pasividad, especialmente de los residentes de edad avanzada. También unos precios elevados pueden ser causa de rechazo por parte de los posibles usuarios, no alcanzando su fin de proporcionar seguridad, estímulos y socialización.

### **3. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA AMBIENTAL EN MOVILIDAD Y TRANSPORTE**

Estas áreas se refieren al tráfico terrestre tanto público como privado al ser el modo de transporte más frecuente.

El estado del arte de la ingeniería aplicada a los transportes ha avanzado de manera importante en la última década, especialmente en lo relativo a dispositivos de control de tráfico, software de sistemas, hardware, tecnologías de comunicaciones y de vigilancia, principalmente. La monitorización y gestión del tráfico requieren cada vez más recursos tecnológicos que ofrecen información a los viajeros sobre congestión de tráfico, emergencias, el tiempo meteorológico. Los sistemas de navegación ofrecen información a los viajeros particulares y permitirán establecer rutas dinámicas o alternativas.

Las mejoras en la seguridad van dirigidas a reducir el número de accidentes por medio de la integración de datos procedentes de sensores de condiciones de tráfico, de comportamiento de otros conductores así como proponer o indicar posibles acciones compensatorias. Otras aplicaciones complementarias de la seguridad del automóvil irían asociadas a la utilización de tejidos inteligentes. La tendencia general hacia la información móvil y el entretenimiento se verá reflejada en el uso de las tecnologías de Inteligencia Ambiental para las aplicaciones en el tráfico y la movilidad. La combinación de los nuevos servicios de localización con la información de contexto también se presenta como una nueva área de aplicación.

#### **3.1. Sistemas de gestión del tráfico**

Los sistemas de gestión integrada de tráfico se harán cada vez más necesarios teniendo en cuenta el creciente volumen de tráfico y para la prevención de accidentes y la reducción del impacto ambiental. Las tecnologías AmI jugarán un papel esencial en vehículos y dispositivos llevables para proporcionar los datos a los sistemas de

gestión. Sin embargo, la protección del medioambiente y el uso más eficiente de las infraestructuras para la circulación de vehículos son a menudo metas opuestas.

**Tabla 1: Posibles áreas de aplicación**

<b>Objetivo</b>	<b>Ámbito de uso</b>	<b>Usuarios</b>	<b>Proveedores</b>
<b>Gestión de tráfico</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimización del uso de las infraestructuras</li> <li>- Conservación del medioambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Público: gestión, predicción, monitorización y encaminamiento</li> <li>- Comercial: transporte de mercancías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Público en general, pasajeros especiales y usuarios de medios de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Administración pública</li> <li>- Transportistas</li> <li>- Proveedores de servicios</li> <li>- Industria TIC</li> </ul>
<b>Navegación</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llegada al destino de la forma más rápida y adecuada</li> <li>- Evitar los cambios de medios de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Privado y público: información general e individual del tráfico</li> <li>- Público: Ayuda, navegación de vehículos individuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Público en general</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria del automóvil</li> <li>- Autoridades públicas</li> <li>- Transportistas</li> <li>- Proveedores de servicios</li> <li>- Industria TIC</li> </ul>
<b>Seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción del riesgo de accidentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Público: ayuda al conductor, vigilancia del vehículo y del medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Público en general</li> <li>- Grupos especiales: conductores profesionales</li> <li>- Grupos de riesgo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autoridades públicas</li> <li>- Industria del automóvil</li> <li>- Industria textil</li> <li>- Artículos de deporte e industria del ocio</li> <li>- Industria TIC</li> </ul>
<b>Información móvil y entretenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información sobre el entorno de una persona, especialmente sobre las opciones de movilidad</li> <li>- Entretenimiento y acceso a información donde sea posible y necesario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos: asistente de información personal</li> <li>- Público y privado: dependiente de la localización</li> <li>- Comercial: multimedia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Público general</li> <li>- Grupos especiales: turistas, viajeros de negocios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proveedores de contenidos, industria del entretenimiento</li> <li>- Proveedores de servicios</li> <li>- Autoridades semipúblicas: oficinas de turismo</li> <li>- Industria TIC</li> </ul>

Las tecnologías de Inteligencia Ambiental tales como las TIC llevables, pueden extender su uso a los medios de transporte públicos, permitiendo una monitorización del tráfico en superficie exacta y precisa. Por medio de tejidos inteligentes o simplemente etiquetas llevados por los trabajadores y sensores situados en lugares estratégicos pueden registrar los movimientos de peatones y de usuarios de transportes públicos.

La predicción del tráfico puede contribuir a la elección óptima de rutas si es posible informar a los transeúntes a tiempo y sugiriendo rutas o medios de transporte. La congestión del tráfico podría ser evitada o, al menos, reducida. En cuanto a los medios de transporte públicos, también sería de gran utilidad disponer de información actualizada sobre cambios de horarios o disponibilidad de plazas.

El seguimiento de usuarios de medios de transporte públicos por medio de las tecnologías ambientales permitirían controlar el pago de los billetes o la satisfacción de los usuarios.

### 3.2. Navegación

En algunas ciudades hay ya instalados sistemas de guiado que ayudan al control de los límites de velocidad o señales que indican la disponibilidad de plazas de aparcamiento. También proporciona información en tiempo real sobre tráfico, volumen de tráfico, congestiones, etc. La información sobre las condiciones de las vías se puede transmitir a los viajeros por radiodifusión o bajo demanda.

La utilización de tecnologías ambientales puede permitir acceder a información sobre estaciones o paradas próximas, taxis, taquillas de venta de billetes, reservas de hoteles, restaurantes,... disponibilidad o alternativas a los medios de transporte, horarios o retrasos.

Los sistemas de ayuda personales basados en GPS podrán incluir preferencias individuales junto con información de estado del viajero y del ambiente. Las administraciones proveerán las infraestructuras y la asociación entre proveedores públicos y privados podrán permitir la distribución de contenidos.

### 3.3. Seguridad

Uno de los principales objetivos de las tecnologías ambientales en vehículos es la mejora de la seguridad, con unos requisitos muy concretos de espacio y energía. La principal característica es la integración del automóvil en su ambiente y en el comportamiento del conductor. El desarrollo de estas aplicaciones se concreta en la reducción de los riesgos asociados con el tráfico y la disponibilidad de autovías libres de accidentes.

Las tecnologías de Inteligencia Ambiental ofrecen la posibilidad de monitorizar las condiciones físicas del conductor, diagnosticar posibles signos de incapacidad al volante, fatiga, temperatura inadecuada, etc. Una forma de intervención externa podría ser la reducción de la velocidad en caso de peligro o de malas condiciones de la carretera. Por otra parte, el sistema debe ser suficientemente robusto como para tolerar cambios de comportamiento no peligrosos del conductor.

Las citadas tecnologías suponen para el propio vehículo, el conocimiento de sus condiciones y las del medio circundante:

- información sobre el vehículo
- información sobre el medio ambiente, especialmente obstáculos en la trayectoria
- información adicional procedente de los medios de comunicación

Para vehículos distintos a los coches, serían necesarias soluciones basadas en tejidos inteligentes.

Los prerequisites tecnológicos en este tipo de aplicaciones serán:

- tecnología de sensores
- ordenadores embebidos ubicuos
- comunicaciones en red cableadas e inalámbricas

### **3.4. Información móvil y entretenimiento**

Las tecnologías ambientales presentan la oportunidad de personalizar la información en función del contexto. Las nuevas tecnologías permiten la integración de funciones de entretenimiento, información y comunicaciones para el conductor y los pasajeros, aplicaciones que ya empiezan a instalarse en ferrocarriles y aviones.

## **4. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA AMBIENTAL EN EDUCACIÓN Y APRENDIZAJE**

Las tecnologías ambientales presentan nuevas posibilidades para un proceso de aprendizaje cada vez más flexible, independiente y permanente e integrando todas las fases en un entorno de enseñanza ubicuo en términos de metodología, tecnologías, herramientas y servicios. Una parte importante de las tecnologías futuras irán destinadas a la organización del conocimiento:

- adquisición
- validación
- representación
- difusión

Las principales aplicaciones y herramientas para los futuros escenarios estarán enfocadas hacia

- entornos virtuales y comunidades virtuales
- utilización de agentes inteligentes en el proceso de aprendizaje y evaluación del conocimiento
- interfaces de usuarios continuas, adaptativas y interactivas
- herramientas de acceso a información
- redes activas a nivel local, cívicas y globales
- tecnologías móviles
- crecimiento de la velocidad/capacidad de los ordenadores con disminución de su tamaño
- evolución de los dispositivos de presentación
- comunicaciones y ordenadores de bajo-coste
- robots inteligentes para uso ubicuo

## **5. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA AMBIENTAL EN CULTURA, OCIO Y ENTRETENIMIENTO**

Las tecnologías ambientales tienen un importante potencial condicionado a su disponibilidad, cobertura y experiencias en las que la frontera entre cultura y entretenimiento no siempre está clara. Mejorar y enriquecer en ocio y los servicios para el entretenimiento de los consumidores es una de las metas comerciales para AmI. Sin embargo, el impulso para uno y otro sector puede ser diferente, junto con la disponibilidad de comunicaciones, más adaptado al interés comercial y de la industria privada en comparación con la herencia cultural, la participación y la socialización. No obstante, para la realización de los ambientes inteligentes en estos campos, no hay duda de que dependerá de colaboración pública-privada entre diferentes actores.

### **5.1. Herencia cultural**

Se plantea en términos de digitalización y custodia de las obras de arte en todas sus versiones para mantenerlas protegidas en casos de desastres naturales y también en casos de desastres creados por el hombre como guerras, robos ....

Las tecnologías de AmI enfatizan en la facilidad de acceso para el usuario. Las tecnologías del conocimiento y la inteligencia artificial jugarán un papel importante: acceso avanzado a bases de datos, minería de datos o ciencias cognitivas, entre otros.

### **5.2. Participación cultural**

La creación de ambientes centrados en personalizar la participación cultural en el exterior del hogar para proporcionar servicios accesibles, con un coste asumible de forma que sea accesible a la mayoría de la población.

### **5.3. Acceso a los medios de comunicación**

Una de las finalidades es facilitar el acceso al material de lectura en cualquier sitio y en cualquier momento de la forma más aproximada posible a la experiencia de lectura real física. La clave de su aceptación serán los equipos de presentación y el acceso inalámbrico a redes que permitan el acceso a las bases de conocimiento.

### **5.4. Entretenimiento**

El objeto de la introducción de las tecnologías ambientales es la mejora o el incremento de la implicación del usuario. También aumentar el realismo, como en el caso de los juegos. Estas aplicaciones tienen el inconveniente de la propensión al sedentarismo que desarrollan los usuarios. Sin embargo, también presenta la ventaja de la optimización del tiempo dedicado a la práctica del deporte permitiendo eliminar algunos riesgos y contribuyendo a una vida más sana.

La eliminación o reducción por medio de estas tecnologías ambientales de tareas rutinarias y aburridas permite la concentración en las importantes y disfrutar de otras más placenteras.

Las claves del éxito del desarrollo de estas aplicaciones se concentra en: integración de tecnologías fijas y móviles, minería de datos, bases de datos distribuidas, computación sensible al contexto y agentes inteligentes.

## 6. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA AMBIENTAL EN SALUD

Las aplicaciones de las tecnologías ambientales de la vida diaria pueden clasificarse en tres categorías que en muchos casos se solapan: prevención, tratamiento y cuidado. Se trata de aplicaciones todavía en estado incipiente y sobre las que hay escasez de literatura, excepto en el caso de la monitorización continua de pacientes y las telealarmas que ya tiene algún desarrollo.

Los principales retos de estas aplicaciones en el área de la salud pueden ser:

- la integración con los procesos de sanitarios
- mayor personalización y adaptación al contexto de las aplicaciones
- mayor eficiencia
- disminución de las limitaciones de tiempo y lugar
- la salud como un estilo de vida
- potenciación del paciente

La prevención está dirigida hacia la información, la monitorización y el tratamiento preventivo de la población con la finalidad de evitar problemas de salud. Los actores implicados pueden ser: el público general, grupos sociales con propensión o tendencia hacia ciertos problemas de salud, médicos, especialistas y también agencias gubernamentales, industria farmacéutica, etc. El área de las aplicaciones para la salud se están desplazando hacia la integración y la personalización de funciones, donde la predicción también es una parte importante de la prevención.

El cuidado está formado por actividades a largo plazo dirigidas a la recuperación de pacientes y al apoyo de las funciones de la vida diaria para personas que necesitan atención prolongada, tales como mayores, discapacitados o enfermos crónicos.

A continuación se pueden observar las distintas aplicaciones en el área de la salud

**Tabla 2: Estructura de las aplicaciones en el área de la salud**

<b>Categorías</b>	<b>Contexto de uso</b>	<b>Usuarios</b>
Prevención	General Comercial Privado Laboral	Público general Grupos especiales Población de diferentes grupos de edad
Tratamiento	Público Comercial Privado	Pacientes
Cuidado	Público Comercial Privado	Mayores Discapacitados Enfermos crónicos Pacientes en rehabilitación Personas en exclusión social
Gestión y administración	Público / comercial	Pacientes Ciudadanos



## 6.1. Prevención

La monitorización es el aspecto más tradicional de la literatura. La utilización de las TIC y en concreto los sistemas de inteligencia ambiental para la monitorización de la salud y el comportamiento relacionado con la salud, puede aportar información para tomar algún tipo de decisión.

Se están presentando cierta tendencia hacia la teleconsulta automática, entendiéndose por tal el diálogo no entre persona-persona sino entre persona-máquina. La inteligencia ambiental puede integrar la monitorización con esta consulta remota.

La predicción es una función con un elevado grado de personalización que se integra muy bien con las soluciones inteligentes.

## 6.2. Tratamiento

Por medio del desarrollo de las tecnologías “lab on a chip” para los ambientes inteligentes, se podrá disponer de un gran número de dispositivos para el autodiagnóstico. También se puede acceder a una segunda opinión, a más fuentes de información para potenciación del paciente.

Las comunicaciones ambientales de alta calidad permiten compartir utilidades, dispositivos y equipo médico para facilitar el tratamiento e incluso las intervenciones a distancia. También se empieza a plantear la posibilidad de acceder a la dispensación de medicamentos por medio de una base de datos o sistemas inteligentes de administración de medicamentos.

Una limitación que aparece es la posibilidad de interferencias con los equipos médicos sensibles, lo que puede limitar las prestaciones.

Así mismo, la supervisión y monitorización de pacientes puede facilitarse por medio de las tecnologías ambientales. La monitorización de los parámetros o el seguimiento de las pautas puede hacerse viable sin que el paciente tenga que permanecer en el hospital.

## 6.3. Cuidado

Como ya se ha expresado, la monitorización es un proceso que admite las soluciones ambientales. También el cuidado de larga duración o permanente se pueden beneficiar de estas tecnologías y de estos ambientes capaces de responder a las necesidades diarias, así como a las situaciones de emergencia.

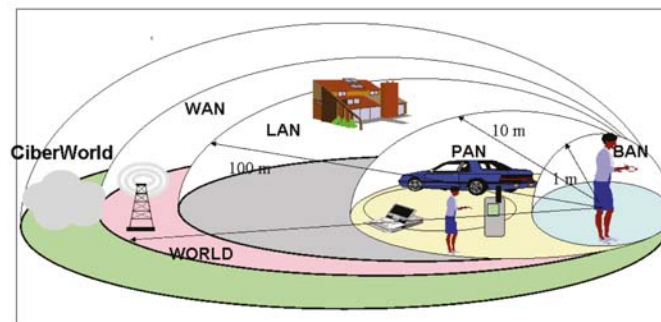
## 6.4. Apoyo

Hay un número de funciones de carácter secundario con implicación en la salud en las que los ambientes inteligentes pueden permitir mejorar la coordinación de actividades, organización, potenciación del paciente o mejora para las actividades comerciales en el sector. Todo esto también lleva asociados las necesidades de autenticación o autentificación para garantizar el acceso seguro y la privacidad en las aplicaciones.

## 2. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LOS ENTORNOS INTELIGENTES

Los Ambientes Inteligentes admiten un gran número de aplicaciones dependiendo de los desarrollos tecnológicos. A continuación se presenta un modelo de referencia del vínculo entre el usuario y el entorno tecnológico que le rodea.

Figura 1: Zonas de cobertura



La superficie geográfica dentro de la cual los terminales pueden establecer comunicaciones con la estación fija y, eventualmente, entre sí, se denomina zona de cobertura. En consecuencia, los sistemas de comunicaciones móviles han de diseñarse de forma que puedan realizarse los enlaces desde cualquier lugar de la zona de cobertura. Ello obliga a elegir cuidadosamente la ubicación de la estación fija. Los sistemas móviles inalámbricos proporcionan el acceso vía radio de los usuarios a las redes de telecomunicaciones con una movilidad restringida.

En las redes inalámbricas convencionales de hoy en día, en las que los puntos de acceso a la red se fijan y conectan en banda ancha, la búsqueda de mayores regímenes de datos, apunta a que, en lo que se refiere a datos, “*cuanto más, mejor*”, sobre todo dentro y en los alrededores de casas y edificios. Varias tecnologías en este campo están evolucionando, y auguran un gran impacto en el panorama de los inalámbricos en la década presente.

### 1. COMUNICACIONES

La relación entre el individuo y la red de comunicaciones es un problema clave en las aplicaciones de Inteligencia Ambiental que permita la comunicación eficiente por medio de las interfaces hombre-máquina. Un alto grado de implicación entre usuarios y aplicaciones supone la existencia de conexión entre dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones llevados por el usuario o en el medio que lo rodea.

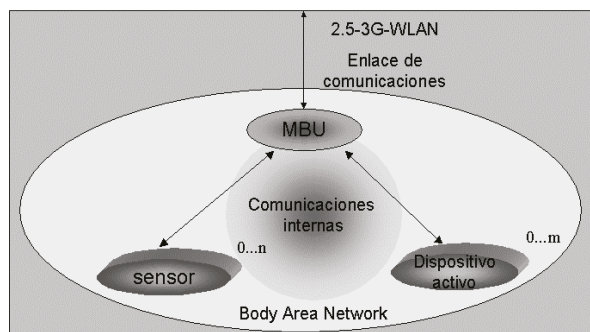
#### 1.1. B.A.N. (Body Area Networks, en español, Redes de Área Corporal)

Las redes que permiten la interconexión entre diferentes dispositivos llevables constituyen las BAN (Body Area Networks, en español, Redes de Área Corporal). Para asegurar la interoperabilidad entre diferentes fabricantes, es necesario definir

un protocolo de comunicaciones común. Un dispositivo de una BAN puede ser tanto un equipo completo (por ejemplo, un teléfono móvil) como un componente único (por ejemplo, un audífono o un teclado). Estos elementos normalmente no necesitan comunicarse a más de 1 a 2 m de distancia y permite la transmisión de varias clases de parámetros. En el caso de parámetros fisiológicos, se podrán enviar los parámetros al médico, al centro médico o al centro de llamadas sanitarias. La transferencia de datos se realiza por medio de tecnologías de banda ancha tipo GPRS, UMTS ó WLAN. Esto permite la monitorización, el almacenamiento y la transmisión de parámetros vitales del paciente. Este tipo de soluciones permite la personalización del servicio y asegura la intervención apropiada como respuesta a ciertas condiciones o combinaciones de ellas detectadas en los parámetros vitales medidos.

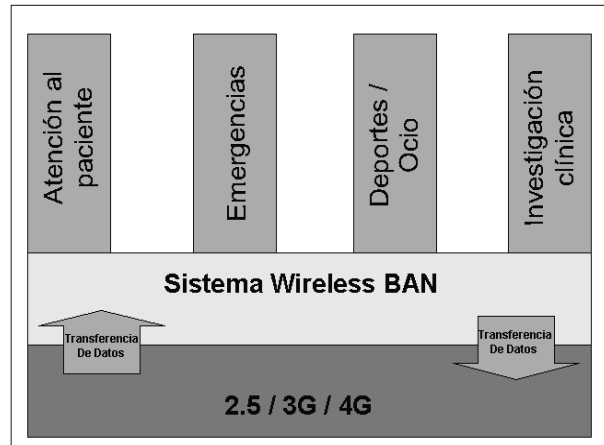
La BAN portada por el paciente se programa de acuerdo con sus requerimientos personales y puede estar formada por sensores y dispositivos activos, dispositivo móvil receptor de datos y un equipo de comunicaciones móviles de banda ancha o PDA (Personal Digital Assistant). Los sensores de pequeño tamaño fijados al cuerpo miden los parámetros vitales y los envían a intervalos o continuamente de forma inalámbrica (por medio de Bluetooth o similar) al terminal receptor. Este terminal puede transmitir los datos por medio de Internet, GPRS, UMTS y/o WLAN al centro en el que se analizarán los parámetros y se tomarán las decisiones oportunas.

**Figura 2: Estructura de BAN**



Las aplicaciones de las BAN se pueden encontrar en los distintos tipos de atención a pacientes, en emergencias, en deporte u ocio así como en investigación clínica, como se representa en la **Figura 3**.

**Figura 3: Wireless BAN genérica para diferentes servicios**



En el concepto de Inteligencia Ambiental (AmI) convergen tres tecnologías: computación ubicua, comunicaciones ubicuas e Interfaces inteligentes amigables para el usuario. Según esto, las personas estarán rodeadas de interfaces inteligentes soportados por tecnología de ordenadores y redes en todas partes, embebidos en objetos cotidianos tales como muebles, ropas, vehículos, carreteras y materiales inteligentes incluso en sustancias como las partículas de pinturas decorativas. AmI supone un entorno continuo de ordenadores, tecnología avanzada de redes e interfaces específicas. Detecta características específicas de la presencia humana y la personalidad, atiende las necesidades y presenta capacidad de respuesta inteligente a la voz, a gestos, etc.

Las características tecnológicas principales pueden ser:

- hardware nada intrusivo y de gran compatibilidad, incluyendo redes ópticas, nano y micro electrónica, tecnologías de potencia y de presentación, chips de radiofrecuencia de muy baja potencia
- infraestructura de comunicaciones fija / móvil continua, plataformas abiertas o estándares de facto que permitan la interoperabilidad. Redes de área personal (PAN) integradas en redes de área de vehículos (VAN), a su vez integradas en redes de área amplia (WAN)
- redes de dispositivos masiva y dinámicamente distribuidos
- interfaces humanas de aspecto natural, tecnologías intuitivas, nuevos materiales
- desarrollos personales y comunitarios, incluyendo factores de diseño socio-tecnológico, soporte de interacción hombre - hombre, bases de datos distribuidas
- fiabilidad y seguridad privada, sistemas de autenticación biométricos, firma digital y métodos basados en la genética
- tecnología que garantice el derecho a la intimidad / anonimato / identidad de las personas y de las organizaciones
- reducir el coste social y el riesgo para la salud.

## 1.2. PAN (Personal Area Networks, Redes de Área Personal)

Estas redes suponen acceso a información periférica. La tecnología de Redes de Área Local inalámbrica ha aumentado su presencia en entornos tales como edificios o campus universitarios, permitiendo la conectividad a servicios basados en infraestructuras a través de un proveedor o a través de una intranet corporativa con backbone.

Una parte del espectro está ocupado por las tecnologías con conectividad inalámbrica personal de corto alcance que permite a los dispositivos personales comunicarse unos con otros sin la necesidad de una infraestructura establecida. La tecnología inalámbrica Bluetooth ofrece la ventaja de la omnidireccionalidad de la comunicación y la eliminación del requerimiento de la visión directa para el enlace de Radiofrecuencia. El espacio de conectividad está constituido por una “picocelda” por la que se pueden desplazar los usuarios y conectar los dispositivos personales con otros dispositivos que están o que entran en la picocelda. La conectividad es espontánea y efímera y puede implicar varios dispositivos de diferentes capacidades operacionales.

La tecnología Bluetooth pretendía inicialmente reemplazar los cables de interconexión entre una variedad de dispositivos personales, incluyendo notebooks, teléfonos celulares, PDAs, cámaras digitales, etc. y ahora supone una tecnología inalámbrica de interface de bajo coste y fácil uso que reemplaza los cables necesarios para la interconexión entre dispositivos personales.

La primera finalidad de la tecnología Bluetooth inalámbrica es proporcionar una conexión flexible reconfigurable que permita la interconexión entre varios dispositivos personales. Otra finalidad de esta tecnología es proporcionar una interface uniforme para acceder a los servicios de datos. Un usuario podrá conectarse a un punto de acceso de la LAN que le permita acceder, por ejemplo, a la infraestructura y a los servicios de una intranet. Así mismo, el usuario se puede conectar con su teléfono celular y acceder a los servicios de datos de una Red de Área Amplia (WAN).

Otra finalidad de esta tecnología es permitir la conexión “peer-to-peer” (sin punto de acceso) entre dispositivos personales. Esto permite a varios individuos formar grupos, por ejemplo durante una reunión, para intercambiar datos sin necesitar el acceso a una infraestructura que les permita la comunicación entre ellos.

## 1.3. Redes de Área Metropolitana Inalámbricas (WMAN). Normas IEEE 802.16 WiMAX

Una Red de Área Metropolitana Inalámbrica proporciona acceso fijo inalámbrico en banda ancha en la banda de frecuencias de 2 a 11 GHz. La WMAN supone una alternativa al acceso a redes mediante enlaces con fibra óptica, coaxial o DSL. Mediante esta tecnología se permite el acceso a servicios multimedia tales como videoconferencia, voz o grupos. En esta norma están incluidas prestaciones nuevas, tales como opciones para arquitectura en red (Mesh-WLAN).

La principal aplicación de esta norma será proporcionar acceso a servicios de Internet y aplicaciones multimedia inalámbricas (WISP), independientemente de los operadores de telefonía y fácilmente instalable. Esta tecnología permite la integración con las redes de área local inalámbrica de la norma IEEE 802.11, con lo que las estaciones base de la norma IEEE 802.16<sup>a</sup> suponen un excelente enlace para proporcionar el acceso a Internet de los hosts de IEEE 802.11. Esta norma también puede jugar un

papel importante en regiones en vías de desarrollo en las que no hay disponibilidad de una infraestructura cableada avanzada, con un alcance de más de 50 Km.

Las pruebas de conformidad e interoperabilidad de la interfaz de WirelessMAN, desde 2 a 66 GHz, están respaldadas por el Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). La norma WMAN también está respaldada por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) para utilización de una parte de la 802.16<sup>a</sup> como base de la norma ETSI correspondiente.

El término “banda ancha” normalmente indica la capacidad de acceder a un ancho de banda significativo por parte del usuario. Sin embargo, en terminología ITU, la transmisión en banda ancha se refiere a un régimen binario de transmisión superior a los 1,5 Mbit/s, aunque muchas redes de Acceso inalámbrico a banda ancha actuales soporten un régimen de datos significativamente superior.

Los sistemas basados en la norma IEEE 802.16 emplean arquitecturas multipunto, que incluye punto-a-multipunto (P-MP) y multipunto-a-multipunto (MP-MP). Los sistemas PMP comprenden estaciones base, abonados y, en algunos casos, repetidores. Las estaciones base utilizan antenas con haces relativamente anchos divididos en uno o varios sectores proporcionando cobertura en 360° con una o varias antenas. Para dar cobertura a un área completa, pueden ser necesarias más de una estación base. Los abonados utilizan antenas direccionales dirigidas a la estación base y comparten el uso del radiocanal por medio de varios métodos de acceso: división de frecuencia, tiempo o código.

En las arquitecturas MP (Mesh) las estaciones base proporcionan conexión al centro de la red y a las otras estaciones. El abonado puede ser un terminal o un repetidor. El tráfico se puede cursar hasta el abonado por medio de uno o más repetidores. Las antenas son generalmente direccionales de haz estrecho.

El sistema está compuesto típicamente por Estaciones base (BS), estaciones abonadas (SS), equipos terminales abonados (ET), enlaces intercelulares, repetidores y otros equipos posibles. Los enlaces intercelulares pueden ser inalámbricos, de fibra óptica o de cobre entre dos o más estaciones base (BS). Las antenas pueden ser de diferentes tipos: normalmente, la estación abonada utiliza antenas direccionales y algunos sistemas utilizan repetidores para aumentar la cobertura cuando la BS no tiene visión directa en su área de cobertura.

La propagación electromagnética en el rango de frecuencias de 1 a 3 GHz (y de 10 a 66 GHz) es relativamente no dispersiva, aunque en ocasiones puede presentar importante atenuación por lluvia. La absorción de emisiones por la tierra o estructuras artificiales suele ser importante, por lo que se recomienda mantener la visión directa entre antenas transmisoras y receptoras.

#### **1.4. Redes de Área Extendida (WAN). Mobile Broadband wireless access: MBWA. Normas IEEE 802.20**

Esta norma estará dirigida a redes inalámbricas de cobertura en grandes áreas. Es un estándar para redes wireless de banda ancha basadas en servicios IP móviles y pretende ser una especificación de los sistemas móviles de 4<sup>a</sup> generación.

El 11 de diciembre de 2002, el IEEE Standard Board aprobó el establecimiento del grupo de trabajo IEEE 802.20 para el desarrollo de un sistema denominado genéricamente: Mobile Broadband Wireless Access (MBWA).

La misión de IEEE 802.20 es desarrollar la especificación de las capas PHY y MAC de un interfaz aire basado en conmutación de paquetes y optimizado para el transporte IP que:

- opere en las bandas de trabajo licenciadas por debajo de 3,5 GHz
- trabaje con velocidades de pico por encima de 1 Mbps.
- soporte movilidad por encima de los 250 Km/h
- cubra tamaños de celda que permitan coberturas continuas de áreas metropolitanas
- obtenga eficiencias espectrales, velocidades de transmisión sostenidas y número de usuarios activos significativamente más altos que con los sistemas móviles existentes.

### **Características MBWA**

- Conmutación de Paquetes (Optimizado para IP).
- IP Roaming y Handover con velocidades de 1Mb/s.
- Ofrece movilidad de hasta 250km/h. (frente a los 60km de WiMAX Mobile & WiBro)
- Baja Latencia (fast ACK) y rates de 1-2Mb/s.
- Operará en principio en bandas con licencia por debajo de 3.5GHz.
- Roaming con otras tecnologías. (Open Interfaces)
- Compatibilidad con los sistemas móviles actuales.
- Reutilización de infraestructura móvil existente. (torres 3G..)

### **Capa física**

- MBWA define inicialmente dos perfiles:
  - MBTDD (Mobile Broadband Time Division Duplex) Resultado de combinar las tecnologías iBurst (HC-SDMA) de Kyocera y QTDD de Qualcomm.
  - MBFDD (Mobile Broadband Frequency Division Duplex) Es una evolución de QFDD de Qualcomm.
- Hace uso de antenas adaptativas (AAS) para permitir la máxima eficiencia espectral y de energía de ambos extremos de la comunicación.
- Permite una cobertura de 5km
- Parámetros definidos para comunicaciones móviles:
  - Ancho de Banda del Canal: 1,25MHz paired FDD (Frequency Division Duplex), 2,5MHz unpaired TDD (Time Division Duplex).
  - Sectorización: 6 Sectores/Celda (uso típico 3 sectores/celda).
  - Reutilización de la misma frecuencia en distintos sectores y células (factor de reutilización  $\leq 1$ ).
  - Tolerancia Doppler (400Hz) y retardo multipropagación (10ms).
  - Con una relación SNR=1.5dB se consigue FER=10<sup>-2</sup>.

### **Capa MAC (Media Access Control)**

- Se definen tres estados del dispositivo móvil para conseguir máxima eficiencia energética.

- Transiciones Rápidas y Dinámicas posibilitan a todos los usuarios tener una conexión TCP/IP eficiente.
- Se permiten más de 100 Usuarios Activos por Sector/Celda.
- Rápida y Eficiente Búsqueda de Recursos tanto en UL como en DL.
- Permite interactuar en tiempo real con las necesidades del dispositivo móvil (tiempo máximo entre UL slots request 10ms)
- Eficiente y Robusto Handover tanto entre sectores como entre células (<200ms, comparable a una transición entre estados del dispositivo móvil).
- Soporte para distintas QoS y alta flexibilidad en el Scheduling de paquetes.

A continuación se resumen las tecnologías anteriormente mencionadas

**Tabla 1: Comparación entre varias configuraciones inalámbricas**

	<b>802.11</b>	<b>802.15</b>	<b>802.16</b>	<b>802.20</b>
<b>Espectro</b>	Sin licencia	Sin licencia	Licencia Sin licencia	Licencia
<b>Banda de frecuencias</b>	2,4GHz, 5GHz	Varias según aplicación	10-66GHz 2-11GHz	Por debajo 3,5GHz
<b>Tipo de acceso</b>	Area Local	Espacio personal	Accesos fijos PMP y mallados en MAN	Ubicuidad en áreas metropolitanas
<b>Movilidad</b>	Portatibilidad	Espacio personal	Fijo	
<b>Alimentación</b>	Batería	Batería	Red	Batería
<b>LOS/NLOS</b>	NLOS	NLOS	LOS (10- 66GHz) NLOS (2- 11GHz)	NLOS
<b>Capas afectadas</b>	PHY y MAC para LAN	PHY y MAC para PAN	PHY y MAC para acceso inalámbrico PMP	PHY y MAC para redes acceso móviles

### 1.5. Ultra Wide Band Networks (UWB) con IEEE 1394

La Ultra Wide Band (UWB) es un método de transmisión que se basa en la creación de pulsos de banda base ultracortos con enormes anchos de banda (del orden de varios GHz). Al contrario de los sistemas sin hilos convencionales que convierten señales de banda base en portadoras de radiofrecuencia (RF), la UWB se puede usar en banda base y puede ser considerada como un modelo de transmisión de la banda base que se propaga en frecuencias de RF. Se ha demostrado que la UWB proporciona transmisión de datos fiable a un régimen que sobrepasa los 100 Mb/s dentro de edificios, con densidades espectrales de potencia extremadamente bajas.

Las nuevas plataformas para redes domésticas, son fáciles de instalar y fáciles de manejar. Recientemente, se han propuesto nuevas interfaces, tales como el bus serie USB, HomePNA, el IEEE 1394 para sistemas con cable, HomeRF, Bluetooth, IEEE 802.11<sup>a</sup>, y el IEEE 1394 inalámbrico a 5 GHz.

La combinación de IEEE 1394 con la tecnología UWB de impulsos por radio proporciona la flexibilidad y la movilidad de una solución con acceso inalámbrico de banda ancha en el interior y en los alrededores del hogar.



La tecnología UWB codifica una gran cantidad de información en una serie de pulsos cortos, con muy baja potencia distribuida a lo largo de un amplio rango de frecuencias. Este sistema presenta ciertas ventajas para las comunicaciones inalámbricas de banda ancha en interiores, como son:

- alta capacidad
- baja probabilidad de desvanecimiento por multitrayecto
- inmunidad frente a interferencias
- diversidad en tiempo y frecuencia

Este tipo de redes, permitiría la vigilancia remota, tele-consulta y atención domiciliaria, entre otras aplicaciones multimedia. Teniendo en cuenta que los requerimientos en el hogar pueden ser algo diferentes de los del entorno laboral, entre otras prestaciones se pueden destacar:

- flexibilidad: capacidad de procesamiento de diferentes tipos de datos, desde regímenes muy bajos, hasta de algunos megabits por segundo para aplicaciones de vídeo
- prestaciones en tiempo real
- fácil operación: sin especial atención a la configuración de la red o a las conexiones
- economía: precios y tamaños bajos
- alta fiabilidad: permitiendo actividad y movimiento personal, que suelen ser inevitables. Las sombras en la propagación producidas por el cuerpo humano afectan especialmente a la fiabilidad del sistema y a la calidad del servicio.

Además de estos requerimientos, es fundamental la regulación internacional para las aplicaciones futuras. En la siguiente [Tabla 2](#), se presentan algunas tecnologías para redes inalámbricas en el hogar.

**Tabla 2: Tecnologías de redes inalámbricas para aplicaciones en el hogar**

	<b>Bluetooth</b>	<b>HomeRF</b>	<b>IEEE 802.11a</b>	<b>Wireless1394</b>	<b>IEEE 1394+UWB</b>
<b>Espectro</b>	2,4 GHz (Banda ICM)	2,4 GHz (Banda ICM)	5,2 GHz (Banda ICM)	5,2 GHz (Banda ICM)	3,1-10,6 GHz
<b>Régimen de pico</b>	~ 720 Kb/s	0,8 ~ 1,6 Mb/s	~ 54 Mb/s	~ 70 Mb/s	≥100Mb/s (~ 400 Mb/s)
<b>Modulación</b>	FHSS: 1600saltos/s	FHSS: 50 saltos/s	OFDM	OFDM	TH-PPM, PAM Modulación bifase
<b>Distancia</b>	< 10m	< 50m	~ 50m	10 ~ 20m	< 10m
<b>Topología de conexión</b>	Per-to-peer maestro-esclavo	Peer-to-peer Ms-to-BS	MS-to-BS	Peer-to-peer, multisalto	Peer-to-peer, multisalto
<b>Prestaciones en tiempo real</b>	SI	SI	NO	SI	SI
<b>Aplicación</b>	Telefonía móvil Terminales portátiles	PC, periféricos, terminales móviles	Transmisión de datos IP	Dispositivos del hogar (audio, vídeo, datos IP)	Dispositivos del hogar (audio, vídeo, datos IP)

Teniendo en cuenta que la tecnología UWB generalmente ocupa una banda de frecuencias bastante ancha, existe el riesgo de interferencias producidas por el sistema con otros sistemas existentes de banda estrecha, tales como GPS, redes móviles celulares, WLAN y sistemas de radiodifusión de TV. Por lo tanto será importante garantizar la coexistencia y la compatibilidad entre UWB y los citados sistemas de banda estrecha, por medio de:

- el espectro de la señal de radio transmitida en tecnología UWB debe ser tan plano como sea posible y con los niveles permitidos
- la topología de la red puede no estar completamente distribuida, para facilitar el control de la potencia y de las interferencias, es decir, una topología centralizada en la que se permite comunicación peer-to-peer dentro de la zona de cobertura del hub
- para evitar las interferencias con otros sistemas, puede ser más efectiva la transferencia multisalto a corta distancia, que la transferencia con un único salto a una distancia mayor
- generalmente, una topología del tipo de Bluetooth puede ser una opción adecuada para una red con UWB en el hogar compuesta por varias picoceldas en las que cada maestro controla los esclavos.

Dependiendo de la propagación o las interferencias de la señal de radio, el hub puede cambiar la topología multisalto controlando los terminales, por medio de:

- manteniendo la estructura de la trama y distribuyendo la temporización de la información
- monitorizando y controlando las estaciones o los terminales registrados
- asignando las ranuras a los terminales (síncronos y asíncronos)
- controlando la calidad de la comunicación entre estaciones
- controlando el acceso múltiple entre estaciones
- negociando y ajustando el ancho de banda reservado, que dependerá de la ocupación del bus.

La mayoría de los estados miembros de UE permiten el acceso público a R-LAN y los servicios de comunicaciones electrónicas sobre una base comercial o no comercial, considerando la importancia de las R-LAN para los servicios de la sociedad de la información, como plataforma de acceso de banda ancha. La Comisión Europea, mediante la Recomendación 2003/203/CE, pretendió armonizar el suministro de dicho acceso a las R-LAN en la Comunidad, debiéndose autorizar la prestación de estos servicios mediante el sistema menos oneroso posible, es decir, en la medida de lo posible, sin condiciones específicas para el sector.

## 1.6. WLAN

Las WLAN se encuadran dentro de las normas desarrolladas por el IEEE para redes de área local inalámbricas. Desde sus comienzos como extensión de la tecnología convencional de redes de área local cableadas (LANs), esta norma ha pasado a ser algo más complejo, más potente y, también, más confuso, como solución de acceso público a la red de comunicaciones móviles para cubrir las zonas de alta concentración de usuarios (los denominados hot spots).

El origen de las WLAN se remonta a un experimento realizado por ingenieros de IBM en 1979, en Suiza, consistente en utilizar enlaces de infrarrojos para crear una red de área local en una fábrica. Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas, donde se utilizaba el esquema de espectro expandido (spread spectrum). En 1985, la FCC (Federal Communications Commission), la agencia federal del Gobierno de los Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas ICM (Industrial, Científica y Médica) 902-928 MHz, 2,403-2,500 GHz, 5,150-5,725 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en Spread Spectrum (SS), con las opciones DS (Direct Sequence) y FH (Frequency Hopping).

Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando en la fase de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbit/s, el mínimo establecido por el IEEE para que la red sea considerada realmente una LAN, con aplicación empresarial.

Las redes WLAN se componen fundamentalmente de dos tipos de elementos: los puntos de acceso y los dispositivos de cliente. Los puntos de acceso actúan como un concentrador o hub que reciben y envían información vía radio a los dispositivos de clientes, que pueden ser de cualquier tipo, habitualmente, un PC o PDA con una tarjeta de red inalámbrica, con o sin antena.

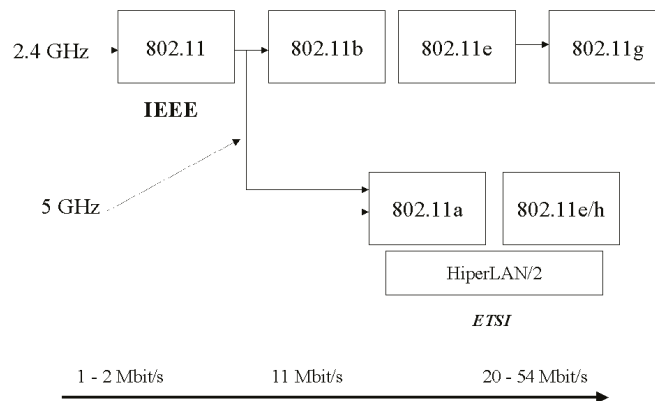
Este tipo de redes no necesitan licencia para su instalación y permite la libertad de movimientos a sus usuarios, ya que la posibilidad de conexión sin hilos entre diferentes dispositivos elimina la necesidad de compartir un espacio físico común y soluciona las necesidades de los usuarios que requieren tener disponible la información en todos los lugares por donde pueden estar trabajando. Además, a esto se añade la ventaja de que son más sencillas de instalar que las redes de cable y permiten la fácil reubicación de los terminales en caso necesario.

El uso más popular de las WLAN implica la utilización de tarjetas de red inalámbricas, cuya función es permitir al usuario conectarse a la LAN corporativa sin la necesidad de una interfaz física.

En 1989, en el seno del IEEE 802, se forma el comité IEEE 802.11, que empieza a trabajar para tratar de generar una norma para las WLAN, pero no es hasta 1994 cuando aparece el primer borrador, y habría que esperar hasta el año 1999 para dar por finalizada la norma. Actualmente, hay varios estándares reconocidos dentro de esta familia.

En junio del año 1997 el IEEE ratificó el estándar para WLAN IEEE 802.11, que alcanzaba una velocidad de 2 Mbit/s, con una modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa (DSSS), aunque también contempla la opción de espectro expandido por salto de frecuencia, FHSS en la banda de 2,4 GHz, y se definió el funcionamiento y la interoperabilidad entre redes inalámbricas. El 802.11 se corresponde con una red local inalámbrica que usa la transmisión por radio en la banda de 2,4 GHz, con regímenes binarios de 1 a 2 Mbit/s. El método de acceso al medio MAC (Medium Access Control) es mediante escucha de portadora, CSMA (Carrier Sense Multiple Access). El medio radioeléctrico es compartido, ya sea por secuencia directa (DSSS) o por saltos de frecuencia (FHSS). El acceso por código CDMA implica que pueden coexistir dos señales en el mismo espectro utilizando códigos diferentes. La banda de 2,4 GHz está reglamentada como banda de uso común y en ella funcionan gran cantidad de sistemas.

Figura 4: Normas IEEE 802.11.



A finales de la década de los 90, los líderes de la industria inalámbrica crean la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), una alianza para garantizar la Compatibilidad Inalámbrica, cuya misión es la de certificar la interfuncionalidad y compatibilidad entre los productos de redes inalámbricas 802.11.b y promover este estándar para la empresa y el hogar. Para indicar la compatibilidad entre los citados dispositivos, tarjetas de red o puntos de acceso de cualquier fabricante, se les incorpora el logotipo “Wi-Fi” (estándar de Fidelidad Inalámbrica), y así los equipos con esta marca, soportada por más de 150 empresas, se pueden incorporar en las redes, siendo incluso posible la incorporación de terminales telefónicos Wi-Fi a estas redes para establecer llamadas de voz.

## 2. MICROSISTEMAS Y ELECTRÓNICA

Los sistemas en miniatura y la electrónica juegan un papel fundamental en los Ambientes Inteligentes. Varios dispositivos electrónicos son imprescindibles para estos conceptos y su futuro desarrollo está condicionado a los avances en el diseño de chips, densidad de empaquetamiento, miniaturización de componentes, integración funcional, computación embebida y nuevas áreas como las nano-tecnologías. Originado por el rápido cambio en el análisis y concepción de los componentes hardware, será necesario desarrollar metodologías y herramientas para desarrollar e implementar plataformas y dispositivos en sistemas de Inteligencia Ambiental.

La industria de los semiconductores se ha desarrollado tremendamente desde los primeros circuitos integrados en los 70. Desde los primeros integrados con algunas puertas lógicas o transistores se pasó a los MSI (Medium scale integration) con más funciones lógicas pasaron a los LSI y a los VLSI que integran microprocesadores, memorias, unidades aritméticas, etc. La integración de varios circuitos en componentes muy pequeños permite reducir el precio y aumentar la fiabilidad.

### 2.1. Sistemas embebidos

Los sistemas embebidos se realizan normalmente en dos tecnologías:

- Circuitos Integrados de Aplicaciones Específicas, ASIC (Application Specific Integrated Circuits)
- Procesadores programables, PP (Programmable Processors)

Cada tecnología tiene sus particularidades. Los ASICs son preferibles por sus altas prestaciones y bajos requerimientos de potencia. Sin embargo los PPs son mejor

opción cuando priman la flexibilidad y el corto tiempo de desarrollo. Una de las principales diferencias entre ASIC y PP es la forma de calcular. Los PPs ejecutan una lista de instrucciones secuencialmente con sus recursos multiplexados en el tiempo. Los ASICs calculan típicamente en espacio permitiendo posibles actividades en paralelo.

## 2.2. Microprocesadores

Desde hace más de 30 años, los microprocesadores han proliferado de forma sorprendente en cuanto a chips, dispositivos de alimentación, desde teléfonos hasta supercomputadores.

Un microprocesador es en esencia un chip de silicio que contiene una CPU. El término microprocesador y CPU suelen ser normalmente intercambiables. Los microprocesadores constituyen el núcleo de los ordenadores personales y de la mayoría de las estaciones de trabajo. También controlan la mayoría de los dispositivos digitales, desde radio despertadores hasta sistemas de inyección de carburante para coches. Hay tres características básicas que diferencian los microprocesadores:

- juego de instrucciones: conjunto que puede ejecutar el microprocesador
- ancho de banda: número de bits procesados en una única instrucción
- reloj: expresado en MHz, el reloj determina cuántas instrucciones por segundo puede ejecutar el procesador.

Además del ancho de banda y del reloj, los microprocesadores se clasifican en RISC (Reduced Instruction Set Computer) o CISC (Complex Instruction Set Computer). Los sistemas RISC reconocen un número limitado de instrucciones. Hasta mediados de los 80, la tendencia entre los fabricantes de ordenadores era construir CPUs cada vez más complejos con un mayor número de instrucciones. Al mismo tiempo, sin embargo, un número de fabricantes decidieron fabricar CPUs capaces de ejecutar sólo un número limitado de instrucciones. La ventaja de los ordenadores de juego de instrucciones reducidas es que las pueden ejecutar muy rápidamente al ser instrucciones simples. Otra ventaja importante es que los chips RISC requieren pocos transistores, lo que abarata el diseño y la fabricación.

Los microprocesadores y ASICs diseñados para dispositivos pequeños e inteligencia llevable encuentran limitaciones en cuanto al tamaño, consumo y calentamiento. El incremento de prestaciones en los microprocesadores de PCs ha dado lugar a mayores chips que producen más calor y consumen más. Por otra parte, los desarrolladores de microprocesadores para dispositivos portátiles como notebooks, PDAs y teléfonos móviles se han concentrado en la minimización del tamaño, limitar la generación de calor y el consumo mientras se mantienen elevadas prestaciones.

## 2.3. Memorias

Las memorias de semiconductores usadas junto con microprocesadores o ASICs se clasifican normalmente en Read Only Memory (ROM) o Random Access Memory (RAM). RAM es un dispositivo de almacenamiento de datos en el que el orden de acceso a las localizaciones no afecta a la velocidad de acceso, excepto en las ráfagas. Son memorias volátiles, lo que quiere decir que los datos se pierden al desconectar la alimentación. Se usan como almacenamiento temporal de datos de un programa.

Hay diferentes tipos de RAM:

- RAM estáticas (SRAM) que mantienen los datos mientras dura la alimentación del chip. No necesita ser reescrita periódicamente. Se suelen utilizar para la memoria caché por su alta velocidad.
- RAM dinámicas (DRAM) que necesitan ser constantemente reescritas para mantener los datos. Esto se consigue por medio de un circuito de refresco que reescribe los datos varios cientos de veces por segundo. Se utilizan en la mayoría de los sistemas de memoria por su reducido tamaño y precio. Hay numerosos tipos de DRAM: Fast Page Mode DRAM (FPM DRAM), Extended Data Out DRAM (EDO DRAM), Burst EDO DRAM (BEDO DRAM), Synchronous DRAM (SDRAM), RAMBus DRAM (RDRAM)

Las memorias ROM solo pueden ser leídas. Se utilizan en los casos en que los datos deben permanecer. Son memorias no volátiles muy seguras, que son más lentas que las RAM. Hay diferentes tipos de RAM:

- ROM Programables (PROM) que es básicamente un chip sobre el que se escribe una vez.
- Erasable Programmable ROM (EPROM) igual que la anterior, pero que puede ser borrada mediante una luz ultravioleta un cierto número de veces, permitiendo ser reescrita.
- Electrically Erasable Programmable ROM (EEPROM) que puede ser reescrita por medio de ciertos programas. De este tipo son las Flash BIOS

En 2004 aparecieron otro tipo de RAM llamada RAM Magnética (MRAM) que combina las prestaciones de la tecnología de memoria de semiconductores con la velocidad de las SRAM, la capacidad de almacenamiento y el precio de las DRAM y de las memorias Flash. Estas memorias han tenido gran difusión en los Laptops, PDAs, teléfonos móviles y en los dispositivos emergentes ubíquos.

A continuación se presenta la **Tabla 3** con la previsión de la tecnología de semiconductores según (ITRS 2002).

**Tabla 3: Previsión de la tecnología de semiconductores**

			1999	2002	2005	2008	2011
<b>Tecnología</b>		nm	180	130	100	70	50
<b>Longitud de puerta</b>		nm	140	85-90	65	45	30-32
<b>Densidad</b>	DRAM	Gb/cm <sup>2</sup>	0,27	0,71	1,63	4,03	9,94
	SRAM		35	95	234	577	1423
	Lógica de altas prestaciones	Millones de transistores por cm <sup>2</sup>	24	65	142	350	863
	ASIC		20	54	133	328	811
	Lógica de alto volumen		7	18	41	100	247
<b>Reloj local</b>	Altas prestaciones	GHz	1,25	2,1	3,5	6,0	10,0
	ASIC		0,5	0,7	0,9	1,2	1,5
	Alto volumen		0,6	0,8	1,1	1,4	1,8

## 2.4. Sensores

Los sensores están basados en gran número de tecnologías, incluidas MEMS, piezo materiales, micromáquinas, vídeo VLSI y otras tecnologías tales como los radares de micropulsos.

- El desarrollo más destacado han sido los Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS). Estos parten de la tecnología de semiconductores. Los mayores consumidores se encuentran en la industria automovilística.
- Los materiales piezoeléctricos tienen la propiedad de deformarse en presencia de un campo eléctrico. Son particularmente útiles en sensores de montaje superficial para medida de movimiento o deformación de materiales.
- Las micromáquinas utilizan tecnología de semiconductores que incorporan mecanismos y partes móviles. También explotan cualidades del silicio: bajo coeficiente térmico de expansión, alta conductividad térmica y otras propiedades como elasticidad, etc.
- El Video VLSI se trata de video cámaras con los circuitos requeridos para integrarse en el ordenador. Las nuevas generaciones integran en un único chip un dispositivo CCD, circuitería y lentes.
- Radares de pulsos de baja potencia que pueden incorporar inteligencia a los detectores de niveles de los automóviles, sensores de golpes, pruebas de estructuras no destructivas, etc.
- Sensores para posicionamiento global, GPS, de prestaciones mejoradas y bajo coste para localización y seguimiento de mercancías.
- Giróscopos de tecnología láser (RLS)
- Bio sensores constituyen interfaces tecnológicas que detectan actividad nerviosa y muscular. Las principales aplicaciones se centran en la investigación médica con objeto de recibir parámetros fisiológicos que permitan tomar medidas preventivas.

## 3. SOFTWARE

### 3.1. Sistemas distribuidos a gran escala

Un sistema distribuido lo constituyen un grupo de objetos que interactúan con un fin. Constituyen una arquitectura apropiada para tareas interactivas y orientadas a grupos. Los sistemas varían según el grado de centralización. Un ejemplo lo constituye el paradigma cliente / servidor. La computación principal y los servicios se encuentran en el servidor, siendo el cliente poco más que un dispositivo de entrada / salida. Otros ejemplos de sistemas distribuidos los forman el Middleware orientado a Mensajes (MOM) donde cada sistema comunica con los otros enviando mensajes y también los Web services.

### 3.2. GRID computing

El GRID computing aspira a la creación de una red de ordenadores accesible de forma similar al acceso al suministro eléctrico. Se desarrolló para permitir el uso de grandes ordenadores disponibles en Internet. Millones de servidores están conectados a Internet y su capacidad de computación se puede utilizar simplemente aplicando técnicas de computación distribuida y en paralelo. Estas técnicas ya se conocían

desde hace tiempo, pero se están empleando en la actualidad de forma intensiva en los nuevos entornos inteligentes.

Permite la utilización acoplada de recursos distribuidos geográficamente y ofrece acceso consistente y económico a recursos alejados geográficamente. Permite compartir, agregar y seleccionar una gran cantidad de recursos distribuidos. Se han tomado varias iniciativas sobre GRID computing para estaciones de trabajo comunes en todo el mundo.

Una de las aplicaciones más interesantes es la de los Grid Web services. En este caso, la potencia de computación no se utiliza para procesar números, sino para gestionar millones de solicitudes de servicios complejos diferentes. El concepto de Web service, que es típicamente estático, se convierte en dinámico para generar otros servicios, modificar la configuración y para migrar entre diferentes servidores.

### **3.3. Gestión de flujo de trabajo**

Este tipo de aplicaciones gestiona el proceso de asignación de tareas a los recursos. Permiten asignar diferentes tipos de tareas a diferentes flujos de trabajo. Los trabajadores pueden ser guiados en la realización de su trabajo, ayudados a tomar decisiones y aligerada la realización de tareas automáticas.

La investigación en este campo está dirigida al intercambio de procesos, desarrollar un lenguaje de programación que permita la importación y exportación de las definiciones desde una plataforma a otra. Otro desarrollo interesante está relacionado con los Web services.

### **3.4. Sistemas embebidos**

El crecimiento de la tecnología y la complejidad de los chips son tan elevados, que se puede hablar de sistemas en un chip mejor que de circuitos integrados. Esta producción se puede dividir en dos categorías principales: dispositivos de propósito general (como CPUs o memorias) y sistemas embebidos, diseñados con unas especificaciones particulares y destinados a aplicaciones específicas.

Un sistema embebido típico está compuesto por hardware y software que deben funcionar juntos desde el principio. Las técnicas de diseño y las herramientas crecerán más rápido acortando la brecha entre lo que se puede diseñar y lo que se puede fabricar. En el propio chip se pueden encontrar diferentes funciones de sub-sistemas con diferentes características y filosofía de diseño. Otra perspectiva de diseño es la FPGA (lógica programable) que permite la reconfiguración dinámica de partes importantes de (NoCs) Networks-on-Chips.

### **3.5. Sistemas operativos ligeros**

En los últimos años, entre los dispositivos pequeños personales electrónicos sin inteligencia, como los relojes digitales y los dispositivos de altas prestaciones como los PCs, han empezado a aparecer una serie de dispositivos nuevos. Estos dispositivos cubren la franja intermedia entre unos y otros, con la necesidad específica de sistemas operativos no tan pesados como los del PC pero con prestaciones próximas a las de ellos. Los Sistemas Operativos ligeros disponen de menos prestaciones en una plataforma pequeña., es decir, reducidas capacidades, hardware limitado e interfaces de usuario a medida, no necesariamente basadas en el paradigma de teclado-ratón-monitor. También tienen que soportar interacción con el usuario en tiempo real como



ya hacen los PCs y hasta hoy tienen capacidad de funcionamiento en red, interfaces de usuario basada en iconos, varios soportes de lectura y capacidad de almacenamiento local.

La evolución de estos sistemas continúa hacia la mejora del hardware, hacia dispositivos pequeños con nuevas prestaciones como reconocimiento de voz.

### **3.6. Estándares nuevos y abiertos**

En los últimos tiempos han surgido consorcios que tratan de definir e imponer estándares relacionados con aplicaciones específicas. WWW es el mejor ejemplo de interoperabilidad: cada ordenador puede acceder a datos de cualquier otro por medio del uso de los mismos protocolos de red (IP, TCP y HTTP, por ejemplo) y porque ellos hablan y entienden el mismo lenguaje, HTML.

Las aplicaciones pueden compartir datos utilizando XML, sin importar el Sistema Operativo con el que funcionen o en el lenguaje que estén escritos. Internet (basado en un conjunto de protocolos estándar) se convertirá en un gran ambiente donde cada recurso se comparta y esté disponible para cualquiera. Compartir los servicios es ya posible pero su difusión aumentará cuando las aplicaciones de GRID computing estén ampliamente disponibles.

### **3.7. Ingeniería de software avanzada (desarrollo de herramientas y plataformas robustas)**

La industria del software siempre ha tenido la necesidad de desarrollar software de alta calidad. Durante los últimos años la investigación en software ha cambiado algo sus objetivos: fiabilidad y seguridad permanecen como claves pero el contexto en el que los sistemas de software se están desarrollando ha evolucionado hacia:

- es necesario el desarrollo de herramientas mejores y más rápidas
- el desarrollo de componentes distribuidos
- aplicaciones capaces de evolucionar, autoconfigurarse y modificarse ellas mismas mientras se ejecutan
- imposibilidad de planificar y controlar el desarrollo de procesos
- nuevas líneas de investigación
- procesos de desarrollo de software con altas prestaciones
- desarrollos de entornos flexibles y configurables que se pueden adaptar para ofrecer mejores herramientas disponibles para cualquier entorno de aplicación particular
- nuevos modelos para definir componentes para aplicaciones

Una técnica de ingeniería de software emergente es el desarrollo de modelos. En esta metodología, todas las partes y aspectos del sistema en construcción se describen mediante modelos formales. Se considera el sistema completo durante su diseño usando modelos formales como el los modelos de negocios. Se utilizan diferentes sistemas de abstracción, desde los modelos de negocios de alto nivel hasta los casos de uso detallados y los modelos de escenarios.

El desarrollo de procesos pasa de un modelo a otro: cada modelo es la mejora del anterior añadiendo más y más detalles a la especificación del sistema.

### 3.8. Software que se auto-organiza y auto-repara

El acceso a las redes se encuentra en todas partes accesible en canales diferentes y heterogéneos. Como consecuencia de la demanda creciente de servicios de red, la escala y la complejidad de los sistemas actualmente distribuidos también está creciendo. Además, los sistemas modernos muestran un dinamismo extremadamente alto, resultando una interacción extremadamente compleja e impredecible entre sus componentes distribuidos. Ejemplos se pueden encontrar en las redes peer-to-peer (P2P) y en las ad-hoc (a medida). Las redes dinámicas presentan:

- un gran número de usuarios y nodos que influyen en su comportamiento
- estructura y carga extremadamente variables
- extrema variabilidad de topologías (nodos que se integran, participan o abandonan la red)

Actualmente se presenta un nuevo paradigma capaz de comparar esta explosión de complejidad y facilitar la construcción de sistemas distribuidos robustos, escalables, que se auto-organizan y auto-reparan.

### 3.9. Personalización

Se trata de un medio de satisfacer las necesidades del usuario más eficientemente y efectivamente, consiguiendo la interacción más rápida y fácil y consecuentemente, incrementando la satisfacción del cliente y la probabilidad de que repita su acceso a esa WEB. Como la personalización depende de las preferencias y utiliza información personal del usuario, las consideraciones sobre la privacidad son la principal preocupación. Las máquinas configurables están compuestas generalmente de tres módulos:

- Perfiles de usuario: crea unos perfiles de usuario basados tanto en información explícita como implícita
- Evaluación del interés: los contenidos están ordenados en una lista. Cada documento tiene un valor asociado que representa el interés del usuario por ese contenido
- Presentación: los contenidos están organizados y luego se envían al usuario.

Las herramientas de personalización están actualmente disponibles en el mercado. Los usuarios tienen disponibles normalmente técnicas de personalización y a menudo aprecian y consideran útil tener Web sites que tengan los contenidos adaptados a la mejor manera de satisfacer sus preferencias.

Actualmente la tecnología no presenta limitaciones para el acceso inalámbrico a las tecnologías personalizadas. Los nuevos objetivos en el campo de la personalización están en el desarrollo de un sistema sensibles a las situaciones particulares que pueden presentarse al usuario.

## 4. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Se suele reconocer como la siguiente etapa o revolución en los negocios y en la información. Bajo este paraguas se pueden incluir usuarios de diferentes perfiles, con formación y experiencia muy diferentes. En el escenario de la Inteligencia Ambiental centrado en las aplicaciones y tecnologías, podemos considerar varios campos: Web

semántica, ontología, estándares, bases de datos avanzadas, extracción de conocimiento a partir de los datos, redes de conocimiento.

## 5. INTERFACES DE USUARIO

La investigación sobre interacción natural se centra en el estudio y desarrollo de sistemas y métodos que permitan a la gente interactuar con los ordenadores y las máquinas de forma sencilla, natural y satisfactoria. Relacionado con esto se encuentran los sistemas de visión, reconocimiento de voz, interfaces multimodales, inteligencia artificial, interacción hombre-máquina, cibernética, computación ubicua, computación penetrante (pervasive), entornos inteligentes, agentes de software, psicología cognitiva y computación sensible al contexto.

Multilingüe en este contexto se refiere a las técnicas que proporcionan contenido, una aplicación o en servicios en un lenguaje seleccionado por el usuario. Existen técnicas que facilitan la selección del lenguaje o la versión. Multisensorial se refiere a que múltiples sensores se pueden utilizar como entrada de un dispositivo electrónico. La información de los sensores se puede utilizar por el sistema para adaptar el usuario al entorno.

Las interfaces multimodales utilizan muchas modalidades (por ejemplo, comandos de voz y gestos) a la vez, beneficiándose de las habilidades humanas de percepción y de interacción. La interacción multimodal puede implicar modos de comunicación más naturales que los proporcionados por los sistemas tradicionales.

La realidad virtual se define como un entorno generado por medio del ordenador interactivo, tridimensional, en el que la persona está inmersa. Hay tres factores en esta definición. El primero, hace referencia al entorno virtual generado por el ordenador que es una escena en tres dimensiones que requiere altas prestaciones gráficas para proporcionar un nivel adecuado de realismo. El segundo hace referencia a que el mundo virtual es interactivo, el usuario requiere respuesta en tiempo real del sistema que sea capaz de interactuar de forma efectiva. El último factor hace referencia a la inmersión del usuario en el entorno virtual. Esta inmersión en la realidad virtual se alcanza tanto por medio de displays llevados por el usuario (HMD) como en el entorno de la habitación con las proyecciones en las paredes. El usuario se encuentra totalmente inmerso en un mundo artificial sensible a las acciones del usuario y reacciona en tiempo real.

La realidad aumentada (AR) es un entorno del mundo real que es mejorado con la información del ordenador o con el comportamiento. A esta información adicional se puede acceder no solo por medio de los displays HDM sino también por medio de una interface móvil o cualquiera disponible incluida la voz. A la parte aumentada se puede acceder por la posición del usuario, mirando al objeto, por gestos, por proximidad, tacto, voz, nombres hablados o selección explícita de un objeto de manera virtual. La AR es un campo creciente de la investigación sobre realidad virtual. El entorno que nos rodea proporciona una abundancia de información que es difícil de duplicar por medio de un ordenador, como se puede comprobar en los entornos virtuales. Un ejemplo lo tenemos en la simplicidad de los términos utilizados en los juegos y los que crean un entorno más realista como los simuladores de vuelo tienen precios elevados.

## 6. DISPLAYS

Los displays llevables, también llamados displays montados en la cabeza (HMD) se han usado en aplicaciones de realidad virtual y de realidad aumentada. Con el desarrollo de la microelectrónica y de la optoelectrónica, los dispositivos llevables se han hecho más pequeños y ligeros aumentando las posibilidades de dispositivos llevables y terminales como PDAs e incluso teléfonos móviles.

El concepto de display plegable se desarrolló para posibilitar la interacción con datos simples y complejos y realizar una variedad de tareas en el mismo ordenador portátil. Los microdisplays son displays tan pequeños que necesitan agrandar la óptica para usarlos. Se pueden usar en proyectores, HMD, visores y sistemas ópticos.

Hay dos áreas visibles donde el desarrollo de la tecnología de los displays se puede reconocer fácilmente: los monitores de los ordenadores y los terminales móviles (como teléfonos móviles y PDAs). Como los terminales móviles cada vez son capaces de procesar más información, los requerimientos de los displays también aumentan. El tamaño ha aumentado junto con las prestaciones de los displays en términos de resolución y número de colores. Estamos asistiendo al crecimiento de los displays de los ordenadores al avanzar los años.

## 7. CONFIANZA Y SEGURIDAD

### 7.1. Privacidad y protección del anonimato

El término privacidad puede tener varios significados. Se puede utilizar cuando nos referimos al deseo de mantener la comunicación sin ser vista por cualquiera que no sea el receptor deseado y también se puede usar con el significado de asegurar que los individuos mantienen el derecho a controlar la información que se recoge sobre ellos, cómo se usa, quién la usa, quién la mantiene y con qué propósito. Esto se relaciona con el concepto de criptografía, técnicas que transforman la información intercambiada para que el posible interceptor no pueda entenderla. El anonimato es un servicio particular para proteger la privacidad: asegura que el usuario no puede ser identificado mientras se lleva a cabo cualquier acción en un ambiente en red.

Privacidad y anonimato son conceptos pero no tecnologías. Esto quiere decir que se puede conseguir de distintas maneras dependiendo de la tecnología disponible. También implica que la privacidad y el anonimato se pueden alcanzar en distintos niveles, desde la capa de datos hasta la capa de aplicación. Ambos conceptos son tan amplios que no se puede generalizar.

### 7.2. Sistemas de gestión de identidad

La gestión de la identidad se refiere a las tecnologías que afrontan un problema específico: la información sobre la identidad de cada actor en un sistema distribuido se puede repartir entre muchos elementos y usada para muchas aplicaciones, por lo que necesita gestionarse adecuadamente. Muchos usuarios pueden interactuar en una infraestructura de Tecnologías de la Información y cada usuario puede pertenecer a diferentes grupos de personas con diferentes papeles y privilegios. El proceso de

gestión de accesos genera datos sobre la identidad, la autenticación del usuario, control de acceso sobre todas las fuentes y procesos.

### 7.3. Gestión de los derechos digitales

Los medios digitales como el audio MP3 o el video, se han vuelto muy populares y una parte importante del comercio móvil. El mayor obstáculo de la distribución digital es la posibilidad de hacer múltiples copias del mismo contenido sin pérdida de la calidad. La gestión de los derechos digitales (DRM) está diseñados para proteger el material de ser copiado o ser accedido sin permiso. Los sistemas DRM incluyen encriptación, control de acceso, gestión de claves, mecanismos de control de copias y sistemas de facturación.

### 7.4. Transacciones seguras y pagos

- *Criptografía*, o el arte de escribir en secreto. Es la base tecnológica de casi todos los sistemas para proteger la información. Un algoritmo criptográfico es una función mediante la que un mensaje se puede transformar de forma que otros que intenten recibirlo no puedan entenderlo. Los algoritmos criptográficos son normalmente públicos, pero los procesos de encriptación y descryptación incluyen un valor secreto que es la clave. Esta clave puede ser la misma para la encriptación y la descryptación, en cuyo caso se dice que es simétrica o pueden ser diferentes, siendo en ese caso asimétricas.
- *Biometría* se define como métodos automáticos de identificar o autenticar la identidad de un ser vivo por medio de una característica fisiológica o de comportamiento. Se entiende por características fisiológicas una característica física estable, mientras que una característica de conducta puede ser la firma. Dentro de estos parámetros pueden encontrarse:
  - Huellas digitales
  - Iris
  - Líneas de las manos
  - Rasgos faciales
  - Firma
  - Verificación por voz

## 8. APLICACIONES INTELIGENTES PARA LA SALUD

Las aplicaciones en la salud son las más prometedoras dentro de las aplicaciones de tecnologías de inteligencia ambiental. La monitorización es la base de la mayoría de las aplicaciones en salud. Esta monitorización depende fundamentalmente de la disponibilidad de sensores para el cuerpo que permitan el registro de funciones vitales y tecnologías de red, principalmente Redes de Área Personal para transmisión a corta distancia y redes celulares para la transmisión de los datos para el procesamiento y/o el almacenamiento. Las aplicaciones de Inteligencia Ambiental para predicción, diagnóstico y tratamiento de enfermedades necesitan la monitorización de datos.

Los sistemas de diagnóstico basados en los Ambientes Inteligentes se desarrollan paso a paso desde una aplicación sencilla de soporte hasta sistemas automáticos basados en el conocimiento. La predicción se desarrollará desde un simple sistema que da una alerta cuando un evento predefinido ocurre (por ejemplo, nivel de glucosa

en sangre, ritmo cardíaco irregular, etc.) hasta sistemas avanzados capaces de inferir un diagnóstico a partir de unos datos. Estos desarrollos dependen de la innovación en sistemas automáticos de diagnóstico. El tratamiento y la cirugía no sólo dependen de la monitorización de parámetros, sino también de la disponibilidad de datos de diagnóstico que pueden procesar los equipos.

Hay otras muchas funciones que no dependen de datos procedentes de la monitorización de funciones vitales. La consulta es una actividad preventiva existente desde hace bastante tiempo, por ejemplo en barcos, que está incorporando poco a poco tecnologías inteligentes según están disponibles. Como su aplicación depende fuertemente de la comunicación visual entre médico y paciente, las aplicaciones basadas en transmisión en banda ancha permitirán mejor acceso a imágenes.

Los sistemas de información y educación en salud basados en comunicaciones móviles permiten unir la información con el conocimiento sobre las condiciones físicas del usuario. Los sistemas de alarma y alerta y la robótica están aumentando su difusión al aumentar la disponibilidad de sensores.

Las tecnologías de Inteligencia Ambiental también proporcionan soporte a las funciones de administración y gestión. La identificación y autenticación del personal médico y los pacientes suponen una mejora considerable.

## **9. FACTORES QUE FACILITAN Y LIMITAN**

La Inteligencia Ambiental responde más a una visión amplia de la sociedad de la información del futuro que a una previsión y dependerá de factores que pueden ser técnicos o humanos (económicos, políticos, ambientales, sociales, culturales o demográficos).

### **9.1. Factores técnicos**

La confianza y la seguridad, el respeto a la privacidad y al anonimato son considerados frecuentemente factores técnicos, pero también factores sociales, culturales y demográficos. Esto es especialmente importante porque en nuestra vidas, hogares, coches, vecindario, ciudades y otros entornos están cada vez más digitalizados y conectados, con más y más información personal distribuida, almacenada y probablemente dada a conocer a otros servicios, instituciones y/o personas. Esto incluye no sólo identificación personal básica o datos como la edad, el sexo o la localización sino también información y contenidos como información sobre eventos personales (del pasado, presente o futuro), documentos de trabajo, álbumes familiares (imágenes, vídeos, chat) y otros datos como médicos o financieros.

La mayoría de aplicaciones de Inteligencia ambiental en la vida diaria se pueden ver como “nodos” de una sociedad en red. Esto incrementa el número de aspectos legales y sociales relacionados con la identidad, privacidad y seguridad. Estos sistemas necesitan conocer un gran número de información personal para activar de forma personalizada, intuitiva y atractiva. Son conscientes de la identidad y de la localización de los usuarios y comunica esa información a otras personas, agentes virtuales, servicios, dispositivos y objetos. La gente necesita poder controlar de alguna forma la naturaleza y cantidad de información personal que es revelada y necesitan poder diferenciarla según la situación y los actores y/o sistemas con los que se comunica.

Las redes domésticas son vulnerables de diferente forma. Desde el punto de vista legal, los problemas de las redes privadas entran en el paraguas de lo que se nomina espacios privados. Esto está claro con la localización geográfica de la casa, pero se puede extender a un aspecto más amplio. También se puede tener acceso a aplicaciones web, servicios web y recursos de computación compartidos y distribuidos proporcionando servicios del hogar con otros recursos. Esto implica la dificultad de distinguir claramente entre redes domésticas y redes públicas.

La fiabilidad y la seguridad de las redes domésticas son un factor clave por la integración y la gestión de prestaciones cada vez más sensibles. El concepto de atención sanitaria en casa supone el acceso al estado de salud del usuario por medio de los sistemas de la casa inteligente.

## 9.2. Accesible al usuario

Es uno de los factores que pueden ser tanto factores técnicos como factores sociales y culturales, aunque se consideran más como factor técnico. Esto incluye:

- confianza, fiabilidad y predecible
- Usabilidad de dispositivos técnicos por personas “no técnicas”
- Configuración, personalización y control por el usuario
- Interface de la máquina amigable
- Escalable, actualizable y a medida
- Protocolos de comunicación muy simples en el hogar

Si la tecnología no proporciona lo que promete, si no reacciona de la forma esperada y no funciona cuando se necesita, será difícil que sea aceptado por el público. Sin embargo es más importante alcanzar un alto grado de robustez y tolerancia al fallo que un incremento de los dispositivos en la red o aplicaciones.

La visión del Ambiente inteligente asume que la interacción física entre humanos y el mundo virtual se asemejará a la forma en que se produce la interacción en el mundo real. Los hombres hablan, gesticulan, tocan, sienten y escriben con otros humanos en el mundo físico.

## 9.3. Otros factores importantes

La necesidad de interoperabilidad junto con la necesidad de definición de normas globales se destaca como el factor más importante para la realización de estos entornos inteligentes. Las posibilidades de las tecnologías de comunicación y de las infraestructuras para responder a las necesidades y resolver la congestión se ve como uno de los principales factores de AmI.

Algunos de los factores relacionados con el desarrollo de software son:

- Arquitectura de sistemas distribuidos
- Sistemas embebidos en red autoconfigurables
- Desarrollo más eficiente de software

## 9.4. Factores medioambientales

Las nuevas regulaciones sobre un mejor control del impacto y el reciclado de los sistemas ambientales pueden impactar en la industria de las TIC. Por otra parte, los productos basados en Tecnologías AmI tienen un alto potencial para contribuir a la

monitorización del ambiente y su protección. El ambiente también se puede entender como lo que rodea a las personas, el hogar en la vida diaria. Hay varios productos, servicios AmI que serán:

- sanos
- sin stress
- consumo de potencia mínimo
- sistemas embebidos en el ambiente
- estética
- en armonía / en contacto con el medioambiente

### **9.5. Factores sociales, culturales y demográficos**

Los factores sociales y culturales y las tendencias que moldean la vida de las personas son fundamentales para los ambientes inteligentes ya que son la última razón para aceptar o rechazar las tecnologías nuevas.

Factores relacionados con la problemática del acceso universal, la brecha digital y la inclusión tecnológica frente a la exclusión tecnológica también suponen:

- limitaciones de acceso para discapacitados como mayores, niños, impedidos, bajo nivel educativo y con bajos recursos
- necesidades y capacidades diferentes para jóvenes y mayores
- primer mundo frente a países en desarrollo
- necesidades diferentes en Europa central y en oriental

El mosaico social o la sociedad mixta creciente incluye la vida laboral, individualismo, diversidad, movilidad, estilos de vida personales. También crece en importancia la dimensión local (local, regional, ...). Los estudios sobre el tema indican que la brecha digital no está sólo causada por el acceso a telecomunicaciones y servicios, sino también por las diferentes habilidades, competencias, contenidos adecuados, acceso a recursos necesarios (tiempo o dinero) y diferentes forma de uso de las TICs.

Es importante destacar la oscilación entre el consumo y la alta demanda de bienes y servicios basados en TICs y por otra parte los hábitos y valores tradicionales junto con la vuelta a lo natural. Hay cierta incertidumbre sobre cual de los dos aspectos primará.

### **9.6. Inclusión**

A corto plazo el primer aspecto es promover la participación efectiva en la vida comunitaria, incluso en distintas localizaciones geográficas. A largo plazo se centra en nuevas formas de participación. La participación tradicional en política, asociaciones, religión, se puede enriquecer con nuevas formas de participación electrónica. La vida comunitaria local (deportes, cultura, educación, eventos, etc.) también puede beneficiarse de las tecnologías ambientales.

El incremento de la autonomía de los discapacitados y los mayores tendrá un papel importante en la sociedad. Las oportunidades abarcan desde el contexto de la población envejecida, los déficits de los servicios sociales y la escasez de trabajo. Un coste menor para el usuario supone un factor de éxito clave. Las instrucciones y las



funciones deben estar basadas en las necesidades reales y los requerimientos en términos de usabilidad son fundamentales.

Otro aspecto a destacar es el bienestar social en poblaciones como los inmigrantes, las minorías, pobres, sin techo, adictos a drogas,... Es fundamental el incremento de la accesibilidad de la información importante y de los servicios. Las oportunidades son enormes considerando que:

- En ciertos casos, no ha habido ningún contacto previo con los ordenadores o las TIC y en otros casos la relación con las tecnologías es radicalmente diferente (caso de inmigrantes que hacen un uso intensivo de la telefonía sobre IP y de la TV por satélite)
- No se puede asumir que la población angustiada tenga ninguna iniciativa por participar en cualquier proceso o actividad basada en TICs
- Lo que esta población necesita es contacto humano y estos entornos inteligentes no lo sustituye

## 9.7. Socialización

En el mundo físico, el domicilio y la residencia son conceptos ampliamente desarrollados. No es el mismo caso que en la residencia virtual. Actualmente, la población se está volviendo más nómada, viajando, cambiando de domicilio y/o trabajos, etc. Cada vez más información personal se distribuye en un mundo virtual sin control de los ciudadanos sobre lo que es accesible y a quién y sobre lo que puede desaparecer. El reto es llegar a un equilibrio entre la estabilidad del pasado y la discontinuidad del presente.

En la residencia virtual, todas las personas tienen acceso en cualquier momento y en cualquier lugar a ficheros o documentos digitales, fotos o videos. Es como una vida virtual. Los requerimientos tecnológicos serían:

- Acceso personalizado eficiente a los repositorios de información, selección y filtrado de gran cantidad de información
- Gran cantidad de material multimedia accesible en cualquier lugar y en cualquier momento a través de cualquier clase de búsqueda
- La confidencialidad de las tecnologías es de suma importancia

Un aspecto importante es mejorar la comunicación y el entendimiento entre personas con información compartida y transmisión de conocimiento. La comunicación entre personas está basada en dos sistemas de intercambio exitoso pero algo ineficiente e incompleto: del conocimiento no verbal al conocimiento formal y al no verbal de nuevo.

La inteligencia ambiental puede facilitar nuevos modos de intercambio de información, conocimiento, ideas, conceptos, sensaciones, sentimientos y experiencia por medio de nuevas herramientas de comunicaciones. Las novedades pueden aparecer por medio de nuevas interfaces (multisensoriales, multimodales, multilingüísticas, realidad virtual y aumentada, telepresencia, dispositivos de entrada/salida entre cerebro-máquina-interface) y nuevos dispositivos de presentación.

También se presentan nuevas formas de socialización ya que la población se mueve más y las estructuras familiares son menos rígidas. También el número de personas que viven solas y el número de familias monoparentales está aumentando considerablemente. El objetivo es enriquecer la comunicación y la vida en común por

medio de tecnologías humanizadas, entornos interactivos en los cuales la gente y los sistemas autónomos estén en contacto, establezcan una relación y cooperen en tiempo real.

La visión es que las tecnologías ambientales pueden cambiar el modelo de socialización aproximando a las personas de forma no invasiva compartiendo intereses. Las redes dinámicas hacen posible el establecimiento de alianzas temporales entre grupos de interés.

También se presenta una oportunidad para las familias que viven en diferentes países o incluso continentes. Cada vez es más frecuente por razones de trabajo. Un aspecto a añadir es el incremento de los requerimientos de seguridad, precauciones sobre lugares inseguros y llamadas de emergencia, casos de agresiones, accidentes, problemas de salud, etc.

### 3. SOLUCIONES DE ALIMENTACIÓN PARA EQUIPAMIENTO AUTÓNOMO EN AAL

**Palabras clave:** Alimentación de energía, Pila, Baterías, Supercondensadores, Batteries Directive, Impacto ambiental, Ciclos de carga, Vida útil, Voltaje operativo, Autodescarga, Encapsulado, Densidad de potencia, Pilas de combustible, Metanol, Power harvesting, Thin-Film Batteries, Transductores, Células fotovoltaicas, Termo-generadores

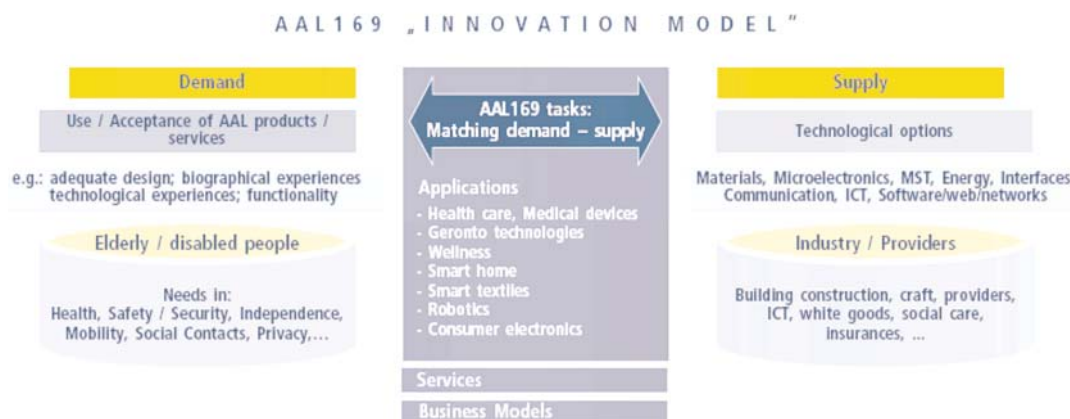
#### 1. INTRODUCCIÓN

Quizá inicialmente pueda parecer la alimentación de dispositivos un tema secundario o excesivamente técnico, pero si nos paramos a pensar, es uno de los grandes retos que todavía hoy está lejos de ser resuelto.

En este capítulo se tratará sobre la alimentación de energía eléctrica de dispositivos que trabajan de forma autónoma, es decir, sin conexión a la red de distribución.

Como se puede observar en la **figura 1**, en el contexto de AAL podemos imaginar infinidad de dispositivos autónomos y llevables, ya sea ubicados en hogares particulares, en entornos asistidos o portados por el propio usuario.

Figura 1: Esquema de relación entre tecnologías, agentes, servicios y necesidades involucradas en AAL-169.



(Fuente: <http://www.aal169.org>)

Este capítulo pretende afrontar el tema de la alimentación desde dos vertientes:

- En primer lugar haciendo un pequeño repaso de las formas tradicionales de energía de los dispositivos llevables, principalmente pilas desechables y baterías recargables, estableciendo los usos más extendidos en cada uno de los tipos, así como estableciendo una comparativa atendiendo a sus características más reseñables relación carga peso, durabilidad, capacidad de alimentar picos de corriente, descarga en y fuera de uso. Pasando por los sistemas de alimentación más novedosos y emergentes, Hardvesting de energía, pilas de combustible, supercondensadores teniendo en cuenta las diferentes fases de madurez de estas tecnologías.

- Por otro lado, se hará un breve resumen de lo que podemos considerar como elementos transversales en la alimentación de dispositivos, temas como los anteriormente mencionados como el impacto ecológico, la usabilidad, o las estrategias para el diseño y la puesta en práctica o el soporte a los dispositivos son elementos de suficiente peso para tenerlos en cuenta en este capítulo.

## 2. TRES GRANDES PROBLEMAS PARA DISPOSITIVOS CADA VEZ MÁS PEQUEÑOS

### 2.1. Coste

En muchos casos un alto coste limita el alcance de las soluciones restringiendo la viabilidad de las mismas para aplicaciones muy específicas. Por el contrario costes más bajos pueden representar entornos de aplicación más extensos. Se estima que el coste de las pilas o las baterías puede representar de un 5% a un 80% del coste del dispositivo durante toda su vida útil, todo ello sin tener en cuenta el coste adicional que pueden acarrear conceptos como la gestión de las recargas, sustitución o comprobación de las baterías, considerando a su vez que muchos dispositivos pueden estar ubicados en lugares remotos o poco accesibles para los proveedores del servicio.

### 2.2. Usabilidad

Del mismo modo que en el punto anterior el coste de las baterías podía suponer en algunos casos más de la mitad del coste del dispositivo, el peso y el volumen de las baterías condicionan en gran manera la forma, tamaño y peso del mismo pudiendo llegar a ser más de un 60% del total y cerca de un 50% del volumen, lo que en la práctica resulta un elemento decisivo para el uso y aceptación de dispositivos llevables, siendo también un factor esencial en la percepción del usuario de elementos ubicados en su entorno que pretenden ser transparentes a él. Tampoco resulta difícil imaginar la relación de las baterías con el concepto de dispositivos vestibles o integrados en elementos cotidianos y el condicionamiento en concepto de usabilidad que esto conlleva.

### 2.3. Impacto ambiental

Sin duda el impacto ecológico en la fabricación, el uso o el reciclado de los equipos cuando estos llegan al fin de su vida útil es un tema que en los últimos años preocupa a instituciones gubernamentales, ciudadanos y fabricantes. No cabe duda que esto supone un coste extra y es sin duda otro factor a tener muy en cuenta a la hora de la elección, diseño o utilización de las diferentes tecnologías disponibles a nuestro alcance. A este respecto diferentes organizaciones han fomentado normativas para el tratamiento de pilas y baterías usadas, han prohibido la fabricación de determinados tipos de pilas y han recomendado determinados protocolos de uso (1) y buenas prácticas, a la par empresas y gobiernos están apostando por el uso de

---

(1) En el ámbito de la Unión Europea (UE) se han promovido varias iniciativas como la directiva (91/157/CEE) "Batteries Directive" de marzo de 1991 en la que presentan restricciones en el uso de mercurio en la mayoría de las pilas y se pretendía fomentar la recogida y el reciclado de las mismas. O la reciente nueva directiva sobre baterías (2006/66/CE) que entró en vigor en septiembre de 2008, con la que se pretende mejorar las formulas para la recogida y el reciclado de baterías en los diferentes estados miembros, así como la limitación del uso del cadmio y del mercurio y la obligación de etiquetar la presencia de sustancias contaminantes en su composición como el Plomo o los mencionados mercurio y cadmio, también se hace referencia a la obligación de diseñar los dispositivos de forma que se facilite la extracción de los baterías al final de su vida útil.

tecnologías más limpias y duraderas, muchas de ellas se encuentran de manera incipiente pero sin duda el día de mañana serán una alternativa real.

### 3. ALIMENTACIÓN A BATERÍAS

Figura 2: Pila Volta año 1800.



(Fuente: National High Magnetic Field Laboratory)

Hace ya más de dos siglos desde que el italiano Alessandro Volta (1745-1827) diseñó la primera pila. Su configuración en forma de discos apilados de zinc y cobre dio lugar al término pila que, en castellano (2) hoy en día sigue siendo utilizado para denominar al dispositivo que convierte energía química en eléctrica. Esta capacidad se produce de manera transitoria, degradándose tras la utilización de la energía. De este modo se consideran las pilas como generadores primarios, diferenciándose de las baterías o acumuladores considerados como generadores secundarios ya que estos necesitan ser cargados previamente de energía eléctrica para su puesta en uso. Las baterías también basan su funcionamiento en procesos electroquímicos para el almacenamiento de energía, y son capaces de repetir el ciclo de carga y descarga un número finito de veces. Del mismo modo que la pila, el término batería se remonta a la disposición lateral de los elementos constitutivos de las primeras baterías (como se puede apreciar en la [figura 1](#)).

#### 3.1. Características Principales

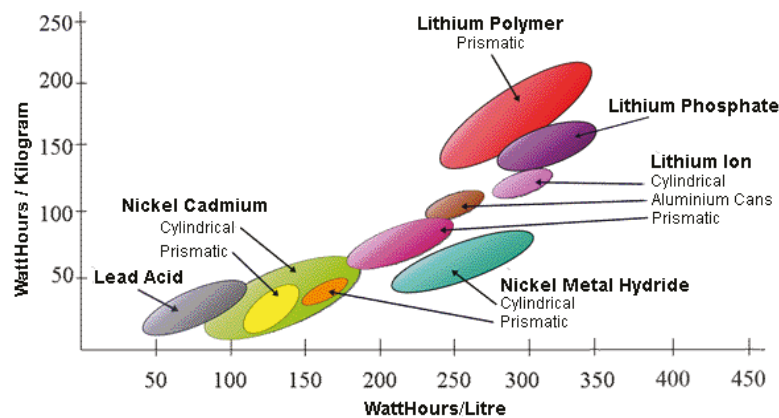
A continuación trataremos las características de los diferentes tipos de pilas y baterías más utilizadas en la actualidad, haciendo especial énfasis en los principales conceptos a tener en cuenta en el ámbito de AAL:

- *Densidad de energía* en relación con el peso y densidad de energía en relación al volumen. Dichos datos son fundamentales en los que el peso y el volumen del dispositivo son un factor crítico, (lo suele ser una característica habitual en los dispositivos llevables).

---

(2) En inglés se utilizan indistintamente los términos *Battery* y *Cell*, aunque originariamente se reservaba el término *battery* para referirse a una agrupación de elementos simples, para establecer la distinción entre generadores primarios y secundarios se utilizan los términos *Rechargeable* (or "Secondary") *Battery*.

Figura 3: Relación entre peso/carga, volumen /carga de las diferentes tecnologías mostradas.



(Fuente: Woodbank Communications Ltd)

En esta gráfica podemos apreciar la relación volumen/carga (eje x) y peso/carga (eje y). Observando la esquina superior derecha podemos apreciar las tecnologías que combinan ambos criterios de forma más favorable y por el contrario en la esquina inferior izquierda se encuentran las de peor relación. Sin duda en este particular las más ventajosas son las Polímeros de Litio (LiPo), seguidas del resto de baterías y pilas de diferentes composiciones de litio. Por el contrario entre las más pesadas y voluminosas se encuentran las baterías de Plomo y las de Níquel Cadmio (NiCd) situándose en una zona intermedia las de Níquel Metal Hidruro (NiMH).

Figura 4: Cuadro comparativo entre tecnologías.

Chemistry	Energy Density Weight (Wh/Kg)	Energy Density Volume (Wh/L)	Operating Voltage (V)	Open Circuit Voltage (V)	End Voltage (V)	Charge Voltage (V)
Alkaline	145	400	1.2	1.6	0.9	NA
SLA	30-40	50-80	2.0	2.25	1.75	2.8
NiCd	40-80	100-150	1.2	1.3	0.9	1.6
NiMH	60-100	160-230	1.2	1.3	0.9	1.5
Li-Ion	110-130	210-320	3.6	4.2	2.8	4.2

Chemistry	Self-Discharge per Month (%)	Internal Resistance (mΩ)	Charge/Discharge Cycles	Discharge Rate (mA-hr.)	Operating Temperature (°C)	Initial Cost
Alkaline	0.3	100-300	1	0.25C	-20-+55	Very Low
SLA	2-8	2.5-25	50-500	<15C	-20-+50	Low
NiCd	15-20	3.5-300	1500	<10C	-20-+60	Low
NiMH	20-25	10-400	800	<3C	0-+60	Med
Li-Ion	6-10	50-500	1000	<2C	-20-+60	High

(Fuente: Microchip DS0188A)

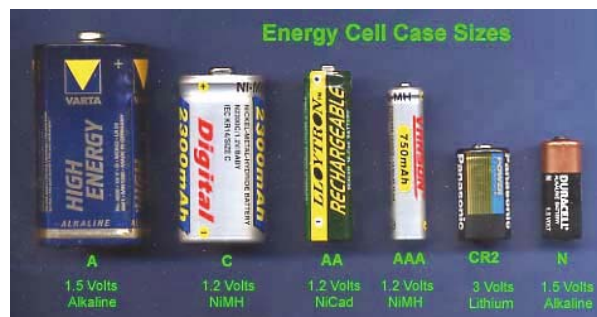
- *Nº de Ciclos de carga/descarga* estimados durante su vida útil.
- *Voltaje operativo por cada elemento.*
- *Voltaje necesario para la recarga*, este dato puede ser clave para las baterías que sirvan de apoyo en dispositivos alimentados utilizando técnicas de recolección de energía.
- *% de auto-descarga*, Dicho valor pone de manifiesto el tiempo que conserva su carga útil sin ser consumida. Una batería con altos niveles de auto descarga hacen que no sean válidas para aplicaciones de necesitan autonomías de varios meses, ya que aunque los consumos de los circuitos sean muy pequeños, las baterías dejaran de ser operativas en poco tiempo.
- *Coste por unidad de carga* capaz de suministrar durante su vida útil.

- *Rango de Temperaturas de operación.*
- *Encapsulado:* Otro factor a tener en cuenta es el tipo de encapsulado en el que se pueden encontrar en el mercado los diferentes tipos de las pilas o baterías. Dependiendo de éste podemos obtener: una mejor distribución del espacio de los dispositivos, mayor facilidad para la adquisición de recambios utilizando formatos de encapsulado estándar, seguridad en el conexionado o mejor estabilidad y rigidez mecánica.

Atendiendo a los formatos más utilizados se pueden distinguir:

- *Baterías cilíndricas:* es el formato más extendido en los dispositivos electrónicos portátiles de consumo, por lo tanto se producen a gran escala lo que hace que se pueda disponer fácilmente de elementos de recambio a precios muy económicos. En la figura se pueden apreciar los formatos más extendidos. Las pilas cilíndricas proporcionan una buena estabilidad mecánica, junto con una buena densidad de energía a bajo costo, en dicho formato podemos encontrar pilas salinas, alcalinas o de litio así como baterías de NiCad o NiMH.

Figura 5: Encapsulado cilíndricos más comunes.



(Fuente: Woodbank Communications Ltd)

- *Pilas tipo Botón y tipo moneda.* En castellano se suele utilizar el primer término para denominar a ambas. Se caracterizan por su pequeño tamaño y alta densidad de carga, utilizadas en dispositivos llevables de pequeño tamaño y reducido consumo, su relación precio/carga es muy elevado y son altamente contaminantes, dado que muchas de ellas tienen en mayor o menor medida mercurio en su composición.

Figura 6: Diferentes tipos de pilas botón.



(Fuente: Woodbank Communications Ltd)

- *Pouch Cells:* en castellano podrían traducirse como baterías en bolsa, se caracterizan por su capacidad para fabricarse en la forma y tamaño deseados. Aparecieron con las primeras pilas de Polímeros de Litio, son muy ligeras y proporcionan una alta densidad de carga, tienen una baja resistencia mecánica y pueden hincharse a temperaturas elevadas.

Figura 7: Pouch Cells.



(Fuente: Woodbank Communications Ltd)

- Baterías con forma de *prisma rectangular*: muy usadas en pequeños dispositivos electrónicos, como teléfonos móviles ya que proporcionan una mejor utilización de espacio a costa de mayores costes de producción y menor densidad de energía así como menor resistencia mecánica que las cilíndricas. En este formato podemos encontrar baterías de tipo IonLi, LiPo y en menor medida pilas salinas o alcalinas.
- *Agrupaciones pilas o baterías*: este tipo de pilas se forman por la agrupación en un mismo paquete de varias pilas o baterías. Atendiendo a las primeras, podemos observar las presentadas en la figura, como la 23-A que proporciona 12v agrupando 8 pilas botón de 1,5v, o la PP3 proporciona 9v a partir de 6 pilas de 1,5v, ambas muy utilizadas en productos de consumo. En el apartado de baterías es muy común encontrar paquetes de baterías de NiCd o de NiMh que proporcionen tensión suficiente para alimentar dispositivos, estas agrupaciones tienen el inconveniente de depender del comportamiento unitario de cada celda para establecer el equilibrio del conjunto.

Figura 8: Agrupaciones de baterías.



(Fuente: Woodbank Communications Ltd)

- *Baterías de película delgada* o imprimibles: dichas baterías proporcionan pequeñas cantidades de energía mediante la aplicación de películas de Polímeros de litio y de otros componentes como los nanotubos o las baterías de estado sólido, sobre soportes plásticos o incluso directamente sobre circuitos integrados.

En la actualidad ya se pueden obtener baterías de 2,5 mAh en una superficie de 25,4\*50,8 con un espesor de 0,17 milímetros proporcionando una tensión nominal de 4,1V con un tiempo de vida cercano a las 10.000 recargas. Esto hace posible la alimentación de dispositivos de muy pequeño tamaño como nodos de redes de



sensores, tags de RFID activos, así como su uso como elemento de almacenamiento en dispositivos que utilicen técnicas de recolección de energía.

Figura 9: Baterías de película delgada.



(Fuente: Infinite Power Solutions INC)

#### 4. ¿QUÉ BATERÍA ELEGIR?

Por regla general, se recomienda la utilización de dispositivos conectados a la red eléctrica, lo que como es fácilmente imaginable no siempre es posible. En su defecto se recomienda la utilización de baterías ya que generan menos residuos y resultan más económicas en términos de unidad de carga suministrada durante el total de su vida útil, teniendo en cuenta todo ello en algunas ocasiones es adecuado decantarse por la utilización de pilas en lugar de baterías. Como principal ventaja se observa la gran capacidad de carga de las pilas alcalinas y en particular las de Litio y alcalinas, junto con una muy escasa auto descarga. En contra tenemos un alto coste en relación con la carga suministrada, alto coste ecológico en la fabricación y desechado de las mismas. Solo recomendaremos este tipo de elementos en los casos que se necesite una autonomía alta para dispositivos con pequeño consumo, ya que en este caso pueden permanecer varios meses o incluso años sin necesidad de cambio de baterías todo ello unido a que muchos dispositivos comerciales no permiten el uso de baterías recargables ya sea por su formato (AA, AAA, pilas botón) y por sus requerimientos de tensión mínima de funcionamiento dado que actualmente las baterías de tienen como tensiones típicas por celda de 1,2 o 3,6 para las NiMh y LiIon respectivamente. A la hora de decantarnos entre pilas Alcalinas o salinas existen algunos estudios que indican que las pilas salinas pueden ser más rentables que las alcalinas en los casos de dispositivos que consumen poca corriente durante cortos periodos de tiempo, siendo las salinas aún hoy muy utilizadas en dispositivos de uso doméstico. Pero atendiendo al ámbito de aplicación tratado en este capítulo y la diferencia entre la autonomía de las alcalinas y salinas se desaconseja estas últimas ya que aunque en algunos casos se reduciría algo el coste de las mismas, se aumentaría de forma exponencial el coste de mantenimiento (incluyendo en este, los coste añadidos derivados de manipulación de los dispositivos por personal cualificado etc...)

En la actualidad las baterías más utilizadas en este campo son las de litio ya sean LiPo o LiIon, no presentando efecto memoria y con muy buenas características de densidad de carga, siendo en particular especialmente buenas en las LiPo, pero quedando estas algo menos favorecidas en cuanto al tiempo de vida, siendo inferior el número de recargas estimadas durante su vida útil. En cuanto a los elementos en contra se debe tener en cuenta la necesidad de circuitería adicional para optimizar el rendimiento en la utilización y las recargas. Otro elemento a tener en cuenta es el envejecimiento de las mismas incluso sin estar en uso.

## 5. NUEVOS TIPOS DE BATERÍAS

Actualmente la investigación sobre nuevos tipos de fuentes de energía orientada a dispositivos portátiles es uno de los ámbitos, en los que se está poniendo mayor esfuerzo desde las administraciones y las empresas, que ven en este campo un factor clave para establecer una ventaja competitiva a medio y largo plazo. La miniaturización de la electrónica junto con la evolución de las tecnologías móviles, así como los problemas medioambientales y la escasez de determinados recursos naturales, hacen de la exploración de nuevas vías una alternativa obligada para el sector. No obstante el ciclo de madurez de una nueva tecnología de baterías, se estima en aproximadamente diez años, desde el desarrollo de los primeros prototipos hasta su paso a la producción en línea a gran escala. Todo este proceso se estima en un gasto de entre 80 y 240 millones de euros, por lo que podemos hacernos una idea del número de unidades que se deben comercializar para llegar a hacer rentable tal inversión. Todo ello hace que muchos proyectos no pasen a desarrollarse comercialmente si el segmento de utilización se reduce a aplicaciones muy concretas.

### 5.1. Supercondensadores como alternativa a las baterías

Un condensador es un componente electrónico capaz de almacenar energía electrostática. A diferencia de las baterías en un condensador no se produce, un proceso electroquímico, por lo que presenta un tiempo de vida muy superior a estas y se estima que pueden llegar a soportar cientos de miles de recargas, pudiéndose almacenar en un solo supercondensador varios faradios, proporcionando tensiones de 5,5 a 6,3 voltios. Además, se pueden agrupar formando bancos de condensadores de cientos de faradios y cientos de voltios, su densidad de carga es relativamente pequeña (alrededor de 15 Wh/Kg), siendo sin embargo muy alta su densidad de potencia, del orden de 400W/Kg. Como inconvenientes presentan una alta autodescarga por lo que solo se dispone de la energía durante un corto espacio de tiempo. Todo ello hace de los Supercondensadores una alternativa viable como soporte para algunos sistemas de recolección de energía.

### 5.2. Pilas de combustible

La tecnología de las pilas de combustible lleva utilizándose para aplicaciones específicas desde hace muchos años, pero el principal problema para su uso extendido era desarrollar pilas de combustible ligeras y con unos costes asumibles. Actualmente varias empresas han desarrollado prototipos de pilas de combustible con el objeto de competir con las actuales baterías utilizadas en los equipos portátiles de consumo, dichas pilas utilizarían como combustible el metanol, el cual serviría para realizar recargas pudiendo volver a dejar operativas las celdas en los pocos segundos que se realiza la recarga de combustible.

**Figura 10: Pilas de combustible portátiles.**



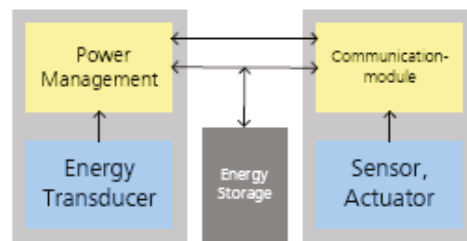
(Fuente: Toshiba Corporation)

## 6. HARVESTING O RECOLECCIÓN DE ENERGÍA

Los términos (Power harvesting, energy harvesting, power scavenging y energy scavenging) son ampliamente utilizados para referirse al proceso de extracción de energía eléctrica a partir de otras fuentes de energía que se encuentran en el ambiente, como pueden ser el calor, la luz o el movimiento, utilizando para ello materiales denominados transductores. Dichos materiales poseen la cualidad de transformar una fuente de energía en otra. Estas técnicas son de especial interés en el ámbito de AAL así como en sistemas de monitorización con bajo consumo, en actuadores, microcontroladores y transceptores inalámbricos y en campos de aplicación como la medicina, la automoción, logística o domótica. Como ya se trató anteriormente la alimentación de dispositivos es un problema solo parcialmente resuelto en la actualidad, que acarrea problemas añadidos de tipo medioambiental, así como limitaciones en autonomía de los dispositivos.

La recolección de energía del ambiente parece abrir una vía de solución a muchos de estos problemas. Aunque la mayoría de las técnicas para la recolección de energía han existido desde hace décadas, su utilización para la alimentación de dispositivos portátiles no ha sido viable hasta hace muy poco. Esto es debido a que hasta ahora el consumo de los dispositivos era demasiado elevado, así que con el perfeccionamiento de los sistemas de bajo consumo. La aparición de nuevos dispositivos de almacenamiento y la mejora de los elementos de transducción hacen que la recolección de energía pueda ser una realidad para algunas aplicaciones concretas. No obstante la capacidad de obtener energía del ambiente sigue siendo relativamente pequeña (del orden de cientos de micro-vatios por centímetro cúbico de tamaño) y en muchos casos muy puntual, lo que hace que sea necesario disponer de elementos capaces de almacenarla de forma adecuada, (en la [figura 11](#) se puede observar un diagrama de bloques de un sistema inalámbrico de monitorización ambiental con alimentación mediante recolección de energía). Como elementos de almacenamiento se utilizan típicamente baterías recargables y Súper condensadores.

Figura 11: Diagrama de bloque de un sistema de recolección de energía.



(Fuente: Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS)

Entre las técnicas más utilizadas para la recolección de energía podemos encontrar:

- *Células fotovoltaicas* para el aprovechamiento de la energía solar, pudiéndose encontrar células con buenos niveles de eficiencia a precios muy económicos. Sus principales inconvenientes son: su limitación para el uso en espacios sin luz solar directa y en periodos de baja luminosidad, así como la necesidad de disponer de un área de varios centímetros cuadrados para su disposición, no obstante ya existen celdas solares sobre soportes plásticos que permiten reducir el peso y la grosor de estas.
- *Termo-generadores* utilizan gradientes térmicos para la producción de energía basándose para ello el efecto Seebeck pudiendo proporcionar una corriente constante con niveles de tensión pequeños. Esta tecnología solo es viable en entornos donde se disponga de una diferencia de temperatura considerable, siendo en muchos casos necesario la utilización de disipadores que incrementan considerablemente el volumen del dispositivo (véase la [figura 12](#)).

Figura 12: Termo-generadores.



(Fuente: Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS)

- *Utilización de energía cinética y las vibraciones*: partiendo de este tipo de energía es posible obtener buenos rendimientos, pero se ven limitados a sistemas en movimiento o con una fuente de vibración cercana. Para ello se utilizan los principios fundamentales de la electro-dinámica, la electro-estática y de la piezoelectricidad, pudiéndose de este modo obtener corrientes pulsantes de alta frecuencia y voltaje elevado.

En muchos casos puede resultar una alternativa viable la utilización de una combinación de varias de técnicas para recolección de energía, contrarrestando de esta forma las posibles carencias de cada una de las tecnologías utilizadas.

Teniendo en cuenta todo ello, la ubicación y el modo de utilización del dispositivo condicionan en gran manera la viabilidad de las diferentes técnicas de recolección de energía. De este modo, en el ámbito de AAL no son pocos los dispositivos portados

por el propio usuario, así que no es descabellado pensar en recolectar energía generada por el propio individuo.

Se estima que la energía que podría generar una persona en sus actividades diarias sería mas que suficiente (Fig. 13) para abastecer de energía a dispositivos con grandes exigencias de consumo.

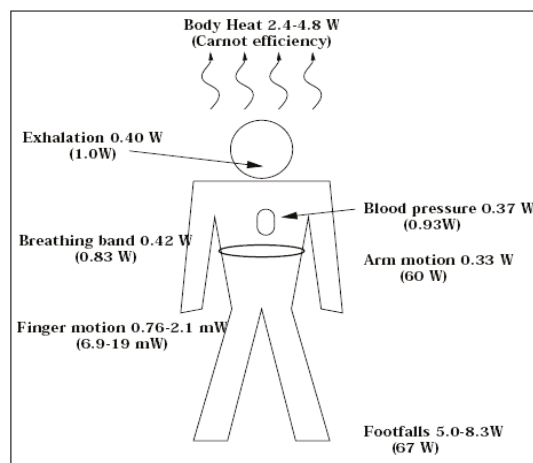
Figura 13: Tabla Actividades realizadas por el individuo/energía potencialmente utilizable.

Activity	Kilocal/hr	Watts
sleeping	70	81
lying quietly	80	93
sitting	100	116
standing at ease	110	128
conversation	110	128
eating meal	110	128
strolling	140	163
driving car	140	163
playing violin or piano	140	163
housekeeping	150	175
carpentry	230	268
hiking, 4 mph	350	407
swimming	500	582
mountain climbing	600	698
long distance run	900	1,048
sprinting	1,400	1,630

(Fuente: Group, Media Laboratory Georgia Tech MIT)

No obstante, sólo es posible utilizar una pequeña parte de dicha energía, dado que según el estado actual de la técnica, un mayor aprovechamiento pasaría por una disminución en concepto de usabilidad y portabilidad de los dispositivos, (como se puede observar en la figura 15, en la que se muestra un prototipo del proyecto Human++).

Figura 14: Estimación de la potencia que se podría llegar a recoger en cada una de las acciones, entre paréntesis potencia generada total "por minuto".



(Fuente: Group, Media Laboratory Georgia Tech MIT).

**Figura 15: Detalle del Recolector de energía térmica de un sensor autónomo inalámbrico (oxímetro de pulso y monitor 2ch-EEG).**



*(Fuente: Holst Centre/IMEC-NL Eindhoven)*

## 4. TECNOLOGÍAS PARA ENTORNOS DE INTELIGENCIA AMBIENTAL

La visión ambiciosa de proporcionar conectividad “todos con todo en cualquier lugar y en cualquier momento” asume que el nuevo “mundo inalámbrico” será el resultado de la integración de sistemas inalámbricos presentes y futuros, incluyendo redes de área amplia (WANs), redes de área local inalámbricas (WLANs), redes personales inalámbricas con redes de área personal (WPANs y WBANs), junto con redes ad-hoc y de área doméstica que enlazan dispositivos tan diversos como aplicaciones portátiles, fijas, ordenadores personales y equipos de entretenimiento. Sin embargo, la realización de esta visión requiere la creación de nuevas tecnologías y sistemas inalámbricos proporcionando interfaces de fácil uso centradas en el usuario, como en los paradigmas de *inteligencia ambiental* y de *computación ambiental (pervasiva)*. En los escenarios descritos en los futuros entornos inteligentes, el usuario necesita gestionar información electrónica fácilmente teniendo acceso completo a datos actualizados independientemente de la localización física.

En las redes inalámbricas convencionales de hoy en día, en las que los puntos de acceso a la red se fijan y conectan en banda ancha, la búsqueda de mayores regímenes de datos, apunta, en lo que se refiere a datos, “*cuanto más, mejor*”, sobre todo dentro y en los alrededores de casas y edificios. Varias tecnologías en este campo están evolucionando, y auguran un gran impacto en el panorama de los inalámbricos.

### 1. ULTRA WIDE BAND NETWORKS (UWB)

#### 1.1. Presentación Histórica

El origen de la tecnología de banda ultra ancha (UWB) se remonta a los años 60, cuando se empezó a reconocer que las señales electromagnéticas para transmisión por radio y radar no necesitaban tener variaciones sinusoidales en el tiempo y se empezó a describir el comportamiento de ciertas redes de microondas a través de la caracterización de la respuesta al impulso. En vez de caracterizar los sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LTI) por su respuesta en frecuencia (medidas de amplitud y fase en función de la frecuencia), los sistemas LTI se pueden caracterizar por su respuesta impulsiva (respuesta al impulso  $h(t)$ ).

La respuesta de un sistema  $y(t)$  ante una señal de entrada  $x(t)$  quedará unívocamente determinada por la integral de convolución

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(u)x(t-u)du$$

Sin embargo, hasta que no aparece el osciloscopio de muestreo paso banda de Hewlett-Packard, en 1962 y las técnicas de generación de pulsos de subnanosegundos (banda base) que proporcionaran aproximaciones a la excitación a impulsos, no se pudieron observar y medir directamente la respuesta a impulsos de las redes de microondas.

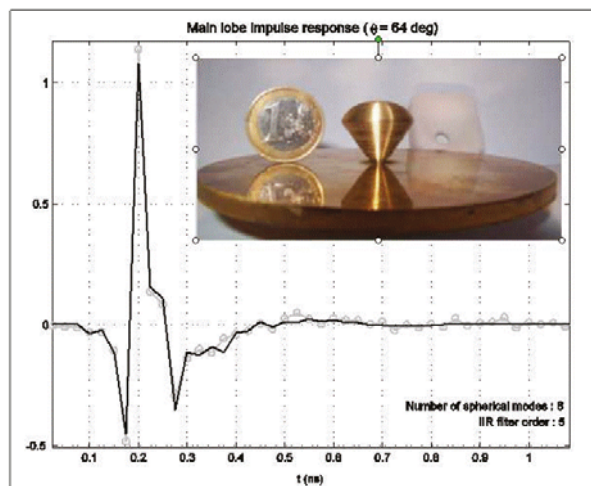
Una vez que las técnicas de medidas de pulsos se aplicaron para el diseño en banda ancha de elementos radiantes de antenas, se descubrió en seguida que el radar de pulsos y los sistemas de comunicación se podían desarrollar con las mismas herramientas.

A partir de los últimos 80 las referencias a estas tecnologías aparecen como tecnologías en banda base, sin portadora o de impulsos. El término “ultra wideband” aparece aplicado por el Departamento de Defensa (DoD) americano en el año 1989. La teoría de UWB, las técnicas y muchos desarrollos de hardware se han desarrollado extensamente en los últimos 30 años en patentes sobre métodos de generación y recepción de pulsos UWB y aplicaciones tales como comunicaciones, radar, sistemas anti-colisión de automóviles, sistemas de posicionamiento, sensores de niveles de líquido y altímetros. En los 80 se descubrió la utilidad de la técnica UWB para el desarrollo de sistemas de comunicaciones de baja probabilidad de intercepción y detección (LPI/D, low probability of intercept and detection).

La información existente sobre la tecnología UWB anterior a 1994 fue desclasificada, y desde entonces el desarrollo de esta tecnología permanece sin clasificar permitiendo un gran desarrollo.

Actualmente se están desarrollando dispositivos del tamaño de una moneda que son capaces de localizar con precisión de centímetros a kilómetros de distancia. Estos localizadores pueden funcionar en una red de miles de unidades en una red local y los usuarios pueden entrar y salir de la red fácilmente de forma transparente. Pueden funcionar con baterías del tamaño de las de los relojes o incluso con alimentación solar.

Figura 1: Antena



Estos transceptores de baja potencia pueden utilizarse para localización de posición y también para comunicaciones a bajo régimen binario.

En tecnología convencional de señales sinusoidales, la precisión la determina el ancho de banda de la señal transmitida y la relación entre el ancho de banda y la frecuencia portadora es muy pequeña. Sin embargo, es posible transmitir y recibir pulsos con un ancho de banda relativo aproximado del 100%. Estas emisiones no sinusoidales se conocen como de banda ultra ancha o pulsos de radar.



En comparación con otro tipo de tecnologías inalámbricas, como por ejemplo WPAN / WLAN, UWB proporciona una mayor velocidad de transmisión con una gran eficiencia en potencia, lo que permite el desarrollo de dispositivos portátiles de gran autonomía. En cambio, su alcance es similar a Bluetooth, principalmente por las limitaciones de potencia impuestas. Eliminando estas restricciones, el alcance se estima similar o incluso superior al proporcionado por las tecnologías 802.11.

## 1.2. Capa Física

La tecnología de UWB jugará un importante papel en la realización de las futuras redes heterogéneas para aplicaciones asociadas con el desarrollo de dispositivos y sus ventajas sobre eficiencia espectral y modos de uso. Los requerimientos de la capa física están asociados a la necesidad de mínimo precio y bajo consumo de potencia asociado a un control de acceso al medio (MAC) eficiente y permitiendo comunicaciones ad-hoc sobre múltiples saltos y permitiendo el acceso a la red central.

El crecimiento y el desarrollo de las conexiones WLANs / WPANs para conexiones de corta distancia se está logrando por medio de los estándares de la familia IEEE 802. El éxito del IEEE 802.11 (a, b, g) y los productos Bluetooth junto con la llegada de ZigBee (IEEE 802.15.4) y los productos IEEE 802.15.3 son indicativos de la alta potencialidad y de la alta demanda del mercado de la conectividad inalámbrica. No obstante, actualmente las redes de corto alcance funcionan fundamentalmente en entornos de interiores independientes, con todavía poca integración de las redes fijas y de las inalámbricas de amplia cobertura.

Desde la visión del usuario, cada vez hay un mayor requerimiento de disponibilidad de acceso a datos a alta velocidad en cualquier momento y lugar, baterías de larga duración, movilidad, dispositivos inteligentes y sensibles al contexto y aplicaciones que proporcione servicio ininterrumpido a través de diferentes redes. Muchos de estos requerimientos contrastan con los sistemas de radiofrecuencia reales, donde la disponibilidad de frecuencias en el espectro es escasa, de alta demanda y frecuentemente incompatibles en todo el mundo. A menudo el desarrollo de dispositivos está dirigido por razones económicas más que por su función o eficiencia y el desarrollo de servicios de muy alto régimen binario está fuertemente limitado por la insuficiente disponibilidad de ancho de banda, lo que plantea la necesidad de nuevas tecnologías con uso más eficiente del espectro.

Para las aplicaciones de corto alcance, la tecnología UWB puede mejorar esta situación, permitiendo un compartimiento óptimo del espectro de radio existente. Una definición genérica define los dispositivos UWB como cualquier dispositivo que emite señal con un ancho de banda fraccionado mayor de 0,2 o de un ancho de banda de, al menos, 500 MHz en cualquier momento de la transmisión. El ancho de banda fraccionado se define por la expresión

$$2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L}$$

donde  $f_H$  es la frecuencia superior y  $f_L$  la inferior en el punto de emisión de  $-10$  dB.

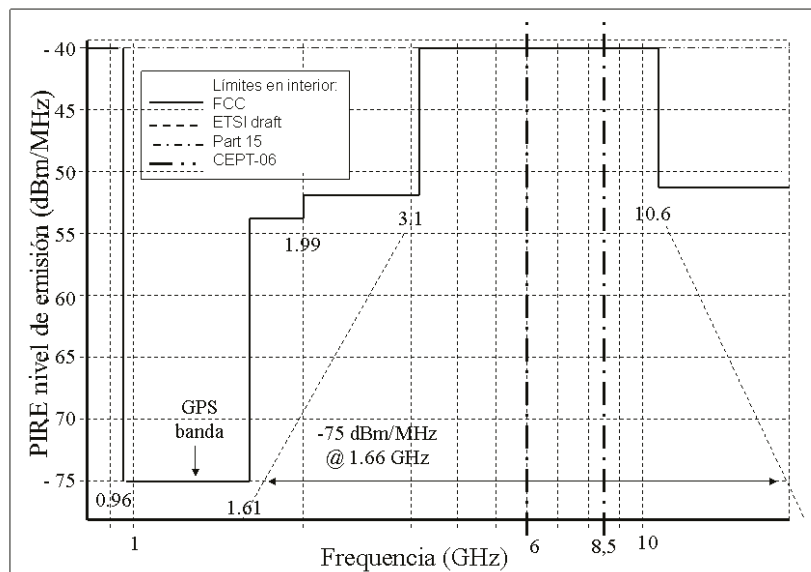
La frecuencia central de la señal emitida se define como el promedio de

$$f_C = \frac{f_H + f_L}{2}$$

En la capa física, los sistemas de comunicación UWB funcionan dispersando una pequeña cantidad de la PIRE (siempre inferior a 0,56 mW) sobre una banda de frecuencias muy ancha respecto a la frecuencia central.

Esta cantidad se calcula fácilmente a partir del límite de densidad espectral de potencia impuesta de 75 nW / MHz (-41,3 dBm / MHz) entre 3,1 GHz y 10,6 GHz, como establece el borrador del ETSI y por la FCC, como se expresa en la máscara siguiente de la **Figura 3**. Debido a la limitación de potencia impuesta por la FCC sobre las especificaciones de UWB, el alcance de estos sistemas es reducido, y supone una ventaja cuando se desea combinar varios radio-enlaces en un espacio relativamente pequeño, como por ejemplo, una oficina o un apartamento.

**Figura 2: Máscara del espectro**



Esta definición implica una alta resolución temporal que no sólo permite el diseño de radios con menores márgenes de desvanecimiento que los sistemas clásicos de banda estrecha, sino que también posibilita el cálculo de la distancia con precisión además de la transmisión de datos.

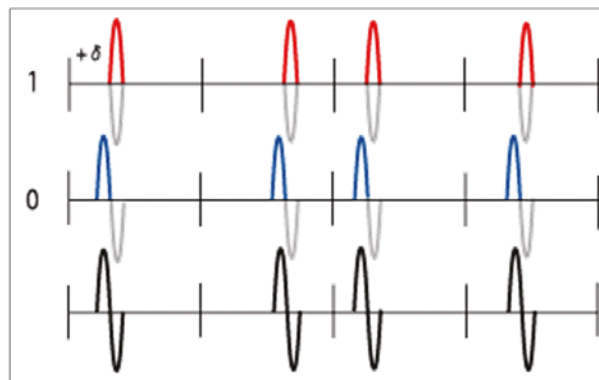
Una mayor eficiencia de espectro, se puede conseguir utilizando conceptos de redes ad-hoc entre los nodos de una red WBAN/WPAN. Construir redes dinámicas ad-hoc sería particularmente efectivo en combinación con técnicas de uso solapado del espectro y de reutilización. La reutilización de frecuencias incrementa la eficiencia espectral en términos de capacidad espacial. Además de la habilidad de funcionar en todo el mundo en bandas de frecuencias usadas para sistemas de banda estrecha, los sistemas UWB ofrecen flexibilidad para mantener la capacidad de adaptación a un gran número de nodos de bajo régimen o a un número menor de nodos de alto régimen, dependiendo de los requerimientos de la aplicación.

La Ultra Wide Band (UWB) es un método de transmisión que se basa en la creación de pulsos de banda base ultracortos con enormes anchos de banda. Al contrario de los sistemas sin hilos convencionales que convierten señales de banda base en portadoras de radiofrecuencia (RF), la UWB se puede usar en banda base y puede ser considerada como un modelo de transmisión de la banda base que se propaga en frecuencias de RF.

El funcionamiento de UWB se basa en la transmisión de secuencias de pulsos extremadamente estrechos y de baja potencia que se sitúan de forma precisa en el tiempo (desviaciones inferiores al nanosegundo). La modulación de los datos consiste básicamente en la variación de la posición de los pulsos empleando técnicas de código ensanchado. Como resultado se obtiene un espectro de banda ancha que es mucho más resistente a las interferencias, ya que éstas ocupan normalmente una fracción muy pequeña del espectro de la señal UWB. Adicionalmente, dado que las señales UWB son de baja potencia, causan muy poca interferencia al resto de señales presentes.

Los sistemas UWB utilizan la transmisión de pulsos ultra anchos utilizando la modulación bifase de pulsos Gaussianos como se presenta en la [Figura 4](#). El transmisor emite pulsos ultracortos en el tiempo con un período de repetición estrictamente controlado (intervalo entre pulsos). Anchuras típicas de pulsos se encuentran entre 0,2 y 2,0 ns y el intervalo entre pulsos es del orden de varios décimas o centésimas de ns.

Figura 3: Señal pulsada bipolar



Un transmisor UWB está caracterizado por la frecuencia de repetición de pulsos, densidad de potencia radiada (en 1 MHz) y potencia de pico en un ancho de banda de 50 MHz. En la práctica real, un transmisor específico UWB estará sujeto a la limitación de potencia media o de pico, pero no a ambas. Los sistemas con baja Frecuencia de Repetición de Pulsos (PRF) se gobiernan por el límite de potencia de pico y sistemas con alta PRF se controlan con el límite de potencia media.

Las características técnicas establecidas hasta ahora son:

- Régimen binario al menos de 110 Mbps a 10m. También se requiere un régimen binario superior de al menos 200 Mbps a 4m. La escalabilidad del régimen hasta 480 Mbps es deseable con menores coberturas.
- Capacidad síncrona (para soportar transferencia masiva de vídeo segmentado, streaming video)
- Soportar 3 picoceldas sin canales solapados, con rendimiento efectivo de 50 Mbps cada uno; también soportar de 4 a 8 picoceldas, con capacidad de hasta 300 Mbps compartidos
- Direccionamiento de hasta 127 dispositivos por host
- Control de acceso al medio (MAC) 802.15
- Prestaciones robustas de multitrayecto
- Coexistencia y funcionamiento en 1m de 802.11, Bluetooth, telefonía celular, PCS y GPS

- Consumo inferior a 100mW a 110 Mbps y menor de 250 mW a 200 Mbps
- Tamaño físico fácilmente integrable en dispositivos de consumo, especialmente en portátiles

La zona de cobertura está condicionada por las comunicaciones entre el hub y los terminales asociados. El mantenimiento de la topología comprende la gestión de las tramas, verificación de la calidad de transmisión entre estaciones (que puede ser síncrona y asíncrona), asociación / registro y control relacionado con el acceso múltiple y fiabilidad.

La estación hub juega un papel importante en la coordinación de las estaciones, con las siguientes funciones de control:

- mantenimiento de la estructura de trama y distribución de la información de temporización
- monitorización y control del estatus de todas las estaciones registradas
- asignación de la ranura temporal a cada estación (ranuras síncronas y asíncronas)
- difusión de la calidad de comunicación entre estaciones
- control de los procedimientos de acceso múltiple entre todas las estaciones asociadas

El bus UWB emplea asignación dinámica de recursos de ancho de banda entre las ranuras síncronas y asíncronas.

El sistema UWB envía pulsos de muy baja potencia, por debajo del umbral del ruido de transmisión. Las antenas funcionan como filtro que conforma el pulso. Cualquier distorsión de la señal en el dominio de la frecuencia o un cambio en la fase central produce distorsión de la forma del pulso transmitido, incrementando la complejidad del mecanismo de detección del receptor con peores prestaciones. Las antenas para este sistema requieren una fase central y una relación de onda estacionaria constante en todo el ancho de banda de funcionamiento.

### 1.3. Normativa

Dado lo novedoso de la tecnología de estos sistemas basados en UWB, se está llevando a cabo una importante tarea de normalización necesaria para conseguir soluciones compatibles con las aplicaciones en funcionamiento y que garanticen la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes. La particular novedad de compartir frecuencias entre servicios de diferentes proveedores para maximizar la utilización del espectro, ha absorbido gran cantidad de recursos en los últimos tiempos tanto en los EEUU, como en Europa y Asia.

Aunque la distancia de cobertura está limitada a la corta distancia, la mayoría de la radiación se produce en bandas de frecuencias que ya está atribuidas a otros servicios. Cuando la fuente radiante es única, en un entorno domiciliario o en una oficina, se plantean pocas dudas sobre interferencias potenciales. Sin embargo, los riesgos aumentan cuando los dispositivos UWB proliferan y pasan a ser realmente ubicuos. El funcionamiento simultáneo de varios cientos de transmisores confinados a un área puede producir interferencias que afecten a servicios tales como navegación, rescate, comunicaciones o servicios de acceso fijo inalámbrico.

Hasta el momento, el desarrollo de un marco de regulación internacional está siendo lento. El trabajo del grupo TG1/8 de la ITU tiene una gran influencia en las futuras regulaciones de las administraciones de todo el mundo. El FCC estadounidense ha aprobado una regulación provisional que permite el trabajo de normalización del IEEE, (grupos 802.15.3a y 802.15.4a) y el uso de los primeros dispositivos de UWB.

En Europa a principios de 2006, el Electronic Communications Committee (ECC) de la Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT grupo SE24) ha aprobado el uso de la tecnología UWB en la banda de 6 a 8,5 GHz, como paso previo para que el ETSI TRM TG31 desarrolle estándares radio que permitan el uso de dispositivos UWB.

La normalización a nivel físico y de MAC condicionarán el éxito de la tecnología. También serán necesarios esfuerzos de normalización a nivel de gestión de red para permitir la integración flexible de nodos móviles y asegurar la interoperabilidad entre diferentes dispositivos. En 2002 se formó una asociación (tipo Wi-Fi) llamada WiMedia para establecer pruebas y procedimientos de garantía de interoperabilidad con el 802.15.3. en el IEEE. También se ha formado un grupo nuevo dentro del IEEE 802.15.4. (el IEEE 802.15.3a) para analizar la posibilidad de especificar una norma de tecnología WPAN de bajo régimen, baja potencia y bajo precio basada en UWB.

Es fundamental la regulación internacional para las aplicaciones futuras. En la siguiente [Tabla 1](#), se presentan algunas tecnologías para redes inalámbricas en el hogar

**Tabla 1: Tecnologías de redes inalámbricas para aplicaciones en el hogar**

	<b>Bluetooth</b>	<b>HomeRF</b>	<b>IEEE 802.11a</b>	<b>Wireless1394</b>	<b>IEEE 1394+UWB</b>
<b>Espectro</b>	2,4 GHz (Banda ICM)	2,4 GHz (Banda ICM)	5,2 GHz (Banda ICM)	5,2 GHz (Banda ICM)	3,1-10,6 GHz
<b>Régimen de pico</b>	~ 720 Kb/s	0,8 ~ 1,6 Mb/s	~ 54 Mb/s	~ 70 Mb/s	≥100Mb/s (~ 400 Mb/s)
<b>Modulación</b>	FHSS: 1600saltos/s	FHSS: 50 saltos/s	OFDM	OFDM	TH-PPM, PAM Modulación bifase
<b>Distancia</b>	< 10m	< 50m	~ 50m	10 ~ 20m	< 10m
<b>Topología de conexión</b>	Per-to-peer maestro-esclavo	Peer-to-peer Ms-to-BS	MS-to-BS	Peer-to-peer, multisalto	Peer-to-peer, multisalto
<b>Prestaciones en tiempo real</b>	SI	SI	NO	SI	SI
<b>Aplicación</b>	Telefonía móvil Terminales portátiles	PC, periféricos, terminales móviles	Transmisión de datos IP	Dispositivos del hogar (audio, vídeo, datos IP)	Dispositivos del hogar (audio, vídeo, datos IP)

#### 1.4. Interferencias

Los sistemas de comunicaciones habituales requieren una banda de frecuencia concreta de funcionamiento con un ancho de banda concreto sobre el espectro total. Como los tipos de sistemas de comunicaciones por radio han aumentado y sus

aplicaciones son cada vez más variadas y de ancho de banda mayor, la localización de las bandas de frecuencia para que los transmisores nuevos no se solapen con otros sistemas de comunicaciones se hace difícil, dado que el espectro de frecuencia es un recurso escaso. Las interferencias de radiofrecuencia en el receptor correspondientes a transmisores en las mismas bandas y en bandas remotas, han incrementado la necesidad y el precio de los apantallamientos necesarios y de otras soluciones. Un caso frecuente se encuentra en los receptores habituales de radiodifusión. Incluso la radiación del oscilador local debe estar cuidadosamente controlada.

Cualquier radiación espúrea por encima de los niveles extremadamente bajos permitidos, afecta negativamente la recepción de radio convencional. Por otra parte, los niveles de radiación muy bajos utilizados para comunicaciones sólo serán utilizables a muy corta distancia e incluso entonces, podrán ser inutilizables en presencia de otros transmisores legales o por señales de ruido eléctrico ambiental.

Teniendo en cuenta que la tecnología UWB generalmente ocupa una banda de frecuencias bastante ancha, como se representa en la [Figura 4](#) siguiente, existe el riesgo de interferencias producidas por el sistema con otros sistemas existentes de banda estrecha, tales como GPS, redes móviles celulares, WLAN y sistemas de radiodifusión de TV. Los desarrollos comerciales en frecuencias superiores a los 6 GHz tiene importantes ventajas frente a los diseños en frecuencias más bajas, donde las interferencias de otros servicios pueden ser considerables limitando la distancia de cobertura.

Por lo tanto será importante garantizar la coexistencia y la compatibilidad entre UWB y los citados sistemas de banda estrecha, por medio de:

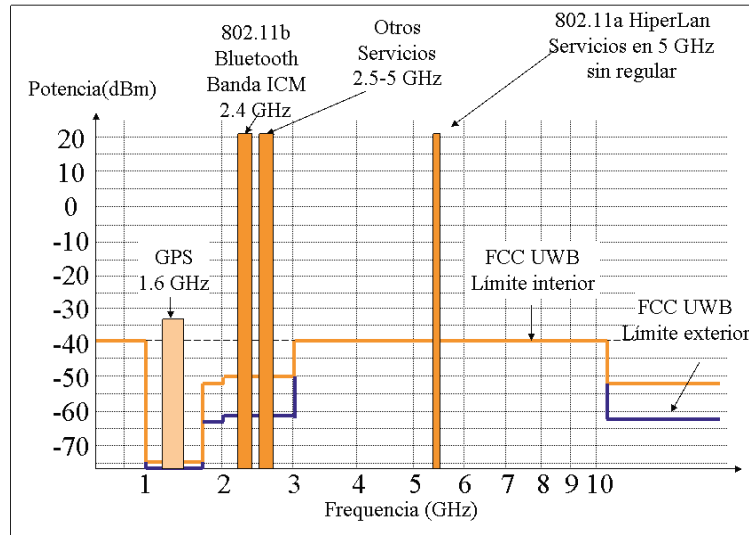
- el espectro de la señal de radio transmitida en tecnología UWB debe ser tan plano como sea posible y con los niveles permitidos
- la topología de la red puede no estar completamente distribuida, para facilitar el control de la potencia y de las interferencias, es decir, una topología centralizada en la que se permite comunicación peer-to-peer dentro de la zona de cobertura del hub
- para evitar las interferencias con otros sistemas, puede ser más efectiva la transferencia multsalto a corta distancia, que la transferencia con un único salto a una distancia mayor
- generalmente, una topología del tipo de Bluetooth puede ser una opción adecuada para una red con UWB en el hogar compuesta por varias picoceldas en las que cada maestro controla los esclavos.

Los siguientes servicios de radiocomunicaciones funcionan en las bandas de frecuencia previstas para los dispositivos de comunicaciones UWB

- Servicio de navegación aeronáutico por radio
- Radioaficionados
- Radioaficionados por satélite
- Servicios de observación de la Tierra por satélite
- Servicio fijo (incluyendo acceso fijo inalámbrico e HiperMAN)
- Servicio fijo por satélite
- Servicio móvil terrenales (incluyendo las LAN Radio a 5 GHz)
- Servicio móvil por satélite

- Radioastronomía
- Servicio de Radiodeterminación
- Servicio de Radio navegación

**Figura 4: Potencias de transmisión en UWB y en otros servicios**



Como la mayoría de los dispositivos van a funcionar en interiores, el primer conflicto se presentará con las aplicaciones de telefonía móvil celular y redes de área local inalámbricas, debido a la proximidad con los terminales móviles UWB. No se han terminado de estudiar las interferencias causadas por pulsos estrechos sobre controles de potencia. También se han considerado las interferencias sobre receptores GPS (y sobre Galileo) que pueden producirse por valores específicos de PRF.

Dependiendo de la propagación o las interferencias de la señal de radio, el hub puede cambiar la topología multisalto controlando los terminales, por medio de:

- manteniendo la estructura de la trama y distribuyendo la temporización de la información
- monitorizando y controlando las estaciones o los terminales registrados
- asignando las ranuras a los terminales (síncronos y asíncronos)
- controlando la calidad de la comunicación entre estaciones
- controlando el acceso múltiple entre estaciones
- negociando y ajustando el ancho de banda reservado, que dependerá de la ocupación del bus.

## 1.5. Aplicaciones

Los dispositivos de corto alcance y las redes que operan independientemente en el entorno domiciliario, en el empresarial o en zonas extensas públicas sin interconexión entre sí y su integración en infraestructuras inalámbricas de amplia cobertura está lejos de conseguirse. En las aplicaciones de corto alcance actuales, se está introduciendo la tecnología UWB con la posibilidad de proporcionar soluciones para muchos de los problemas actuales en el área de la gestión del espectro y de la ingeniería de los sistemas de radio.

Los dispositivos de radio UWB se basan en compartir el espectro ya ocupado por medio del solapamiento, más que por medio de la búsqueda de banda de frecuencia libre de difícil disponibilidad.

#### APLICACIONES MILITARES

La posibilidad de ver en la niebla siempre ha sido una de las garantías de éxito en las operaciones militares. El futuro de los campos de batalla lo dominará el que tenga una mejor tecnología de la información. Las tecnologías de localización por satélite con sensores remotos tienen sus limitaciones requiriendo la utilización de equipos para reconocimiento aéreo de baja altitud y terrestres.

En los campos de batalla, es necesario que las tecnologías de la información están distribuidas con todos los soldados conectados en red en sus unidades, con sus sistemas de armamento, de forma que la información fluya horizontalmente a través de la red y llegando también a sus mandos. Estas redes (mesh) de información permitirán el acceso ágil a todo el ejército al procedimiento de observación, orientación, decisión y acción.

También es necesario en los campos de batalla una clara identificación entre “amigos” y “enemigos” y la posibilidad de localizar e identificar las unidades amigas (evitar el fuego amigo). La gestión logística es una actividad importante y en los ejércitos modernos necesitan medios efectivos de seguimiento e identificación de suministros críticos.

El crecimiento de la tecnología de la información en los campos de batalla supone una tendencia a la descentralización del mando y de la estructura de control. Esta organización en red incrementa la habilidad de los mandos para tomar decisiones, más rápidamente y con mayor efectividad. Esto mejora la posibilidad de supervivencia de los ejércitos y los hace menos vulnerables.

Las redes de pequeño tamaño, bajo consumo de potencia, baja distancia, precisión, encriptado y capacidad anti-jamming en el localizador hace que esta tecnología sea la plataforma ideal para una gran variedad de aplicaciones en los futuros campos de batalla:

- *IFF (Identify Friend or Foe)*: los localizadores son el medio ideal para los soldados individualmente. La posibilidad de agrupar localizadores en familias asociadas con una brigada, vehículo de combate o equipo dificulta a las unidades enemigas infiltrarse aún habiendo capturado un localizador. Además, los localizadores pueden integrar otros sensores para monitorizar el estado de los soldados (presión sanguínea, ritmo cardíaco, temperatura, ...) y enviar indicaciones si alguno de estos factores está fuera de los límites. Los localizadores se pueden integrar en los comandos de control de las comunicaciones y la información.
- *Control logístico*: los localizadores actúan como los códigos de barras o los “tags” que pueden leerse no sólo a Km de distancia, sino que también pueden dar una localización precisa del objeto. Como los localizadores se van haciendo más pequeños y económicos, pueden ir situados en armamento individual e incluso en munición. Esto enlazado con los comandos de control de comunicaciones e información proporciona información en tiempo real de la logística y de la proximidad de las unidades a los campos de batalla.



- *Supervivencia terrestre*: localizadores combinados con microsensores (por ejemplo, sensores de gases, de vibración,...) se pueden incluir en un array de sensores dispersos por el campo de batalla. Este array permite identificar el tamaño y la composición de las fuerzas enemigas (número de vehículos, peso de éstos, gasolina o diesel,...) El conocimiento preciso de la localización y del tiempo en una red de localizadores permite formar un array de antenas de apertura sintética, y formar el enlace ascendente con la información al satélite.
- *Eliminación de minas*: localizadores combinados con microsensores y pequeños AGVs (Vehículos Autónomos Terrestres) se pueden utilizar para eliminar minas. Los vehículos pequeños, robotizados, económicos combinados con localizadores pueden asegurar la total cobertura geográfica para limpieza de minas y eliminación de municiones indeseadas. El bajo precio de los localizadores y los robots hace que la pérdida de unidades de la red no tenga consecuencias apreciables en términos de coste operativo.
- *Campos de minas inteligentes*: La combinación de minas con localizador permite a las fuerzas amigas la localización fácil de las minas pequeñas no-metálicas y su eliminación.

La tecnología en sí misma no gana las batallas, pero la combinación de tecnología con aplicaciones y táctica puede dar una ventaja a un ejército bien organizado y bien entrenado. Los localizadores pueden formar el corazón de la revolución de las tecnologías de la información que cambiarán la táctica militar.

#### APLICACIONES COMERCIALES

El acceso a la información se está convirtiendo en un aspecto crítico en los negocios, que están pasando de los sistemas MIS centralizados (Management Information Systems) a otros sistemas descentralizados tipo cliente / servidor. Las tecnologías para localización y posicionamiento se hacen cada vez más necesarias para control de inventarios en fabricación ajustada en tiempo (just-in-time) proporcionando información rápida y precisa sobre recursos móviles.

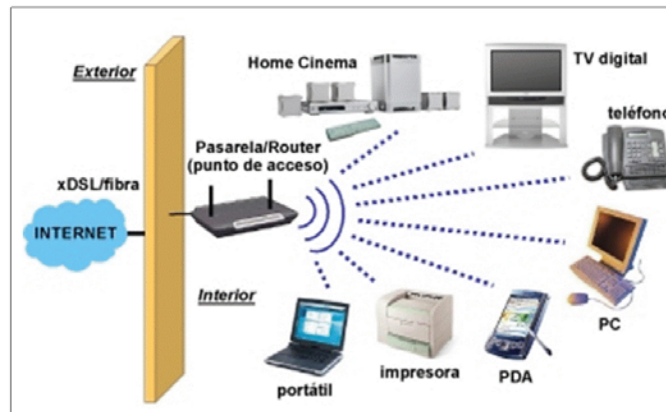
En aplicaciones comerciales, cada vez hay más tecnología de la información embebida en productos de muchos tipos: relojes, cocinas, automóviles,...

Recientemente, esta tecnología se ha dirigido a la utilización de consumo como tecnologías de redes personales para conectar dispositivos tipo laptops, impresoras y cámaras de vídeo. También permite el seguimiento preciso de personas u objetos en diferentes situación, especialmente en la atención sanitaria.

Los dispositivos UWB pueden usarse, por ejemplo, en una gran cantidad de aplicaciones de comunicaciones que incluyen la transmisión de altos regímenes binarios a cortas distancias sin sufrir los efectos de interferencia multitrayecto. Los requerimientos de consumo potencialmente reducidos de esta tecnología, la hace muy atractiva para productos con baterías de capacidad limitada.

La tecnología Ultra Wide Band (UWB) puede utilizarse para transmitir voz, vídeo u otro tipo de datos. Su principal ventaja respecto a otras tecnologías inalámbricas radica en el hecho de que permite la transmisión de más datos utilizando menos potencia que el resto de sistemas disponibles actualmente en el mercado.

Figura 5: Conexiones inalámbricas



Estas emisiones de baja potencia tienen, entre otras, las siguientes ventajas:

- Los transceptores pueden ser muy pequeños, de baja potencia y bajo precio porque toda la electrónica se puede integrar en circuitos CMOS sin componentes inductivos
- Las antenas pueden ser muy pequeñas acopladas directamente al circuito CMOS al no ser resonantes y funcionar en modo común
- Las señales de banda ultra-ancha / no sinusoidales forman un espectro que puede coexistir sin interferir con las señales sinusoidales. La potencia transmitida está dispersa en una banda tan ancha, que la potencia en cualquier banda estrecha de frecuencia es muy pequeña
- Las prestaciones incluyen inmunidad frente a la interferencia multirrayecto, tolerancia frente a la interferencia de otras fuentes de radio y privacidad
- Estas señales tienen muy buenas características de penetración debido a su gran ancho de banda. Los localizadores pueden funcionar en edificios, áreas urbanas, bosques, etc.
- Precisión del orden del centímetro es posible sin necesitar la utilización de tecnologías caras de microondas
- La naturaleza cooperativa de esta tecnología permite un rango de precisión sin necesidad de relojes maestros de extremada precisión y estabilidad para sincronizar el sistema

La combinación de posibilidades de comunicación y localización en dispositivos totalmente integrados permite un amplio campo de aplicaciones, especialmente para monitorización de gran cantidad de sensores u objetos dispersos por un área, tanto para personas como para cosas o máquinas en su entorno y transferencia de la información para monitorización y control.

Para sistemas de comunicaciones, hay tres áreas con cierto solapamiento que se pueden beneficiar de estas conexiones inalámbricas de corta distancia: PC, teléfonos móviles y dispositivos electrónicos de consumo. Los dispositivos de comunicaciones UWB se pueden utilizar para distribución servicios tales como teléfono, cable y redes de ordenadores a través de un edificio o domicilio. Es una tecnología tanto para el mercado profesional como para en el hogar, basado en su economía y en su capacidad de transmisión de datos de alta velocidad (entre 100 Mbps y 500 Mbps) así como para aplicaciones de distribución: grabación/reproducción de DVD, TV, transmisión de

imagen/ vídeo de cámara digital y, generalmente, para las más modernas aplicaciones de alta velocidad tales como:

- PVP / PVR / reproductores personales
- Cámaras digitales,
- Reproductores de MP3
- Conexión a Internet (tablets)
- Compartición de ficheros peer-to-peer
- Drivers externos para backup
- HDTV streaming
- Monitores remotos
- Proyectors de video profesional
- Video-teléfonos, scanners
- Impresoras
- Altavoces de PC
- Video proyectores y altavoces para home-cinema
- Consolas de video juego
- Ratones, punteros,...
- Teclados
- Joysticks
- Terminales
- PDAS para descarga de ficheros (sincronización de calendario / email)
- Desktop
- Notebooks y periféricos
- Puntos de acceso
- Teléfonos celulares
- Muchas otras aplicaciones

Particularmente, la tecnología UWB se presenta como sustitutoria de las conexiones por cable USB 2.0/Firewire, por ejemplo:

- USB permite régimen binario hasta 480 Mbps
- IEEE 1394 (Firewire 400 Mbps y 800 Mbps)
- USB 1.1 a 12 Mbps
- Otra aplicaciones de bajo régimen y con muy bajos factores de actividad, típicamente utilizadas en redes de sensores y sistemas RFID.

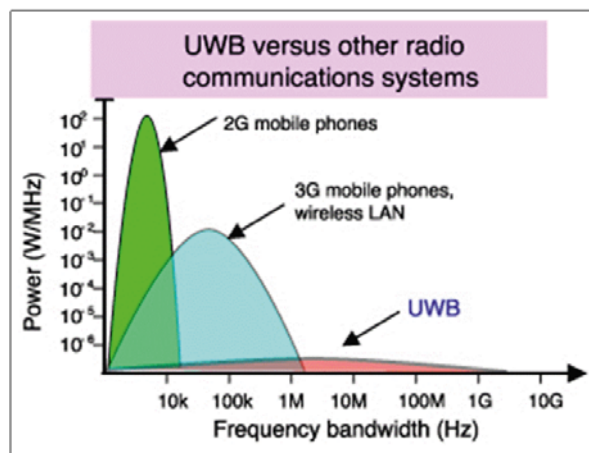
En las aplicaciones de consumo, están extendiéndose las aplicaciones con tecnologías embebidas en los productos. El principal campo de aplicación de UWB se orienta hacia la electrónica del hogar, por ejemplo, la interconexión de periféricos tales como impresoras, escáneres o monitores de PC, o con la distribución de señales HDTV a distintos receptores de TV (Home Cinema).

El precio reducido, el bajo consumo de potencia, cobertura y la posibilidad de producción masiva a bajo coste, proporciona una gran variedad de aplicaciones, entre las que se destacan:

- Localización personal: desde dispositivos de seguridad utilizados por la policía, bomberos, etc hasta ocio o comerciales como localizadores de niños, coches, etc.
- Control de inventarios: permiten la localización precisa de los productos, información en tiempo real de mercancía vendida y de niveles de almacén
- Autopistas inteligentes: localizadores situados a lo largo de la carretera como postes para guiado autónomo. Permite comunicación con otros localizadores en otros vehículos (evitar colisiones)
- Control de maquinaria: en vehículos y autómatas en construcción. Localizadores combinados con vehículos robotizados baratos y pequeños para inspección de infraestructuras (plantas nucleares, puentes, etc.). Robots para limpieza doméstica
- Domicilios inteligentes: combinación de localizadores con aplicaciones domésticas tales como TV, hornos, lámparas, etc. Para conexión y desconexión en función de la localización de los residentes y de su situación relativa.

Las nuevas plataformas para redes domésticas, son fáciles de instalar y fáciles de manejar. Recientemente, se han propuesto nuevas interfaces, tales como el bus serie USB, HomePNA, el IEEE 1394 para sistemas con cable, HomeRF, Bluetooth, IEEE 802.11a, y el IEEE 1394 inalámbrico a 5 GHz.

Figura 6: Comparación de sistemas



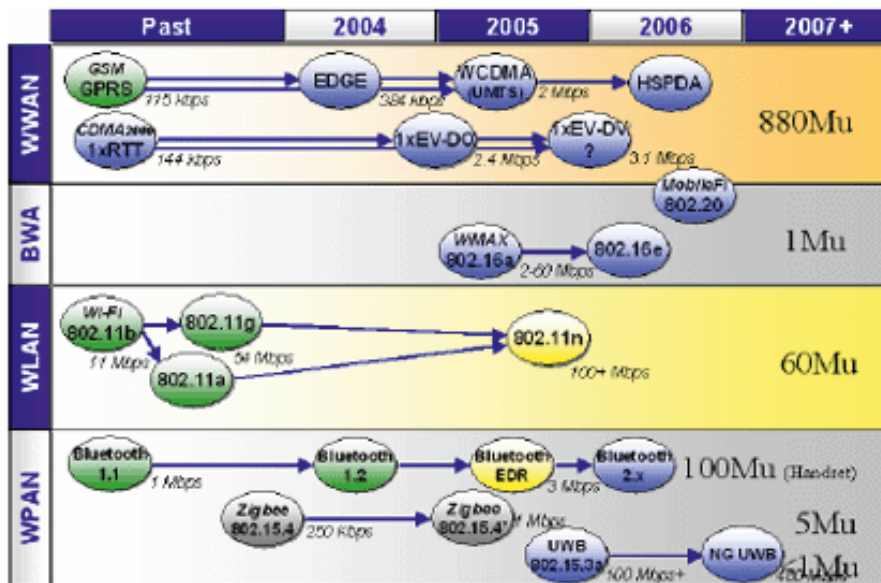
La combinación de IEEE 1394 con la tecnología UWB de impulsos por radio proporciona la flexibilidad y la movilidad de una solución con acceso inalámbrico de banda ancha en el interior y en los alrededores del hogar.

La tecnología UWB codifica una gran cantidad de información en una serie de pulsos cortos, con muy baja potencia distribuida a lo largo de un amplio rango de frecuencias. Este sistema presenta ciertas ventajas para las comunicaciones inalámbricas de banda ancha en interiores, como son:

- alta capacidad
- baja probabilidad de desvanecimiento por multitrayecto

- inmunidad frente a interferencias
- diversidad en tiempo y frecuencia

Figura 7: Evolución de las tecnologías hacia mayor nivel de integración



Este tipo de redes, permitiría la vigilancia remota, tele-consulta y atención domiciliaria, entre otras aplicaciones multimedia. Teniendo en cuenta que los requerimientos en el hogar pueden ser algo diferentes de los del entorno laboral, entre otras prestaciones se pueden destacar:

- flexibilidad: capacidad de procesamiento de diferentes tipos de datos, desde regímenes muy bajos, hasta de algunos Megabits por segundo para aplicaciones de vídeo
- prestaciones en tiempo real
- fácil operación: sin especial atención a la configuración de la red o a las conexiones
- economía: precios y tamaños bajos
- alta fiabilidad: permitiendo actividad y movimiento personal, que suelen ser inevitables. Las sombras en la propagación producidas por el cuerpo humano afectan especialmente a la fiabilidad del sistema y a la calidad del servicio.

## 2. ZIGBEE

### 2.1. ¿Qué es ZigBee?

Alrededor de 1998, muchos ingenieros se dieron cuenta de que tanto WiFi como Bluetooth no eran adecuados para algunas aplicaciones. En el campo de los sensores y la domótica, ya se observaba un problema de estas tecnologías, la alimentación. Los dispositivos colocados en posiciones remotas necesitaban bien de un sistema de alimentación conectado a red o de un conjunto de baterías que debido al relativo alto consumo no tardaban en agotarse, teniendo que ser reemplazadas en cortos períodos de tiempo.

Por otro lado, los dispositivos que implementaran tales alternativas, necesitaban de una compleja electrónica que lógicamente era más complicado de configurar y encarecía el producto.

Surge la idea y necesidad de crear un protocolo más sencillo, que no obstante sea fiable y seguro, que consuma muy poco, fácil de implementar, configurar y pueda ser apto para redes ad-hoc. Nace ZigBee, una pila de protocolos para comunicaciones inalámbricas basado en el modelo OSI, particularizado para bajo tráfico de información, bajo consumo y bajo coste, orientado a redes de monitorización y dispositivos de control.

## HISTORIA

Como hemos visto, alrededor de 1998, surge la necesidad de redes inalámbricas ad-hoc, autoconfigurables.

En 2002 nace la Alianza Zigbee, con el objetivo de crear un estándar para redes inalámbricas tipo ad-hoc, basadas en dispositivos de bajo coste, con capacidad media de transferencia de datos (20-200 Kbits/sec) y cortas distancias de alcance. Se trataba de conseguir algo mejor y más barato que Bluetooth, pensando en aplicaciones de monitorización, automatismos y redes de sensores.

En mayo del 2003, el IEEE publica la especificación del protocolo IEEE-802.15.4, fruto de su colaboración con la Alianza y que recoge las especificaciones para las capas física y enlace (nivel MAC solamente).

Durante el verano del 2003, Philips Semiconductors, el principal pionero, cesó su investigación, aunque terminaría integrándose en la Alianza Zigbee, a través de otras secciones de Philips.

En Octubre de 2004, la Alianza ya alcanzaba más de 100 miembros de 22 países diferentes.

El 14 de Diciembre de 2004, se ratifican las especificaciones de Zigbee. Y en Junio de 2005, la Alianza Zigbee anuncia la disponibilidad pública de la especificación Zigbee v. 1.0.

## ALIANZA ZIGBEE

Es una alianza, sin ánimo de lucro, de más de 190 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, cuyo objetivo es auspiciar el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica de bajo coste.



El objetivo de la Alianza es proporcionar al consumidor flexibilidad, movilidad y facilidad de uso, implementando inteligencia inalámbrica y capacidad a los dispositivos cotidianos. La tecnología ZigBee, estará embebida en un amplio rango de productos y aplicaciones, a través de los mercados de consumo, comerciales, industriales y gubernamentales, en el mundo entero. Por primera vez las compañías tendrán una plataforma basada en un estándar inalámbrico que se ajuste a las necesidades de monitorización remota y aplicaciones de control, incluyendo simplicidad, fiabilidad, bajo coste y baja potencia:

- Definir las capas de red, seguridad y aplicación
- Proveer especificaciones de interoperabilidad y pruebas de conformidad
- Promover la marca ZigBee globalmente y concienciar al mercado
- Dirigir la evolución de la tecnología

Mercados iniciales para la Alianza ZigBee:

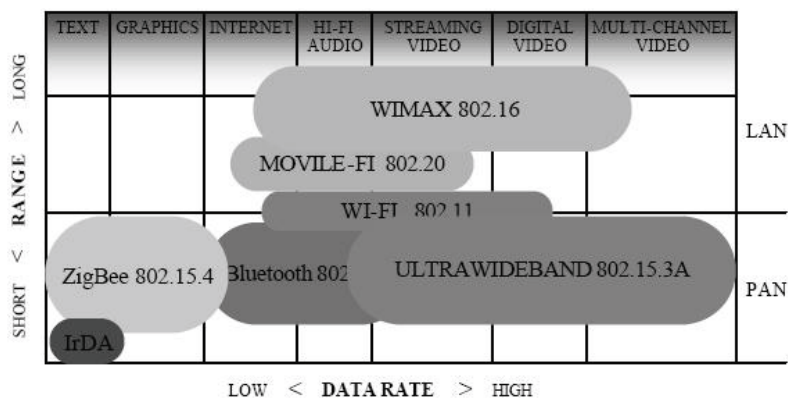
- Domótica
- Automatización Industrial

La alianza está creciendo rápidamente de la mano de los principales fabricantes de semiconductores, proveedores de tecnología, fabricantes de instrumentación y usuarios en todo el mundo.

#### COMPARATIVA CON OTRAS TECNOLOGÍAS CERCANAS

En la relación de abajo podemos observar la particularidad de ZigBee, que lo hace apropiado para las aplicaciones de control, con respecto a las tecnologías inalámbricas que se venían utilizando hasta ahora. Si bien se ha de señalar que varias compañías cuya actividad comercial se basa en este tipo de aplicaciones, habían tratado de hacer variantes e incluso protocolos propios para dar salida a sus productos, aunque éstos presentaran posteriormente problemas de interoperabilidad con otros fabricantes, un problema que la tecnología ZigBee trata de solucionar, marcando un pauta estándar para fabricantes y desarrolladores.

Figura 8: Regímenes y cobertura



Nombre	ZigBee™	-----	Wi-Fi™	Bluetooth™
Estándar	802.15.4	GSM/GPRS CDMA/1Xrtt	802.11b	802.15.1
Aplicación	Monitorización y control	Voz y datos	Web, email, video	Reemplazar el cableado
Recursos	4KB – 32KB	16MB+	1MB+	250KB+
Vida de la batería (días)	100 – 1000+	1-7	.5-5	1-7
Tamaño de la red	Ilimitada (2 <sup>64</sup> )	1	32	7
Ancho de banda(KB/s)	20-250	64-128+	11000+	720
Rango de transmisión (metros)	1-100+	1000+	1-100	1-10+
Seguridad	128 AES y seguridad de la capa de aplicación definida por el usuario	TLS	SSID	64, 128 bits
Característica	Fiabilidad, potencia, coste	Alcance, calidad	Flexibilidad, velocidad	Coste, conveniencia

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

La tecnología ZigBee se caracteriza por:

- Diseñado para generar dispositivos sencillos de bajo coste y con gran nivel de integración.
- Permite múltiples topologías de red.
- Solamente dos niveles de funcionamiento, activo o “dormido”, más simple que protocolos como Bluetooth, además la gestión del modo de energía es más sencilla. Un dispositivo remoto RFD, normalmente presentará muy bajos ciclos de actividad, casi únicamente despierta cuando tiene que emitir o recibir.
- Dispone de bajo consumo, con bajas latencias, que prolongan la vida de las baterías.
- Bajas tasas de transferencia de datos (20-250 kbps en función de la banda usada).
  - 20 Kbps. en la banda de 868 MHz (Unión Europea y Japón)
  - 40 Kbps. en la banda de 915 MHz (USA)
  - 250 Kbps en la banda de 2,4 GHz (global).
- Puede crecer espacialmente sin necesitar alta potencia de transmisión. Es ésta una característica muy interesante, ya que gracias a los nodos frontera, que comunican o forman la intersección de dos árboles / redes podemos extender la red sin tener que aumentar la potencia de transmisión del coordinador central (estos nodos actúan como routers).



- Admite alta densidad de nodos. Hasta 16 bits de direccionamiento para enumerar, o identificar los nodos, esto es 65536 nodos. Importante para generar matrices de sensores.
- La complejidad del desarrollo del protocolo se estima del orden de tan solo  $\frac{1}{4}$  de la complejidad de Bluetooth. Esto conlleva una electrónica más sencilla, ya que eso supone una reducción implícita de memoria por ejemplo. Requiere menos recursos.
- Optimizado para aplicaciones de pequeño ciclo de trabajo.
- Alto espacio de direccionamiento (64 bits para dirección física y 16 para identificar la red).
- Distancias típicas de 50 m (rango de 5 – 500 m.), aunque dependerá mucho del medio físico y de los elementos interferentes que pueda encontrar en su recorrido.

## 2.2. Redes Zigbee

### DISPOSITIVOS ZIGBEE

En función de la capacidad de funcionamiento, número de tareas que los nodos son capaces de llevar a cabo y de la parte de protocolo que implementen, podemos discernir dos tipos de dispositivos ZigBee:

- Full Function Device (FFD) –Dispositivo de plena funcionalidad
  - Implementan todo el protocolo, y pueden desarrollar cualquier función en la red.
  - Pueden actuar como coordinador, router o dispositivo final de captura de sensor / actuador.
  - En el caso de ejercer como coordinador normalmente tendrá asociada una alimentación continua a través de red eléctrica, ya que es el nodo que más energía ha de demandar.
  - Se adaptan a cualquier topología de red.
- Reduced Function Device (RFD)- Dispositivo de funcionalidad reducida
  - Disponen de una implementación muy simple, con la mínima electrónica necesaria, para de esta manera optimizar la eficiencia energética.
  - Estará típicamente asociado a un dispositivo terminal de sensor o actuador remoto que trabajará para comunicar éste con su coordinador central, bien directamente o a través de otros mediante un mensaje multisalto.
  - Una red ZigBee al menos requiere un FFD, funcionando como coordinador, más los RFD que sean necesarios. Pueden formar parte de cualquier topología de red (estrella, malla y árbol).

### TOPOLOGÍAS DE RED

Las redes surgieron como una necesidad de interconectar los diferentes dispositivos (ordenadores en inicio) de una institución o empresa para poder así compartir recursos y equipos específicos. La disposición de los diferentes componentes de una red se conoce con el nombre de topología de la red y es un factor fundamental que determina el rendimiento y la funcionalidad de la red. La topología idónea para una red concreta va a depender de diferentes factores, como el número de dispositivos a interconectar, el tipo de acceso al medio físico que deseemos, etc.

Podemos distinguir tres aspectos diferentes a la hora de considerar una topología:

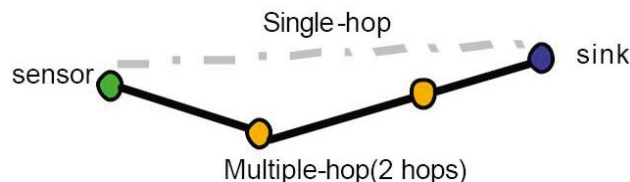
1. La topología física, que es la disposición real de los dispositivos de red y el medio de interconexión.
2. La topología lógica, que es la forma en que los dispositivos se comunican a través del medio físico.
3. La topología matemática, mapas de nodos y enlaces, a menudo formando patrones.

La red Zigbee, soporta tres tipos de topologías, estrella, árbol y malla. En la topología de estrella, la red es controlada por un único dispositivo denominado coordinador Zigbee. El coordinador Zigbee, es responsable de iniciar y mantener los dispositivos en red y todos los demás dispositivos se comunican directamente con el coordinador. En la topología de árbol o la de malla, el coordinador es el responsable de inicializar la red, pero ésta puede ser extendida a través de dispositivos router Zigbee. En las redes tipo árbol routers mueven datos y mensajes de control utilizando una estrategia jerárquica. La red en malla, proporciona comunicación punto a punto entre cada par de sus miembros. En el caso de árbol y conforme al estándar los routers podrían incluir comunicación con balizas de sincronismo, no así en las de tipo malla.

#### EXTENSIBILIDAD DE LA RED

Una característica muy interesante de las redes ZigBee en árbol y malla, es que se pueden extender fácilmente a través de un nodo que actúe como router hacia otro dispositivo o subred determinada.

Esto proporciona la gestión de grandes redes sin necesidad de tener un emisor de alta potencia, sino que se lleva a cabo de los conocidos mensajes multisalto.



### 2.3. Protocolo Pila de protocolos ZigBee

El protocolo Zigbee™ como tantas otras comunicaciones se basan en el modelo OSI (Open Systems Interconnection), pero se definen solamente aquellas capas que son relevantes para alcanzar la funcionalidad que el mercado demanda. Cada entidad de servicio muestra un interfaz con la capa superior a través de un SAP (Servicio de Punto de Acceso), de forma que este SAP soporta un número de primitivas de servicio para alcanzar la funcionalidad requerida.

El estándar IEEE 802.15.4, define las dos capas más bajas, la capa física (PHY) y la capa de enlace, definiendo de ésta únicamente su subcapa de acceso al medio (MAC). Es la Alianza Zigbee, quien partiendo de esta base trata de definir el resto de las capas, proporcionando especificaciones para la capa de red (NWK) y un framework para desarrollo de aplicaciones, que incluye la subcapa de soporte de aplicación (APS), los objetos de dispositivos Zigbee (ZDO) y los objetos de aplicación definidos por el fabricante.

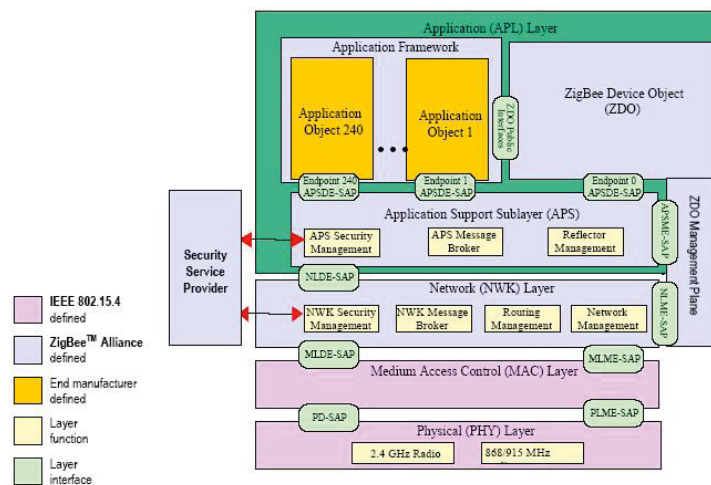
IEEE 802.15.4 – 2003 tiene dos capas Físicas (PHY), que pueden operar en dos frecuencias separadas 868/915 MHz y 2.4GHz. Para capa física de menor frecuencia se define la banda de 868MHz, para Europa y la banda de 915 MHz. para USA y Australia. En cuanto a la de mayor frecuencia, es usada “virtualmente” a nivel mundial.

La subcapa MAC IEEE 802.15.4-2003 como su nombre indica controla el acceso al medio y hace independiente de éste a las capas o subcapas superiores. Utiliza para ello el protocolo CSMA-CA y sus responsabilidades pueden incluir transmisión de frames baliza, para proveer sincronización y proporcionar un mecanismo de transmisión fiable.

CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) – Es un protocolo que escucha la red, para ver si está libre, en caso de que lo esté, difunde una trama para indicar a los demás que va a transmitir y evitar que éstos lo hagan antes. Es un mecanismo para prevenir las colisiones.

Las responsabilidades de la capa de red (Zigbee NWK), incluyen mecanismos para unirse y abandonar una red, aplicar seguridad a las tramas y encaminar las tramas a sus respectivos destinos. Ofrece servicios para descubrir y mantener las rutas entre los dispositivos de la red. En el caso de un dispositivo coordinador, la capa de red será responsable de comenzar una nueva red cuando sea apropiado y de asignar una dirección a los nuevos dispositivos que se vayan añadiendo a ella.

Figura 9: Distribución en capas del protocolo ZigBee



La capa de aplicación Zigbee, consiste en la subcapa APS (Capa de Soporte Aplicación), un framework de aplicación (AF), el ZDO y los objetos de fabricante. Las responsabilidades de la subcapa APS comprenden el mantenimiento de tablas de vinculación, que serán una lista de registros donde cada uno tendrá dos dispositivos o puntos terminales, asociados que colaboran juntos para un propósito determinado, manteniendo un intercambio de mensajes. El ZDO define el papel del dispositivo en la red (ej. coordinador o terminal), estableciendo las relaciones de vinculación entre ambos, o “binding”. Es responsable igualmente de descubrir los dispositivos en red y que servicios de aplicación proporciona cada uno de ellos.

## 2.4. Seguridad ZigBee

La Alianza Zigbee establece especificaciones de seguridad para las capas MAC (Control del Acceso al Medio), la capa de red (NWK) y la subcapa de soporte para aplicación (APS).

Los servicios de seguridad proporcionados por Zigbee, incluyen métodos para establecer una clave, transporte de clave, protección del paquete y gestión del dispositivo. Estos servicios forman los bloques para implementar las políticas de seguridad dentro de un dispositivo Zigbee. Obviamente, el nivel de seguridad Zigbee radica en la custodia que se haga de las claves simétricas, en los mecanismos de protección empleados y en la propia implementación de la criptografía, mecanismos y políticas de seguridad asociadas.

Debido a la naturaleza de bajo coste de los dispositivos de red ad-hoc, generalmente no se puede asumir que se trate de un hardware blindado ante ataques. Por lo tanto el acceso físico al dispositivo puede conceder acceso al material de encriptación y cualquier otra información privilegiada. Con esta restricción de coste, los dispositivos Zigbee, deben asumir que diferentes aplicaciones que usan la misma radio no están separadas lógicamente (por ejemplo usando un firewall). Además desde la perspectiva de un dispositivo concreto, no es posible verificar una separación criptográfica entre aplicaciones, e incluso entre diferentes capas del protocolo de comunicación. Se ha de asumir que diferentes aplicaciones que usan el mismo dispositivo de radio, confían las unas en las otras y además que las capas inferiores son accesibles por cualquier aplicación de las capas superiores. Se trata pues de un Modelo de Confianza Abierta para un dispositivo: las diferentes capas de la pila de comunicaciones y todas las aplicaciones que corren en un mismo dispositivo han de confiar unas en otras.

Así pues, los servicios de criptografía protegen las interfaces entre diferentes dispositivos únicamente. La separación de los interfaces entre las capas del protocolo de un mismo dispositivo no utiliza criptografía, sino un diseño de servicios de seguridad basado en puntos de acceso.

El Modelo de Confianza Abierta, implementado en un dispositivo tiene consecuencias asociadas. Este modelo permite reutilizar el material de encriptación en diferentes capas del dispositivo y proporcionar una seguridad de punto a punto (end to end) desde un dispositivo a otro, descuidando la seguridad en entre capas de un mismo dispositivo y así como entre aplicaciones diferentes que corren en el mismo dispositivo.

### CONDICIONANTES

1. La capa que origina una trama es la responsable de su seguridad. Así una trama de la capa MAC debe utilizar seguridad de capa MAC, uno de la capa de red (NWK), mecanismos de seguridad de capa NWK, etc.
2. Se necesita protección contra robo de servicio. La seguridad de nivel de red ha de usarse para todas las tramas excepto aquellas que se utilizan entre un router y un nodo recién añadido (hasta que éste consigue la clave de red). Así solamente aquellos dispositivos que se han unido exitosamente a la red y han recibido la clave de red pueden emitir tramas, mensajes que viajen más allá de un salto.
3. Ya que permite la reutilización de claves, tal reutilización ahorrará espacio de almacenamiento.

4. Se proporciona seguridad de punto a punto, para hacer posible que solamente la fuente y el destino tengan acceso a la clave compartida, y en consecuencia a la información descifrada.
5. Para simplificar la interoperabilidad de dispositivos, el nivel de seguridad usado por todos los dispositivos en una red dada y por todas las capas de un dispositivo será la misma. En particular, el nivel de seguridad indicado en el PIB y NIB serán el mismo. Si una aplicación necesita mas seguridad de la proporcionada por la red, debería formar su red particular con un mayor nivel de seguridad.

Hay varias políticas de decisión que cualquier implementación deben tener en cuenta:

- Manejo de errores de encriptación / desencriptación de paquetes. Algunos errores pueden indicar pérdida de sincronismo o incluso indicar ataques.
- Detección y tratamiento de pérdida de sincronización y desbordamiento de contador.
- Detectar y tratar la pérdida de sincronización de clave.
- Expiración y periódica actualización de claves, si así se desea.

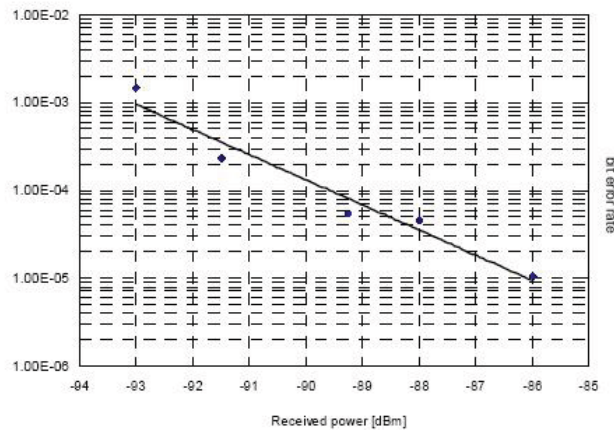
## 2.5. Estudio Energético

### CARACTERIZACIÓN DE LA RADIO

Para poder estimar el consumo de potencia de un nodo 802.15.4 debemos caracterizar el consumo de potencia instantáneo de un transceptor cuando está conmutando entre estados. El transmisor / receptor CC2420 soporta cuatro estados:

- Shutdown: El reloj está desconectado y el chip está completamente desactivado, esperando por una señal de startup.
- Idle (parado): El reloj está encendido y el chip puede recibir comandos (por ejemplo, para encender la circuitería de radio).
- Transmit: transmitiendo.
- Receive: recibiendo.

En el contexto de la redes de microsensores inalámbricas, que se han caracterizado por un muy bajo ciclo de trabajo en transmisión, se ha demostrado que la energía transitoria cuando se conmuta de un modo a otro tiene un significativo impacto en el total del consumo de potencia. Por lo tanto, es importante precisar el tiempo de transición y la energía entre los estados del transceptor.



Probabilidad de error de bit

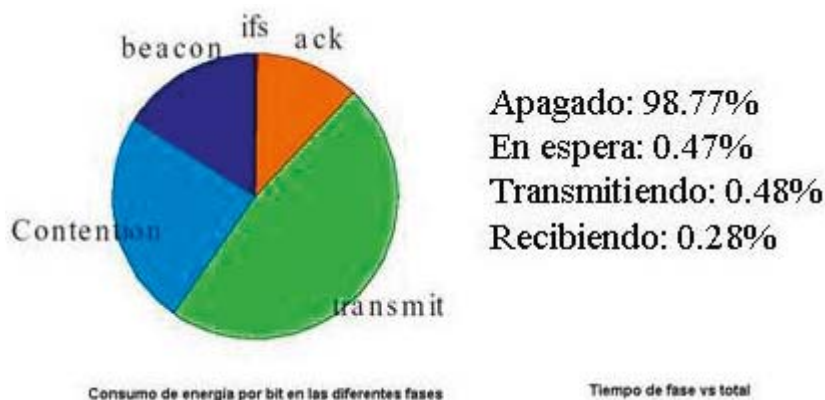
$$Pr_{bit} = 2.35 \cdot 10^{-30} \cdot e^{-0.659 \cdot P_{Rx}}$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} - A$$

### CONSUMO DE POTENCIA

La potencia consumida es cercana a la referencia de 100µW, pero algo mayor no obstante. Para menores consumos de energía en diseños futuros, es interesante saber la energía consumida por nodo. En transmisión efectiva se usa menos del 50% del total de la energía, 25% de la energía se utiliza durante la contención. Debido al efecto multiplicativo del mecanismo CSMA/CA en la energía de encendido de transmisor (start-up), el mecanismo de reconocimiento utiliza el 15% de la energía, principalmente por la necesidad de activar el receptor durante el tiempo de espera de reconocimiento. El 20% de la energía se emplea en la escucha de balizas.

Figura10: Consumo energético.



Basándose en el reparto de energía en el transmisor, se pueden considerar varias cosas para mejorar la eficiencia global de energía de las redes de sensores. Métodos específicos incluyen reducir el tiempo de transición entre estados y diseñar un receptor escalable. Reduciendo el tiempo de transición entre estados por un factor dos descendería la potencia total media en un 12%. Además, el uso de un receptor escalable que ofrezca un modo de potencia para detectar el canal y esperar las tramas de reconocimiento reduciría la potencia total en un 15% adicional.

## 2.6. Aplicación

### INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE SENSORES

Las redes de sensores nacen, como viene siendo habitual en el ámbito tecnológico, de aplicaciones de carácter militar, primero el proyecto SOSUS y más tarde con proyectos como AWACS, que en esencia no son más que redes de sensores encargadas de recoger información.

Estas redes están formadas por un grupo de sensores con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación, los cuales permiten formar redes inalámbricas Ad-Hoc (a medida) sin infraestructura física preestablecida ni administración central. Esta clase de redes se caracterizan por su facilidad de despliegue y por ser autoconfigurables, pudiendo convertirse en todo momento en emisor, receptor, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa, así como registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo. Otra de sus características es su gestión eficiente de la energía, que con ello conseguimos una alta tasa de autonomía que las hacen plenamente operativas.

Cada nodo, como ente individual de una red de sensores, no deja de ser un pequeño procesador, una memoria de programa y una memoria para almacenar variables, pero al que también agregamos unos pequeños periféricos I/O (entrada/salida) tales como un transceptor radio y un pequeño conversor A/D (Analogico/Digital) que sirve para adquisición de los datos de los sensores locales.

### CARACTERÍSTICAS DE UNA RED

Las redes de sensores tienen una serie de características propias y otras adaptadas de las redes Ad-Hoc:

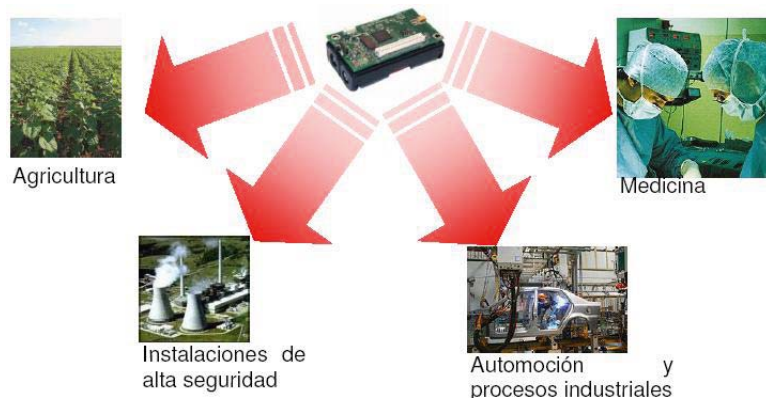
- Topología Dinámica: En una red de sensores, la topología siempre es cambiante y éstos tienen que adaptarse para poder comunicar nuevos datos adquiridos.
- Variabilidad del canal: El canal radio es un canal muy variable en el que existen una serie de fenómenos como pueden ser la atenuación, desvanecimientos rápidos, desvanecimientos lentos e interferencias que puede producir errores en los datos.
- No se utiliza infraestructura de red: Una red sensora no tiene necesidad alguna de infraestructura para poder operar, ya que sus nodos pueden actuar de emisores, receptores o routers de información. Sin embargo, hay que destacar en el concepto de red sensora la figura del nodo recolector (también denominados sink node), que es el nodo que recolecta la información y por el cual se recoge la información generada normalmente en tiempo discreto. Esta información generalmente es adquirida por un ordenador conectado a este nodo y es sobre el ordenador que recae la posibilidad de transmitir los datos por tecnologías inalámbricas o cableadas según sea el caso.
- Tolerancia a errores: Un dispositivo sensor dentro de una red sensora tiene que ser capaz de seguir funcionando a pesar de tener errores en el sistema propio.
- Comunicaciones multisalto o difusión: En aplicaciones sensoras siempre es característico el uso de algún protocolo que permita comunicaciones multi-hop, léase AODV, DSDV, EWMA u otras, aunque también es muy común utilizar mensajería basada en difusión.
- Consumo energético: Es uno de los factores más sensibles debido a que tienen que conjugar autonomía con capacidad de proceso, ya que actualmente

cuentan con una unidad de energía limitada. Un nodo sensor tiene que contar con un procesador de consumo ultra bajo así como de un transceptor radio con la misma característica. A esto hay que agregar un software que también conjuge esta característica haciendo el consumo aún más restrictivo.

- Limitaciones hardware: Para poder conseguir un consumo ajustado, se hace indispensable que el hardware sea lo más sencillo posible, así como su transceptor radio. Esto nos deja una capacidad de proceso limitada.
- Costes de producción: Dado que la naturaleza de una red de sensores tiene que ser en número muy elevada, para poder obtener datos con fiabilidad, los nodos sensores una vez definida su aplicación, son económicos de hacer, si son fabricados en grandes cantidades

## APLICACIONES

Dentro del campo de las redes móviles Ad-Hoc, las redes de sensores son las que parecen tener un futuro más prometedor.



Aplicaciones posibles de una red de sensores.

- Entornos de alta seguridad: Existen lugares que requieren altos niveles de seguridad para evitar ataques terroristas, tales como centrales nucleares, aeropuertos, edificios del gobierno de paso restringido. Aquí gracias a una red de sensores se pueden detectar situaciones que con una simple cámara sería imposible.
- Agricultura
- Sensores industriales: Dentro de fábricas existen complejos sistemas de control de calidad, el tamaño de estos sensores les permite estar allí donde se requiera.
- Automoción: Las redes de sensores son el complemento ideal a las cámaras de tráfico, ya que pueden informar de la situación del tráfico en ángulos muertos que no cubren las cámaras y también pueden informar a conductores de la situación, en caso de atasco o accidente, con lo que estos tienen capacidad de reacción para tomar rutas alternativas.
- Medicina: Es otro campo bastante prometedor. Con la reducción de tamaño que están sufriendo los nodos sensores, la calidad de vida de pacientes que tengan que tener controlada sus constantes vitales (pulsaciones, presión, nivel de azúcar en sangre, etc), podrá mejorar substancialmente. Abre puertas a nuevos campos asistenciales y preventivos sustentando tecnologías como Ambient Assisted Living.



- Domótica: Su tamaño, economía y velocidad de despliegue, lo hacen una tecnología ideal para “domotizar” el hogar a un precio asequible.

## 2.7. Aporte a Ambient Assisted Living (AAL)

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se han convertido en una herramienta esencial para promover la vida independiente y mejorar la calidad de vida de las personas mayores, las cuales suelen experimentar una progresiva pérdida de funciones como consecuencia de su edad o de enfermedades crónicas, que les dificulta el desarrollo de las tareas diarias, obligándolas a depender de terceras personas.

AAL se ha convertido en una solución tecnológica de enorme valor para mejorar la autonomía y calidad de vida de las personas en general, y de las personas con algún tipo de dependencia en particular, como pueden ser las personas mayores o las personas con discapacidad, en la medida en que permite el control del entorno y favorece el desarrollo de las actividades que se realizan a diario en el hogar de una forma segura y eficaz.

Esta disciplina constituye un instrumento fundamental para la mejora del bienestar y la plena participación social de las personas mayores. La habilitación de entornos domóticos en los lugares de residencia de las personas mayores redundará en una potenciación de su autonomía, mejorando su calidad de vida.

Por tanto las tecnologías pueden utilizarse:

- En el domicilio de la persona mayor, con el fin fomentar su autonomía y minimizar su dependencia.
- En los centros residenciales, principalmente para facilitar las tareas a los cuidadores.

Los sensores o detectores son los elementos encargados de capturar la información procedente del entorno. Para ello monitorizan determinadas magnitudes (por ejemplo, la temperatura), o comprueban el cumplimiento de ciertas condiciones (por ejemplo, la apertura de una puerta), y transforman los datos recogidos en información electrónica, susceptible de ser transmitida a un controlador. Las redes inalámbricas son un componente básico en la concepción de entornos inteligentes.

Son pues las redes de sensores, las que nos proporcionarán esa información base que nos indicará las condiciones del entorno y detectarán las circunstancias de cómo éstos se deben adaptar al individuo en concreto.

Cabe distinguir dos tipos de redes de sensores, las redes PAN/LAN (redes personales o pequeñas redes locales) y BAN (Body Area Network) (redes de área corporal). En ambos casos el uso de una tecnología inalámbrica, fiable, segura, con dispositivos de pequeño tamaño y poco consumo suponen un claro avance.

Aparece pues ZigBee como una de las tecnologías fundamentales a incorporar en los nuevos entornos inteligentes, que permite funcionamiento continuo / periódico o trabajar por eventos, facilitando claras ventajas que son deseables para el trabajo con sensores y su implementación para AAL:

- Asequibles económicamente. No es una solución destinada a resolver las necesidades de los más ricos, sino que debe estar al alcance de cualquier persona. En este sentido, surge la necesidad de encontrar un modelo de

negocio capaz de resolver las necesidades de todas las partes interesadas, y de determinar los costes y beneficios derivados de su implantación.

- Fáciles de instalar, mantener y utilizar. Redes tipo ad-hoc, autoconfigurables y que puedan ser fácilmente expandidas.
- Flexibles y modulares, de modo que se simplifiquen las futuras ampliaciones o reducciones de los servicios.
- Fácilmente adaptables al entorno del mayor, de modo que no representen un elemento extraño, sino que estén integrados en el domicilio como una parte.
- Robustas y fiables. Si el usuario no confía en su buen funcionamiento, no lo utilizará. La solución implantada debe inspirar confianza y seguridad a la persona mayor.
- Mínimamente invasivas en la intimidad. Se trata de ayudar a la persona, no de vigilarla.

### 3. WIMAX

WiMAX son las siglas de 'Worldwide Interoperability for Microwave Access', y es la marca que certifica que un producto está conforme con los estándares de acceso inalámbrico 'IEEE 802.16', destinado a redes inalámbricas de área metropolitana. Estos estándares permitirán conexiones de velocidades similares al ADSL o al cabledem, sin cables. Este nuevo estándar será compatible con otros anteriores, como el de Wi-Fi (IEEE 802.11).

WiMAX es un sistema basado en el estándar IEEE 802.16 que permite la conexión inalámbrica de banda ancha teniendo una amplia área de cobertura. Existen dos variantes prácticas de este estándar; la IEEE 802.16d (IEEE 802.16-2004) y la IEEE 802.16e (estándar aprobado en diciembre del 2005). La primera es definida para sistemas inalámbricos fijos (Por ejemplo, WiMAX se constituye como alternativa a ser el Backbone para Redes de Distribución WiFi) y la segunda para acceso a móviles

Puede proveer accesos inalámbricos de banda ancha (BWA) por encima de 50 Km. para estaciones fijas, y de 5 a 15 Km. para estaciones móviles. Por otra parte, el estándar de red inalámbrica de área local WiFi/802.11 está limitado en muchos casos a solamente 30 a 100 metros.

El impacto de esta nueva tecnología inalámbrica puede ser extraordinario ya que contiene una serie de elementos que van a favorecer su expansión: relativo bajo coste de implantación; gran alcance, de hasta 50 Km; velocidades de transmisión que pueden alcanzar los 75 Mbps; no necesita visión directa; disponible con criterios para voz como para video; y tecnología IP extremo a extremo. Además, dependiendo del ancho de banda del canal utilizado, una estación base puede soportar miles de usuarios, netamente superior al WLAN.

La tecnología WiMAX será la base de las Redes Metropolitanas de acceso a Internet, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas. Además, su popularización supondrá el despegue definitivo de otras tecnologías, como VoIP (llamadas de voz sobre el protocolo IP).

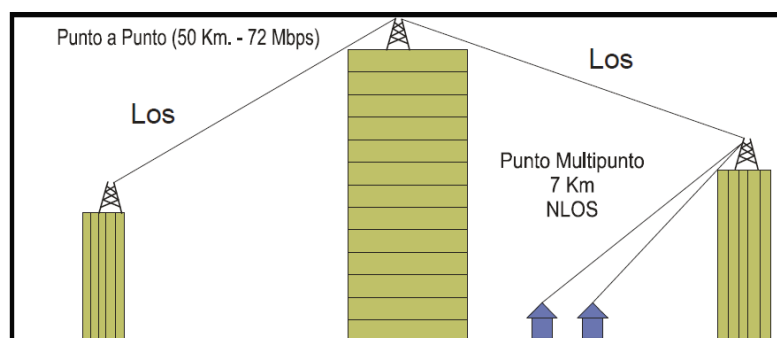
WiMAX está pensado principalmente como tecnología de “última milla” y se puede usar para enlaces de acceso, MAN o incluso WAN. Destaca WiMAX por su capacidad como tecnología portadora, sobre la que se puede transportar IP, TDM, T1/E1, ATM, Frame Relay y voz, lo que la hace perfectamente adecuada para entornos de grandes redes corporativas de voz y datos así como para operadores de telecomunicaciones.

WiMAX soporta fácilmente tasas de datos similares a WiFi, pero la influencia de las interferencias disminuye. WiMAX opera en frecuencias tanto licenciadas como no licenciadas, proveyendo un ambiente regulado y un modelo económico viable para los proveedores de servicio inalámbricos. Puede utilizarse para networking inalámbrico casi como el protocolo WiFi más común.

WiMAX aparentemente es un concepto parecido a WiFi, pero es diferente en su concepción y operación, ya que no solo se consiguen mayores alcances y ancho de banda. WiFi fue diseñado para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con la posibilidad de cobertura sin línea de vista (NLOS) de muy pocos metros. Por el contrario WiMAX fue diseñado como un medio de última milla en redes metropolitanas (MAN), de acceso a los usuarios.

WiMAX ofrece enlaces como “backhaul” (punto a punto) de hasta 50 Km con una capacidad de 72 Mbps como enlace punto a punto con línea de vista (LOS) y ofrece rangos de no línea de vista (NLOS) de hasta 7 Km para una distribución punto multipunto.

Figura 11: Esquema de Propagación con LOS y NLOS.



El estándar IEEE 802.16 define las características técnicas del protocolo de comunicaciones. Con este, es posible la “última milla” en accesos wireless en áreas remotas, difíciles y costosas de alcanzar con cable o fibra. También podría servir como backhaul WiFi permitiendo una rápida y fácil conexión de hot spots WiFi a Internet cuando no sea conveniente acceder con cable.

Actualmente WiMAX está siendo desarrollado y promovido por el grupo de la industria WiMAX Fórum, que es una organización conformada por alrededor de 250 industrias entre las que se encuentran fabricantes de chips, equipos de comunicaciones y prestadores de servicios. Su función es de vigilar la interoperatividad entre distintos equipos que utilizan esta tecnología.

Asimismo, este estándar fue desarrollado para conexiones punto a punto o punto multipunto típicas en radio enlace de microondas (IEEE 802.16d), y en un futuro ofrecerán una total movilidad (IEEE 802.16e) con lo cual podría competir con las redes celulares, dentro del concepto punto a punto y punto multipunto. En la

actualidad, varios operadores europeos y americanos están probando esta tecnología, utilizando para ello receptores fijos. Las previsiones son que para este año exista un catálogo de productos similares a los que ha ofrecido industria para la tecnología Wi-Fi y 3G, que permita accesos desde dispositivos móviles, portátiles, teléfonos, PDAs, etc.

### 3.1. Cómo funciona WiMAX

WiMax funcionaría similar a WiFi pero a velocidades más altas, mayores distancias y para un mayor número de usuarios. WiMax podría solventar la carencia de acceso de banda ancha a las áreas suburbanas y rurales que las compañías del teléfono y cable todavía no ofrecen.

Un sistema de WiMax tiene dos partes:

- Por un lado están las torres WiMax, que dan cobertura de hasta 8.000 kilómetros cuadrados según el tipo de señal transmitida.
- Por otro están los receptores, es decir, las tarjetas que conectamos a nuestro PC, portátil, PDA y demás para tener acceso

Podemos encontrar dos tipos de formas de ofrecer señal:

- Cuando hay objetos que se interpongan entre la antena y el receptor. En este caso se opera con bajas frecuencias (entre los 2 y los 11 Ghz) para así no sufrir interferencias por la presencia de objetos. Naturalmente esto hace que el ancho de banda disponible sea menor. Las antenas que ofrezcan este servicio tendrán una cobertura de 65 Km. cuadrados (más o menos como las de los teléfonos móviles).
- Cuando no hay nada que se interponga y hay contacto visual directo. En este caso se opera a muy altas frecuencias, del orden de 66 Ghz, disponiendo de un gran ancho de banda. Además, las antenas que ofrezcan este servicio tendrán una cobertura de hasta 9.300 Km. cuadrados.

### 3.2. Generalidades de 802.16

En Enero de 2003, el IEEE aprobó el estándar 802.16a, el cual cubre bandas de frecuencias entre 2 GHz y 11 GHz. Este estándar es una extensión del estándar IEEE 802.16 para 10-66 GHz publicado en Abril de 2002.

Este subrango de frecuencias en 11 GHz permite el desarrollo de enlaces sin 'línea de vista' (NLOS), haciendo del IEEE802.16a la tecnología apropiada para aplicaciones de última milla donde los obstáculos como árboles y edificios están siempre presentes y en donde las estaciones bases se puedan situar en los techos de viviendas o edificios en vez de en torres o montañas.

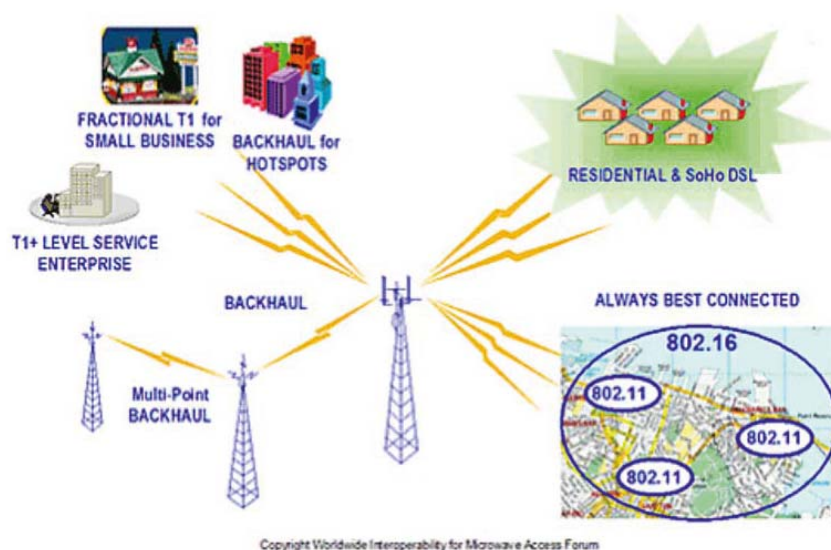
La configuración más común 802.16a consiste en una estación base situada en un edificio o torre que comunica en configuración punto-multipunto a abonados ubicados en oficinas u hogares. El 802.16a posee un rango de hasta 48 Km. con celdas típicas de 6.5 a 9.5 Km. Dentro del radio de celda típico, el funcionamiento sin línea de vista y rendimiento son óptimos. Además, el 802.16a provee una tecnología inalámbrica ideal para conectar WLAN's 802.11 y hotspots comerciales con Internet.

Con datos compartidos de hasta 75 Mbps, un 'sector' simple de una estación base 802.16a –donde un sector es definido como un par simple de radios transmisor/receptor en la estación base– provee suficiente ancho de banda para soportar simultáneamente

60 puntos de negocio con conectividad nivel T1 y cientos de hogares con conectividad nivel DSL, usando canales de 20 MHz de ancho de banda. Para soportar un modelo de negocio rentable, los operadores y proveedores de servicio necesitan sostener una mezcla de abonados de alto nivel de ingresos y un alto volumen de abonados residenciales. El 802.16a ayuda a satisfacer este requerimiento mediante el soporte de niveles de servicio diferenciados, los cuales pueden incluir servicios de nivel T1 garantizados para negocios, o servicios DSL 'best effort' para usuarios residenciales.

La especificación 802.16 también incluye funciones de seguridad robustas y la Calidad de Servicio (QoS) necesaria para soportar servicios que requieren bajo retardo como video y voz. El servicio de voz 802.16 puede ser el tradicional TDM o voz sobre IP (VoIP).

Figura12: Estándares 802.16 y 802.16a utilizados para accesos inalámbricos de banda ancha y 802.11 backhaul



### 3.2.1. Utilización del espectro radioeléctrico

Si bien es cierto que existe el WiMAX Forum, como la entidad que se encarga de garantizar la interoperabilidad entre los equipos WiMAX, esto no implica que sea aceptada a nivel mundial. Un ejemplo de esto es que las bandas de frecuencia de radio varían según la región donde se encuentre. Es donde entran las autoridades de cada gobierno a jugar el rol de determinar el uso del espectro. Depende también de estas autoridades el que parte del espectro armonice a nivel mundial.

Existen bandas de frecuencia que pueden ser licenciadas o no licenciadas. Una empresa puede utilizar tanto un espectro licenciado o no licenciado, la diferencia entre uno y otro es que el espectro no licenciado es gratis, lo cual reduce el costo de usuario que utiliza un servicio, sin embargo no está libre de posibles interferencias entre empresas operadoras.

En el caso específico del estándar IEEE 802.16d, los enlaces se realizan en la última milla, es decir el sistema es una de naturaleza PtMP (Punto MultiPunto), y utilizan una arquitectura NLOS (no línea de vista) para la propagación de la información en una señal RF.

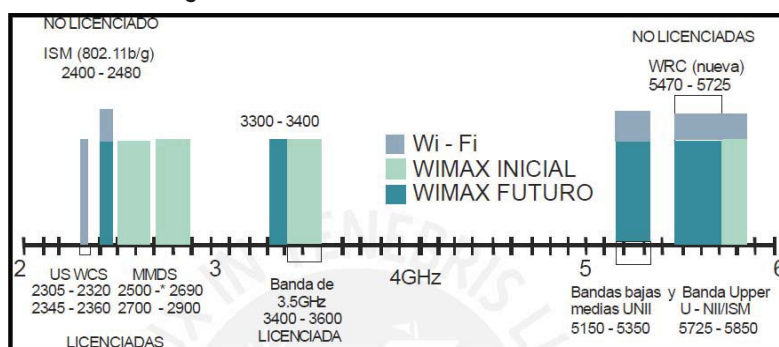
## DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

— Distribución de frecuencias en el rango de 2 a 6GHz

- **3.5GHz.**—Esta banda es un espectro licenciado que está disponible en muchos países de Europa y Asia. Esta banda tiene un ancho de 300MHz para el rango de 3.3 a 3.6GHz, ofrece gran flexibilidad para un gran portador para los servicios de la WAN.
- **Bandas de 5GHz U-NII & WRC.**— La U-NII (Unlicensed Nacional Information Infrastructure), tiene las tres mayores bandas de frecuencia: Bandas U-NII bajas y medias (5150 – 5350 MHz), WRC (World Radio Conference) (5470–5725 MHz) y la banda superior U-NII/ISM (5725 –5850 MHz). WiFi opera en el rango de bajas y medias frecuencias.
- **WCS (Wireless Communication Service).**— Presenta dos bandas angostas gemelas de 15MHz que van de 2305 a 2320 y 2345 a 2360MHz. El espacio entre estas bandas fue atribuido para la DARS (Digital Audio Radio Service), lo que puede ser una fuente de posibles interferencias causadas por los repetidores terrestres. El uso de estas bandas requiere una excepcional eficiencia en el uso del espectro, como son ofrecidas por OFDM.
- **2.4GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical).**— La banda de 2.4GHz ISM es no licenciada y ofrece aproximadamente un ancho de banda de 80MHz. Esta banda es usada para WLAN.
- **MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service).**— Este espectro incluye 31 canales separados 6MHz entre el rango de 2500 y 2690MHz e incluye al ITFS (Instructional Televisión Fixed Service). Se espera que esta banda tenga un significado comercial importante en los próximos años.

WiMAX Fórum se está enfocando en MMDS, la banda licenciada de 3.5GHz, y la banda no licenciada mayor de U-NII 5GHz., por presentar menor interferencia, razonables niveles de potencia y un adecuado ancho de banda. Esto podría ayudar a que WiMAX tenga una alta tasa de crecimiento a nivel mundial, por presentar un gran potencial comercial y relativamente un bajo costo. En la siguiente figura se muestra la utilización de bandas en WiMAX.

Figura 13: Utilización de bandas en WiMAX.



### 3.2.2. Estándar IEEE 802.16

#### CARACTERÍSTICAS

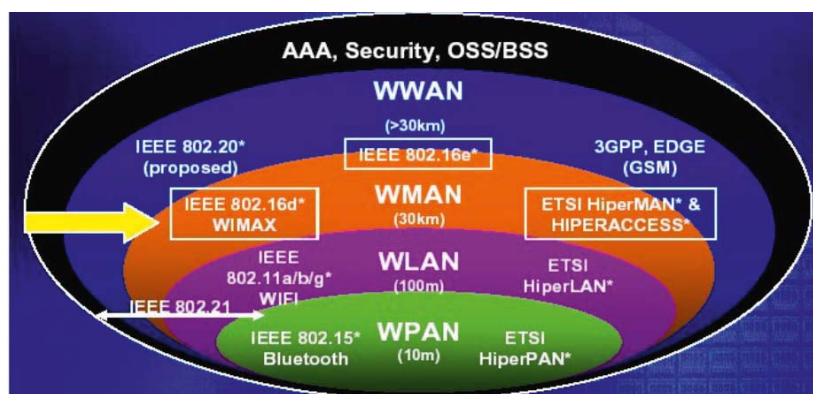
- Bandas con y sin licencia.
- Ancho de banda mínimo por canal 1.75 MHz. Optimo 10 MHz.

- Las bandas sin licencias de 2.4 y 5 GHz deben usarse con precaución. Posibilidad de gran interferencia.
- Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz.
- Utiliza modulaciones OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) con 256 y 2048 portadoras respectivamente, que permiten altas velocidades de transferencia incluso en condiciones poco favorables. Esta técnica de modulación es la que también se emplea para la TV digital, sobre cable o satélite, así como para Wi-Fi (802.11a) por lo que está suficientemente probada.
- Incorpora soporte para tecnologías “smart antenas” que mejoran la eficiencia y la cobertura. Estas antenas son propias de las redes celulares de 3G, mejorando la red espectral, llegando así a conseguir el doble que 802.11.
- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.
- Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas, siendo independiente de protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios simultáneamente ofreciendo Calidad de Servicio (QoS) en 802.16e, por lo cual resulta adecuado para voz sobre IP (VoIP), datos y vídeo.
- También, se contempla la posibilidad de formar redes malladas (mesh networks) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entre sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.
- En la seguridad tiene medidas de autenticación de usuarios y la encriptación de datos mediante los algoritmos triple DES y RSA.
- Algunos países aún no han asignado las bandas para WiMAX.
- Duplexing: FDD es más adecuado para tráfico de empresas, TDD más adecuado para tráfico asimétrico.
- WMAN – no es una WLAN, comparada con WLAN: multimedia QoS, más usuarios, mayor tasa de bits y mayor alcance
- WMAN – no es una WWAN, comparada con WWAN: altas tasas de bits, movilidad limitada, menos alcance

Tabla 2: Características principales de los estándares 802.16, 802.16a y 802.16e

	802.16	802.16a	802.16e
<b>Espectro</b>	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
<b>Funcionamiento</b>	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
<b>Tasa de bit</b>	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
<b>Modulación</b>	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	Igual que 802.16a
<b>Movilidad</b>	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
<b>Anchos de banda</b>	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
<b>Radio de celda típico</b>	2 - 5 km aprox.	5 - 10 km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 - 5 km aprox.

Figura 14. Esquema de estándares 802.16



La primera versión del estándar fue completada en el 2001. Esta versión de WiMAX considera un rango de espectro mayor a 10 GHz (especialmente de 10 a 66 GHz). Para este estándar la línea de vista era necesaria, y el multidireccionamiento utilizaba técnicas de multiplexación ortogonal por división de frecuencia (OFDM). Así se soportan canales con un ancho de banda mayor a 10 MHz.

Este primer estándar consideró la prestación del servicio con las autorizaciones correspondientes (licencias), aunque se utilice un espectro libre de licencia. Además este primer estándar fue diseñado para conexiones punto a punto.

#### — 802.16a

La actualización de 802.16a, completada en enero del 2003, consideró el rango del espectro de frecuencias de 2 a 11GHz. Utiliza rangos de frecuencia tanto licenciados como no licenciados, además incorpora la capacidad de no línea de vista (NLOS) y características de calidad de servicio (QoS). Esta versión da mayores capacidades a la capa de control de acceso al medio o MAC (Medium Access Control).

Además se incorporó un soporte para FDD y TDD – proveyendo para ambas transmisión de datos duplex y half duplex en el caso donde FDD es usado. Son



soportados protocolos como Ethernet, ATM e IP. Este estándar es para conexiones fijas de última milla punto a punto y punto multipunto.

— 802.16c

Este estándar se ocupó sobre todo del rango de 10 a 66 GHz. Sin embargo, también desarrolla otros aspectos como la evolución del funcionamiento y la prueba y ensayo de los posibles perfiles del sistema. Esto último es un elemento crucial en el juego de herramientas de WiMAX, porque pasa a constituir un gran acuerdo de opciones disponibles con 802.16 en general. La metodología de perfiles del sistema evoluciona para definir qué características podrían ser obligatorias y qué características opcionales. El intento era definir a los fabricantes los elementos obligatorios que se deben considerar para asegurar la interoperabilidad. Los elementos opcionales tales como diversos niveles de los protocolos de la seguridad incorporados permiten que los fabricantes distingan sus productos por precio, funcionalidad y el sector de mercado.

— 802.16-2004(d)

Las principales características de los protocolos para WiMAX fijos, mencionados en los puntos anteriores, se han incorporado en 802.16-2004. Por lo que éste es el reemplazo del estándar IEEE 802.16a. Este estándar final soporta numerosos elementos obligatorios y opcionales. Teóricamente podría transmitir hasta para un rango de datos de 70Mbps en condiciones ideales, aunque el rendimiento real podría ser superior a 40Mbps.

Debe tenerse presente que para este estándar se tiene tres tipos de modulación para la capa PHY: modulación con una sola portadora, modulación con OFDM de 256 portadoras y de 2048 portadoras, pero el elegido es OFDM de 256 portadoras, debido a que en el proceso de cálculo para la sincronización se tiene menor complejidad respecto a la utilización del esquema de 2048 portadoras.

— 802.16e

IEEE 802.16e conserva las técnicas actualizadas en el “Fixed WiMAX”, a las cuales se agrega un soporte robusto para una banda ancha móvil. Mientras no esté completamente fija, la tecnología está basada sobre la tecnología de OFDM. Esta técnica OFDM soporta 2K, 1K, 512 y 128 portadoras. Ambos estándares soportan el esquema de 256-portadoras elegido para IEEE 802.16-2004.

El sistema de OFDM permite que las señales sean divididas en muchos subcanales de baja velocidad para aumentar la resistencia a la interferencia multidireccional. Por ejemplo, un canal de 20MHz es subdividido en 1000 canales, cada usuario individual podría permitirle un número dinámico de los subcanales basados en su distancia y necesidades de la celda (4, 64, 298, 312, 346, 610 y 944). Si está cercano, se podría utilizar una modulación tal como la modulación de la amplitud en cuadratura de 64 niveles (64-QAM).

### **3.2.3. Servicios y prestaciones de WiMAX**

a) Servicios

- Acceso a Internet de Alta Velocidad.
- Voz (VoIP).
- Transmisión de datos (VPN IP, Línea Dedicada).
- Conectividad a Internet para redes WiFi / GSM / GPRS / UMTS.

b) Prestaciones:

- Soporta diferentes niveles de servicio para usuarios particulares y empresas.
- Posibilidad de aumentar el ancho de banda o las prestaciones en función de las necesidades de los usuarios.
- Precio de servicios similares a ADSL/Cable pero con prestaciones superiores: simétrica o asimétrica, mayor ancho de banda, calidades de servicios con velocidades garantizadas, control remoto para la resolución de incidencias.
- Gran ancho de banda: hasta 70 Mbps por usuario y hasta 420 Mbps por estación base.
- Rápido despliegue (hasta 50 Km de cobertura).
- Fácil instalación (se puede ejecutar en un plazo de dos horas).
- La prestación de servicios WiMAX en frecuencias de uso exclusivo permite garantizar calidades de servicio (carrier class).
- Alta eficiencia en el uso del espectro y estabilidad.
- Permite la transmisión simultánea de voz, video y datos.

### 3.3. Análisis comparativo WiFi/WiMAX/3G

— WiFi vs. WiMAX

La diferencia fundamental entre WiMAX y Wi-Fi radica en que están diseñados para aplicaciones totalmente diferentes:

- Wi-Fi es una tecnología de red local diseñada para agregar movilidad a redes LAN cableadas privadas. Soporta rangos de transmisión de hasta unos pocos cientos de metros
- WiMAX fue diseñada para entregar servicio de acceso de banda ancha (BWA) al Área Metropolitana. La idea detrás del BWA es de proveer servicios de acceso de Internet inalámbrico a localidades físicas para competir con los servicios de cable MODEM y xDSL. Los sistemas WiMAX pueden soportar usuarios a rangos de hasta 48 kilómetros.

Además de la diferencia obvia en el rango de transmisión hay un número de mejoras en la tecnología de enlace de radio que distinguen al WiMAX del Wi-Fi.

El estándar de LAN inalámbrica IEEE 802.11 describe cuatro interfaces de enlace de radio que operan en la banda de radio no licenciada de 2.4GHz o 5GHz; las cuatro resumidas en la [Tabla 2](#). Los estándares WiMAX incluyen un rango mucho mayor de implementaciones potenciales para satisfacer los requerimientos de proveedores de servicio alrededor del mundo.

- Versión original del estándar 802.16: direcciona sistemas operativos en la banda de frecuencias entre 10-66 GHz. Estos sistemas de alta frecuencia requieren línea de vista (LOS) a la estación base lo cual incrementa el costo y los límites de las estaciones de clientes. Además en los sistemas con línea de vista las antenas de usuario deben ser alineadas cuando una nueva celda es agregada a la red.
- Versión del estándar 802.16: describe sistemas que operan en la banda de frecuencia que va de 2 GHz a 11 GHz. Esta banda de frecuencia inferior soporta enlaces sin línea de vista (NLOS), eliminando la necesidad de alinear la unidad de cliente con la BS.

**Tabla 3: Interfases de Radio WLAN IEEE 802.11**

ESTANDAR	VELOCIDAD DE DATOS MAXIMA	VELOCIDADES DE RETORNO	CANALES PROVISTOS	BANDA DE FRECUENCIAS	TECNOLOGIA DE RADIO
802.11	2 Mbps	1 Mbps	3	2.4 GHz	FHSS o DSSS
802.11b	11Mbps	5.5 Mbps 2 Mbps 1 Mbps	3	2.4 GHz	DSSS
802.11a	54 Mbps	48 Mbps 36 Mbps 24 Mbps 18 Mbps 12 Mbps 9 Mbps 6 Mbps	12	5GHz	OFDM
802.11g	54 Mbps	Igual que 802.11a	3	2.4 GHz	OFDM

**Tabla 4: Resumen de Enlaces de Radio 802.16**

	802.16	802.16a	802.16e
ESPECTRO	10 – 66 GHz	2 – 11 GHz	< 6 GHz
CONFIGURACION	LOS	NLOS	NLOS
VELOCIDAD DE DATOS	34 a 134 Mbps (Canal de 28 Mhz)	≤ 70 o 100 Mbps (Canal de 20 Mhz)	Hasta 15 Mbps
MODULACION	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	256 Subportadoras OFDM usando QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	Igual que 802.16a
MOVILIDAD	Fijo	Fijo	≤ 113 Km/h
ANCHO BANDA CANAL	20, 25, 28 Mhz	Seleccionable 1.25 a 20 Mhz	5 MHz (Planificado)
RADIO CELDA TIPICO	1.6 a 4.8 Km	4.8 a 8 Km	1.6 a 4.8 Km

**Tabla 5: Comparativa de diferentes tecnologías wireless**

	MBOA-UWB 802.15.3a	WiFi 802.11a	WiFi 802.11b	WiFi 802.11g	WIMAX 802.16d
Peak data rate	640 Mbps	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	75 Mbps
Frequency band	3.1-10.6 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2-6.6 GHz
Channel BW	528 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	1.5-20 MHz
Range	3 m	50 m	100 m	100 m	50 Km
Spectral efficiency	1.21 bps/ Hz	2.7 bps/ Hz	0.6 bps/ Hz	2.7 bps/ Hz	5 bps/ Hz
Modulation	OFDM	OFDM	DSSS	OFDM	OFDM
QoS	Yes	No	No	No	Yes
Applications	Roomnet, PAN	LAN	LAN	LAN	MAN/ WAN
Sub carriers	128	64	-	64	256

**Tabla 6: Comparativa entre WiMAX y Wi-Fi**

	WiMax 802.16a	Wi-Fi 802.11b	Wi-Fi 802.11a/g
Aplicación Primaria	Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	LAN Inalámbrico	LAN Inalámbrico
Banda de Frecuencia	Licenciada/No Licenciada 2 – 11 GHz	2.4 GHz ISM	2.4 GHz ISM (g) 5 GHz U-NII (a)
Ancho Banda Canal	Ajustable 1.25 M a 20 Mhz	25 Mhz	20 MHz
Half/Full Duplex	Full	Half	Half
Tecnología de Radio	OFDM (256-canales)	DSSS	OFDM (64-canales)
Eficiencia BW	≤ 5 bps/Hz	≤ 0.44 bps/Hz	≤2.7 bps/Hz
Modulación	BPSK, QPSK, 16-, 64-, 256-QAM	QPSK	BPSK, QPSK, 16-, 64 QAM
FEC	Código Convolutacional Reed Solomon	No	Código Convolutacional
Encriptado	Obligatoria- 3DES Opcional- AES	Opcional- RC4 (AES en 802.11i)	Opcional- RC4 (AES en 802.11i)
Protocolo de Acceso	Requerido/Garantizado	CSMA/CA	CSMA/CA
• Mejor Esfuerzo	Si	Si	
• Prioridad Datos	Si	802.11e WME	802.11e WME
• Retardo Consistente	Si	802.11e WSM	802.11e WSM
Movilidad	WiMax Móvil (802.11e)	En Desarrollo	En Desarrollo
Mesh	Si	Propietario Fabricante	Propietario Fabricante

- WiMAX ofrece mayor ancho de banda para grandes distancias que WiFi
- Los precios actuales de WiFi le permiten mantener una posición de dominio en cuanto a los datos inalámbricos
- Cuando los costos de WiMAX, por economías de escala, se reduzcan, WiFi dará paso a WiMAX sobre todo en ambientes exteriores
- En consecuencia WiMAX se transformará en la tecnología dominante para datos inalámbricos de banda ancha
- Un proveedor de servicios puede usar WiMAX en la arquitectura PMP para llegar a un edificio y luego usar WiFi para distribución interna. En esta etapa WiMAX y WiFi serán complementarias.

Mientras que WiFi y WiMAX pueden ser vistas como dos tecnologías complementarias, la relación entre WiMAX y la 3G representa un modelo de negocios ligeramente diferente, aunque igual de provechoso en el largo plazo.

- Eficiencia Espectral: 3G baja eficiencia espectral (1.6bps/Hz para CDMA 2000); WiMAX: 5 bps/Hz
- WiMAX puede realizar funciones de backhaul para redes 3G.
- Aliviaría espectro que puede dedicarse a voz.

### 3.4. Principales características de IEEE 802.16

Las principales características de IEEE 802.16 son las siguientes:

- Tasa de Transferencia.
- Escalabilidad.

- QoS.
- Seguridad.

— Tasa de Transferencia

Por medio de un robusto esquema de modulación, el IEEE 802.16 entrega una alta tasa de transferencia a altos rangos con un alto nivel de eficiencia espectral que es también tolerante a reflexiones de señal. La modulación dinámica adaptativa permite a la estación base negociar la tasa de transferencia por rangos. Por ejemplo, si la estación base no puede establecer un link robusto a un abonado distante usando el esquema de modulación de mayor orden, 64 QAM (Modulación por Amplitud en Cuadratura), el orden de modulación se reduce a 16 QAM o QPSK, la cual reduce la tasa de transferencia e incrementa el rango efectivo.

— Escalabilidad

Para realizar una planificación de celda fácil en el espectro de ambas bandas con licencia y sin licencia - exenta en todo el mundo, el 802.16 soporta canales de ancho de banda flexibles.

Por ejemplo, si un operador tiene asignado 20 MHz de espectro, este operador puede dividirlo en 2 sectores de 10 MHz cada uno, o 4 sectores de 5 MHz cada uno. Focalizando la potencia en sectores de pequeños incrementos, el operador puede incrementar el número de usuarios manteniendo un buen rango y tasa de transferencia. Para escalar aun más la cobertura, el operador puede rehusar el mismo espectro en dos o más sectores creando aislaciones propias entre las antenas de estaciones base.

— Cobertura

Además del soporte de un esquema de modulación robusto y dinámico, el estándar IEEE 802.16 también soporta tecnologías que incrementan la cobertura, incluida la tecnología de malla (mesh) y las técnicas de 'antena inteligente'. Mientras la tecnología de radio mejora y los costos bajan, la habilidad de incrementar la cobertura y la tasa de transferencia usando múltiples antenas para crear 'diversidad en transmisión y/o recepción' aumentará sensiblemente la cobertura en escenarios extremos.

— Calidad de Servicio (QoS)

La capacidad de voz es extremadamente importante, especialmente en mercados internacionales no cubiertos por servicio. Por esta razón el estándar IEEE 802.16a incluye características de calidad de servicio que permiten servicios incluyendo voz y video que requieren una red de baja latencia. Las características de 'garantía' requeridas por el controlador de acceso al medio (MAC) del IEEE 802.16, permiten al operador brindar simultáneamente niveles de servicio Premium garantizados para negocios, tanto como niveles de servicio T1, y servicio de alto volumen 'best effort' a hogares, similares a niveles de servicio de cable, todos dentro de la misma área de servicio perteneciente a una estación base.

— Seguridad

Las características de privacidad y encriptado están incluidas dentro del estándar 802.16 para soportar transmisiones seguras y proveer autenticación y encriptado de datos.

### 3.5. Aplicaciones de IEEE 802.16

El estándar 802.16 ayudará a la industria a proveer soluciones a través de múltiples segmentos de banda ancha.

Las principales aplicaciones se sitúan en áreas de:

- Enlaces Celda-Switch (Backhaul) Celular.
- Ancho de Banda bajo demanda.
- Banda Ancha Residencial.
- Áreas no cubiertas.
- Servicios inalámbricos mejor conectados.

— Enlaces Celda-Switch (Backhaul) Celular

Los proveedores del backbone de Internet en USA deben alquilar líneas de interconexión a terceros con medios que tienden a hacer estas interconexiones (Backhaul) medianamente confiables. El resultado es que solamente el 20 por ciento de las torres celulares son interconectadas de manera inalámbrica en USA.

En Europa, donde es menos común –para intercambios entre proveedores de servicio locales– alquilar sus líneas a terceros competidores, los proveedores de servicios necesitan alternativas eficientes.

En consecuencia la interconexión inalámbrica es usada en el 80% de las torres Europeas de telefonía celular. Con la potencial eliminación del requerimiento de alquiler por el FCC de USA, los proveedores de servicio celular van a buscar interconexión inalámbrica de mejor costo como alternativa. El ancho de banda robusto de la tecnología 802.16a la hace una excelente opción para la interconexión de empresas, tanto como hotspots y aplicaciones punto a punto.

— Ancho de banda bajo demanda

Los accesos inalámbricos de banda ancha de última milla pueden ayudar a acelerar el despliegue de hotspots 802.11 y LANs inalámbricas de hogares/pequeñas empresas, especialmente en aquellas áreas no servidas por cable o DSL o en áreas donde la compañía de teléfonos local puede tardar tiempo para proveer el servicio de banda ancha. La conectividad de Internet es una función crítica para muchos negocios, con la extensión de que estas organizaciones pueden actualmente requerir reubicarse en áreas donde el servicio esté disponible. En los mercados actuales, es sabido que el intercambio entre proveedores de servicio locales lleva varios meses para proveer una línea T1 al cliente, si el servicio no está disponible en el edificio. Los viejos edificios en áreas metropolitanas pueden presentar una maraña de cables que pueden dificultar el despliegue de conexiones de banda ancha a determinados clientes potenciales. La tecnología inalámbrica 802.16a permite proveer servicios con velocidades comparables a las soluciones cableadas en cuestión de días y con una reducción de costo significativa. Esta tecnología también posibilita al proveedor de servicios ofrecer instantáneamente conexiones configurables ‘on demand’ de forma temporal para diferentes eventos. La tecnología inalámbrica hace posible para el proveedor de servicios aumentar o reducir el nivel de servicio, literalmente en segundos bajo requerimiento del cliente. La conectividad ‘bajo demanda’ también beneficia a los negocios, como la construcción de sitios que poseen requerimientos de conectividad esporádicos. Los servicios Premium ‘bajo demanda’ de ultima milla, significan una nueva oportunidad de ganancias para los operadores.

#### — Banda Ancha Residencial

Limitaciones prácticas no permiten a las tecnologías de cable y DSL alcanzar numerosos clientes potenciales de banda ancha. Las conexiones tradicionales DSL pueden alcanzar sólo 5 Km desde la oficina central de conmutación en función de las características de las redes telefónicas).

Las redes de TV por cable también poseen estas limitaciones, careciendo las más antiguas de vía de retorno, por lo cual proveer a estas del servicio de banda ancha puede ser muy costoso. El costo de tender redes de TV por cable es también prohibitivo para la extensión de los servicios de banda ancha cableados en áreas con baja densidad de abonados. La generación actual de sistemas inalámbricos propietarios es relativamente costosa para despliegues en masa porque, sin el estándar, pocas economías de escala son posibles. Este costo de ineficiencia va a cambiar con el lanzamiento de sistemas basados en el estándar 802.16. Además, el rango de soluciones de 802.16a, la ausencia del requerimiento de línea de visión, gran ancho de banda y la inherente flexibilidad y bajo costo ayuda a superar las limitaciones de las tecnologías cableadas e inalámbricas propietarias.

#### — Áreas no cubiertas

La tecnología inalámbrica basada en IEEE 802.16 es también una opción natural para las áreas rurales no cubiertas y suburbios con baja densidad de población. En estas áreas, proveedores locales y gobierno trabajan juntos con los proveedores de servicios inalámbricos de Internet (WISP) para brindar servicio. Estadísticas recientes muestran que hay más de 2500 WISPs (USA) que aprovechan el espectro sin licencia para brindar servicio a más de 6000 mercados en USA (Fuente: ISP-Market 2002). En el mercado internacional, la mayoría de las inversiones están en el espectro con licencia y son operados por proveedores de servicio locales que requieren servicios de voz y datos de alta velocidad.

Esto es debido a que en estas áreas la infraestructura cableada no existe o no ofrece la calidad para soportar voz fiable, dejando sólo el servicio de datos de alta velocidad.

El término 'Lazo Local Inalámbrico' (Wireless Local Loop) es a menudo usado para describir estas aplicaciones, dado que es utilizado como un sustituto para los tradicionales lazos locales de cobre para telefonía fija.

#### — Servicios inalámbricos mejor conectados

Cuando los hotspots IEEE 802.11 proliferan, los usuarios desean naturalmente estar conectados en forma inalámbrica, aunque estén fuera del rango de cobertura del hot spot más cercano. La extensión de IEEE 802.16e a IEEE 802.11a introduce capacidades que permitirán a los usuarios conectarse a los WISP aún cuando estos estén fuera de sus hogares, o vayan a otras localidades que también tienen un WISP.

### **3.6. Tecnologías WiMAX's para ambientes LOS y NLOS**

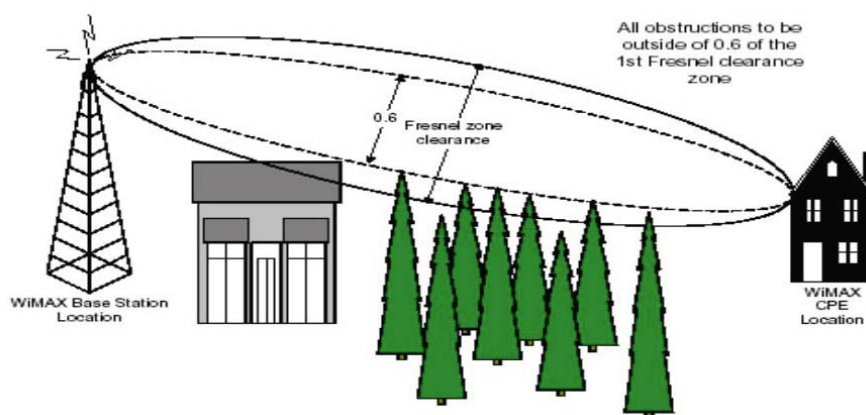
Mientras varias tecnologías disponibles actualmente para enlaces inalámbricos fijos de banda ancha pueden solamente proveer cobertura para línea de vista (LOS), la tecnología WiMAX ha sido optimizada para proveer una excelente cobertura sin línea de vista (NLOS). Esta tecnología permite la mejor cobertura de larga distancia

hasta los 50 KM en condiciones LOS y celdas de radio típicas hasta los 8 Km dentro de condiciones NLOS.

### PROPAGACIÓN NLOS VS. LOS

El canal de radio de un sistema de comunicaciones inalámbrico es descrito a menudo como 'con línea de vista' (LOS) o 'sin línea de vista' (NLOS). En un enlace LOS, la señal viaja a través de un camino directo y sin obstrucciones desde el transmisor hasta el receptor. Un enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel esté libre de obstrucciones (ver figura). Si no se cumple este requerimiento existirá una reducción significativa de la intensidad de señal. La zona de despeje de Fresnel requerida depende de la frecuencia de operación y de la distancia entre transmisor y localidades receptoras.

Figura 15: Esquema de Propagación con LOS y NLOS



En un enlace NLOS, la señal alcanza al receptor por medio de reflexiones, difracciones y dispersiones. Las señales que alcanzan al receptor consisten en componentes del camino directo, caminos reflejados múltiples, energía de dispersión y caminos de propagación por difracción. Estas señales poseen distintos retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativas al camino directo.

El fenómeno de caminos múltiples puede también causar el cambio de la polarización de la señal. De esta manera usar polarización para re-uso de frecuencias, como es realizado normalmente en los sistemas LOS, puede ser problemático para los sistemas NLOS.

La forma en que los sistemas de radio usan estas señales de múltiples caminos como una ventaja, es la llave para proveer servicio en aplicaciones NLOS. Lo que meramente incrementa la potencia para penetrar obstrucciones (a veces llamado 'cercano a la línea de vista') no es una tecnología NLOS puesto que este enfoque todavía cuenta con un camino directo fuerte sin el uso directo de energía presente en señales indirectas.

Ambas condiciones de cobertura, LOS y NLOS son gobernadas por las características de propagación del medio ambiente, la pérdida del camino y el presupuesto del enlace de radio.

Existen importantes ventajas que hacen las aplicaciones NLOS muy deseables. Por ejemplo, proyectos muy estrictos y restricciones de altura de antenas que a menudo no permiten a la misma estar situada para LOS. Para despliegues celulares



contiguos de gran escala, donde la reutilización de frecuencia es crítica, bajar la antena es ventajoso para disminuir la interferencia cocanal entre celdas adyacentes. Esto fuerza a menudo la operación de las radio bases en condiciones NLOS. Los sistemas LOS no puede reducir la altura de antena porque puede impactar en la línea de vista directa del equipo de abonado (CPE) a la estación base.

La tecnología NLOS también reduce los gastos de instalación del equipamiento de abonado (CPE) haciendo la instalación 'bajo del alero' una realidad y facilitando la adecuada ubicación de estos equipos. La tecnología también reduce la necesidad de un sitio de pre-instalación mejorando la precisión de las herramientas de planificación de NLOS.

La tecnología NLOS y las funciones ampliadas en WiMAX hacen posible el uso de equipo de abonado (CPE) en interiores. Esto posee dos desafíos principales; primeramente la superación de las pérdidas de penetración por edificio y posteriormente, la cobertura de distancias razonables con la mínima potencia de transmisión y ganancia de antena que son usualmente asociadas a los equipos de interior de abonado. WiMAX hace esto posible y la cobertura NLOS puede ser además mejorada mediante la influencia de algunas de las capacidades opcionales de WiMAX.

## 5. **MAGERIT (Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información)**

**Palabras clave:** *Magerit, seguridad, activo, vulnerabilidad, riesgo, impacto, amenaza, salvaguarda, métrica, análisis, gestión, disponibilidad, integridad, confidencialidad, autenticidad, evaluación, certificación, auditoría, acreditación, degradación, frecuencia, planificación, PILAR, ACID.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El comité de Seguridad de los Sistemas de Información y Tratamiento Automatizado de Datos Personales (SSITAD) perteneciente al Consejo Superior de Administración Electrónica (CSAE) es el órgano responsable de la elaboración de la Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (en adelante Magerit). El CSAE pretende promover su utilización como respuesta a la intuición de que la Administración Pública y en general toda la sociedad depende cada vez más de las tecnologías de la información.

Magerit se considera como un método formal para investigar los riesgos que soportan los Sistemas de Información y, para recomendar las medidas apropiadas que deberían adoptarse para controlar estos riesgos. También, propone la realización de un análisis de riesgos, señalando los existentes, identificando las amenazas, determinando las vulnerabilidades del sistema, obteniendo unos resultados que permitan seleccionar e implantar las medidas de seguridad adecuadas para conocer, reducir o controlar los riesgos identificados y así mitigar al mínimo su potencialidad.

Actualmente está disponible la segunda versión de la metodología (la primera versión data de 1997).

Magerit se ha venido consolidando como paso necesario para la gestión de la seguridad e intenta reflejar algunos principios de las Directrices de la OCDE para la seguridad de sistemas y redes de información; y además, tomar como referencia los criterios ITSEC, los Criterios Comunes de evaluación de seguridad de los productos y sistemas de información y los Criterios de Seguridad, Normalización y Conservación de las aplicaciones SNC.

*Objetivos.* Magerit persigue los siguientes objetivos:

1. Concienciar a los responsables de los sistemas de información de la existencia de riesgos y de la necesidad de atajarlos a tiempo.
2. Ofrecer un método sistemático para analizar tales riesgos.
3. Ayudar a descubrir y planificar las medidas oportunas para mantener los riesgos bajo control.
4. Apoyar la preparación a la Organización para procesos de evaluación, auditoría, certificación o acreditación, según corresponda en cada caso.

*Organización.* La versión 2 de Magerit se estructura en tres libros:

— Método, con 7 apéndices:

- Glosario.
- Referencias bibliográficas.
- Referencias al marco legal.
- Marco normativo de evaluación y certificación.
- Herramientas para el análisis y gestión de riesgos.
- Evolución de Magerit versión 1.0.
- Caso práctico.

Este libro, define los objetivos nombrados anteriormente, uniformiza los informes, expresa los cambios importantes respecto a la primera versión de Magerit y describe conceptos relacionados con la seguridad.

— Catálogo de Elementos, con 4 apéndices

- Notación XML.
- Fichas.
- Modelo de valor.
- Informes.

En este libro se incluyen tipos de activos, criterios y dimensiones de valoración de activos, catálogo de amenazas y de salvaguardas.

— Guías Técnicas, se trata de una guía de consulta.

En este libro se desarrollan técnicas específicas para el análisis de riesgos, además de técnicas generales.

*Derechos de utilización.* Magerit es de carácter público, no necesita autorización para su uso.

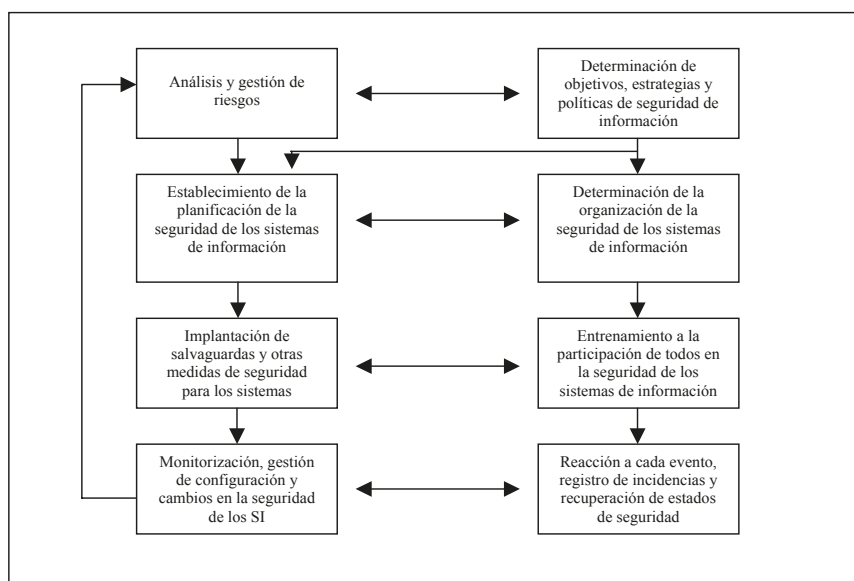
## **2. PLANIFICACIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE RIESGOS. CONCEPTOS**

Esta metodología se resume en tres grandes procesos: planificación, análisis y gestión de riesgos.

El primer proceso se centra en realizar una valoración para determinar si es necesario realizar el estudio basado en Magerit, definir los objetivos que se deben de cumplir y planificar lo necesario para llevarlo a cabo, después de esto comenzaremos con el análisis y gestión de riesgos.

El análisis y gestión de riesgos se define como una actividad continua de gestión de la seguridad. Es un proceso sistemático para estimar la magnitud de los riesgos a que está expuesta una organización.

Figura 1: Ciclo de Fases de Gestión Global de la Seguridad.



Fuente: Centro de Estudios Financieros.

El análisis de riesgos permite determinar cómo es, cuánto vale y cómo de protegidos se encuentran los activos. En coordinación con los objetivos, estrategia y política de la Organización, las actividades de gestión de riesgos permiten elaborar un plan de seguridad que satisfaga los objetivos propuestos con el nivel de riesgo que acepte la Dirección.

La implantación de los controles de seguridad requiere una organización gestionada y la participación informada de todo el personal que trabaja con el sistema de información.

Este esquema de trabajo debe ser repetitivo pues los sistemas de información rara vez son inmutables; más bien se encuentran sometidos a evolución continua tanto propia (nuevos activos) como del entorno (nuevas amenazas), lo que exige una revisión periódica en la que se aprende de la experiencia y se adapta al nuevo contexto.

El análisis de riesgos proporciona un modelo del sistema en términos de *activos*, *amenazas* y *salvaguardas*.

La gestión de riesgos es la estructuración de las acciones de seguridad para satisfacer las necesidades detectadas por el análisis. Se puede interpretar también la selección e implantación de salvaguardas con la finalidad de conocer, prevenir, impedir, reducir o controlar los riesgos identificados.

## CONCEPTOS

**Seguridad:** es la capacidad de los sistemas de información para resistir, con un determinado nivel de confianza, los accidentes o acciones malintencionadas que comprometan la disponibilidad, autenticidad, integridad y confidencialidad de los datos almacenados o transmitidos y de los servicios que dichos sistemas ofrecen.

Dimensiones de la seguridad:

- **Disponibilidad:** disposición de los servicios a ser usados cuando sea necesario. La carencia de disponibilidad supone una interrupción del servicio. La disponibilidad afecta directamente a la productividad de las organizaciones.

- *Integridad*: mantenimiento de las características de completitud y corrección de los datos. Contra la integridad, la información puede aparecer manipulada, corrupta o incompleta. La integridad afecta directamente al correcto desempeño de las funciones de una Organización.
- *Confidencialidad*: la información debe llegar solamente a las personas autorizadas. Contra la confidencialidad pueden darse fugas y filtraciones de información, así como accesos no autorizados.
- *Autenticidad*: se puede asegurar cuál es el origen y el destino de la información. Contra la autenticidad se dan suplantaciones y engaños que buscan realizar un fraude. La autenticidad puede, a su vez, subdividirse en dos tipos: en la autenticidad de los usuarios de un servicio, es decir, si realmente quién accede a la información es quién dice ser y en la autenticidad de origen de los datos, si realmente los datos no son imputables a quién se cree.

En algunos tipos de sistemas también se usan otra dimensión:

- *Trazabilidad*: se puede asegurar que en todo momento se podrá determinar quién hizo algo y en qué momento. La trazabilidad también tiene diferente enfoque en función de que sea la trazabilidad del uso servicio para conocer quién usó dicho servicio o la trazabilidad del acceso a los datos y conocer igualmente quién accedió a dichos datos y qué hizo con ellos.

Magerit contempla *seis* entidades clásicas en análisis y gestión de riesgos, cada una de ellas dotada de ciertos atributos y relacionada con las otras, las cuales son:

- *Activos*: recursos del sistema de información necesaria para que la organización funcione correctamente y alcance sus objetivos.

Los activos se estructuran en 5 capas, de tal forma que las capas superiores dependen de las inferiores:

- Capa 5: Otros (credibilidad, buena imagen, etc.).
- Capa 4: Funciones de la organización (objetivos, misión, bienes y servicios producidos).
- Capa 3: La información (datos y metadatos).
- Capa 2: El Sistema de Información (Hardware, Software, cintas, discos, comunicaciones).
- Capa 1: Entorno (energía, comunicaciones, climatización, edificios, mobiliario, personal)

Un activo se compone de 4 dimensiones de seguridad: autenticación, confidencialidad, integridad y disponibilidad (ACID<sup>7</sup>).

- *Amenazas*: eventos que pueden desencadenar un incidente, produciendo daños sobre los activos.

Es lo que “le puede pasar a los activos causando un perjuicio para la organización”.

Tipos de amenazas:

- Desastres de origen natural.
- Desastres de origen industrial.
- Errores y Fallos no intencionados.
- Ataques intencionados.

- *Valoración de amenazas*: posibilidad de que se materialice una amenaza sobre un activo.

Características:

- Se mide por la probabilidad de ocurrencia y por la frecuencia histórica.
- Una vez determinado que una amenaza puede perjudicar a un activo, hay que estimar cuán vulnerables es el activo, en dos sentidos:
  - Degradación: cuán perjudicado resultaría el activo.
  - Frecuencia: cada cuánto se materializa la amenaza
- Se modela como un porcentaje o tasa anual de ocurrencia.

- *Impacto*: consecuencia de la materialización de una amenaza en un activo

Tipos de impacto:

- Primera clasificación.
  - Cuantitativos, pérdidas económicas.
  - Cualitativos con pérdidas funcionales (reducción de los subestados ACID).
  - Cualitativos con pérdidas orgánicas (responsabilidad penal, imagen, daño a personas, etc.)
- Segunda clasificación
  - Acumulados. Impacto calculado sobre un activo teniendo en cuenta:
    - > Su valor acumulado será igual al valor del propio bien más el valor acumulado de los activos que dependen de él.
    - > Las Amenazas a las que está expuesto.
  - Repercutidos. Impacto calculado sobre un activo teniendo en cuenta:
    - > Su valor propio.
    - > Las amenazas a que están expuestos los activos de los que depende.
  - Agregados. Impactos concurrentes no relacionados que no sean ni acumulados ni repercutidos o en diferentes dimensiones

Características:

- Mide la diferencia del estado de seguridad del activo antes y después del impacto; si no hay diferencia, no hay impacto.
- El daño es absoluto, independientemente de su probabilidad.
- Es lo que “podría pasar”.
- *Riesgo*: probabilidad de que se materialice un impacto determinado sobre un activo, un dominio o en toda la organización.

Es lo que “probablemente pase”.

Tipos de riesgo:

- Primera clasificación:
  - Intrínseco, antes de aplicar las salvaguardas.
  - Residual, después de aplicar las salvaguardas.
  - Umbral de riesgo, base para decidir si el riesgo calculado es asumible.

- Segunda clasificación:
  - Acumulados, se calculan teniendo en cuenta el impacto acumulado.
  - Repercutidos, se calculan teniendo en cuenta el impacto repercutido.
  - Agregados, riesgos concurrentes que no sean acumulados o repercutidos o en diferentes dimensiones.
- *Salvaguarda*: son las medidas que reducen el riesgo.

Se dividen en:

- Función o Servicio de Salvaguarda, acción que reduce el riesgo.
- Mecanismo de Salvaguarda, dispositivo lógico o físico capaz de reducir el riesgo.

Tipos de salvaguardas:

- Preventivas, actúan sobre la vulnerabilidad con anterioridad a la agresión. Limitan la frecuencia.
- Curativas, actúan con posterioridad sobre el impacto reduciendo su gravedad. Limitan el daño.

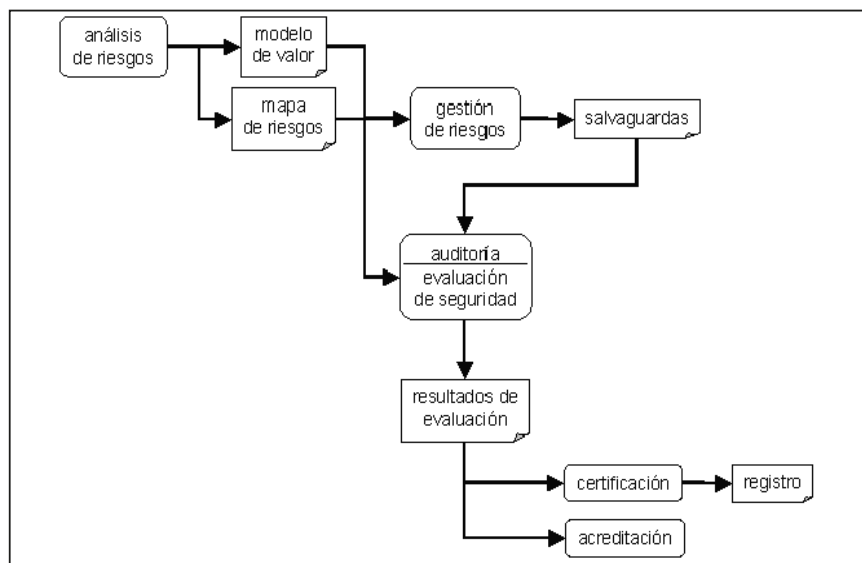
### 3. EVALUACIÓN, CERTIFICACIÓN, AUDITORÍA Y ACREDITACIÓN

El análisis de riesgos es una piedra angular de los procesos de evaluación, certificación, auditoría y acreditación que formalizan la confianza que merece un sistema de información.

La evaluación de cada sistema concreto requiere amoldarse a los componentes que lo constituyen.

El análisis de riesgos proporciona una visión de cómo es cada sistema, qué valor posee, a qué amenazas está expuesto y de qué salvaguardas se ha dotado. Es pues el análisis de riesgos paso obligado para poder llevar a cabo todas las tareas mencionadas, que se relacionan según la siguiente figura.

Figura 2: Conjunto de tareas relacionadas en el análisis de riesgos.



Fuente. <http://www.csaemap.es>

## CONCEPTOS

*Auditoría:* permite conocer el grado de adecuación de medidas y controles. Se materializan en informes con las recomendaciones.

*Evaluación:* permite expresar el grado de confianza que inspira un Sistema de Información.

La evaluación puede llevar a la certificación o acreditación de sistema

*Certificación:* permite asegurar por escrito un comportamiento.

Una certificación dice que un sistema es capaz de proteger unos datos de unas amenazas con una cierta calidad en base a las medidas de salvaguardas adoptadas. Se certifican productos y sistemas de gestión de la seguridad

*Acreditación:* permite legitimar a un sistema para formar parte de sistemas más amplios.

Es una certificación para un propósito específico.

## 4. LIBRO I. MÉTODO

Hay dos grandes tareas a realizar:

— Análisis de riesgos, que permite determinar qué tiene la Organización y estimar lo que podría pasar.

Elementos:

- Activos.
- Amenazas.
- Salvaguardas.

Con estos elementos se puede estimar:

- El impacto.
- El riesgo.

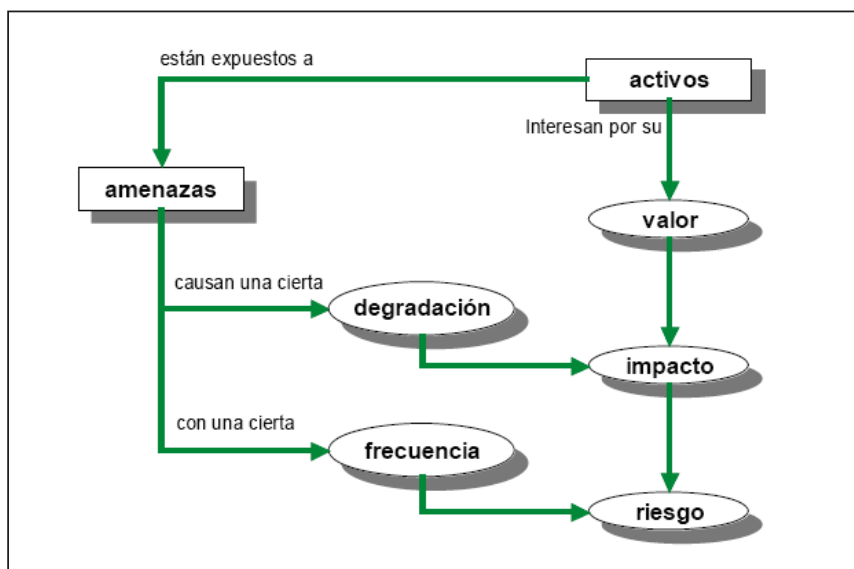
Gestión de riesgos, que permite organizar la defensa concienzuda y prudente, para que no pase nada malo y al tiempo estando preparados para atajar las emergencias, sobrevivir a los incidentes y seguir operando en las mejores condiciones; como nada es perfecto, se dice que el riesgo se reduce a un nivel residual que la Dirección asume.

## ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos es una aproximación metódica para determinar el riesgo siguiendo unos pasos pautados:



Figura 3: Primer recorrido en el análisis de riesgos.



Fuente. <http://www.csae.map.es>

*Paso 1 - Activos:* determinar los activos relevantes para la Organización, su interrelación y su valor, en el sentido de qué perjuicio supondría su degradación.

Se trata de ver sus dependencias, cuál es el activo inferior y superior, su valoración cuantitativa y cualitativa para la Organización, sus dimensiones ACID y dar valor a la interrupción de servicio.

*Paso 2 - Amenazas:* determinar a qué amenazas están expuestos aquellos activos.

Valorar las amenazas en dos sentidos: degradación y frecuencia.

La frecuencia se modela como una tasa anual de ocurrencia, siendo valores típicos los de la siguiente tabla:

100	Muy frecuente	A diario
10	Frecuente	Mensualmente
1	Normal	Una vez al año
1/10	Poco frecuente	Cada varios años

*Paso 4 - Impacto:* estimar el impacto. Hay impactos acumulados, repercutidos y agregados.

*Paso 5 - Riesgo:* estimar el riesgo. Hay riesgos acumulados, repercutidos y agregados.

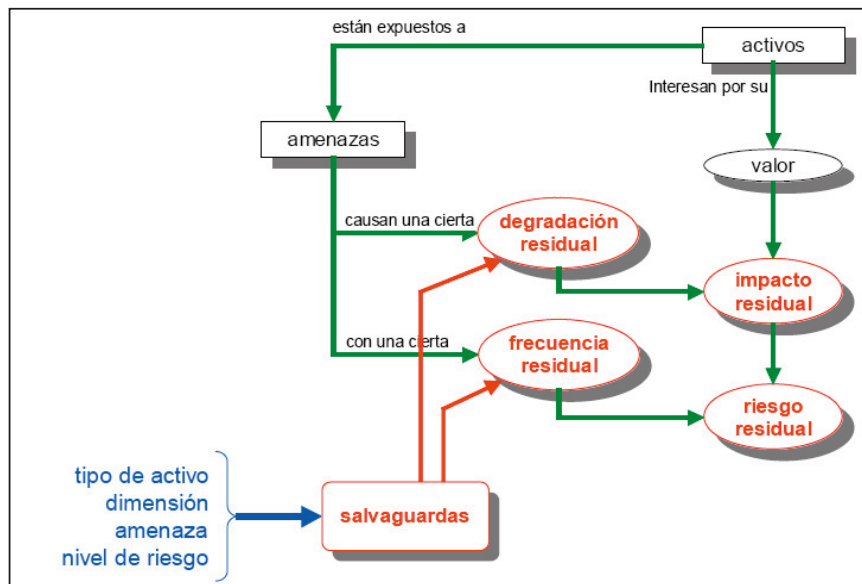
*Paso 3 - Salvaguardas:* determinar qué salvaguardas hay dispuestas y cuán eficaces son frente al riesgo.

Las salvaguardas entran en el cálculo del riesgo de dos formas: reduciendo la frecuencia de las amenazas y, limitando el daño causado.

*Revisión del Paso 4:* impacto residual. Debería ser despreciable o asumible. La eficacia de las salvaguardas nunca es perfecta.

*Revisión del Paso 5:* riesgo residual. Debería ser despreciable o asumible. La eficacia de las salvaguardas nunca es perfecta.

**Figura 4: Actuación de salvaguardas frente al riesgo**



Fuente: <http://www.csaemap.es>

Con el objeto de organizar la presentación, se tratan primero los pasos 1, 2, 4 y 5, obviando el paso 3, es decir; se analizan los activos, las amenazas, se determinan los impactos y riesgos sin salvaguardas. Ahora que se saben ya cuantificadas las pérdidas, se determinan las salvaguardas (Paso 3) y se repite el Paso 4 y 5 con dichas salvaguardas (revisión del Paso 4 y 5).

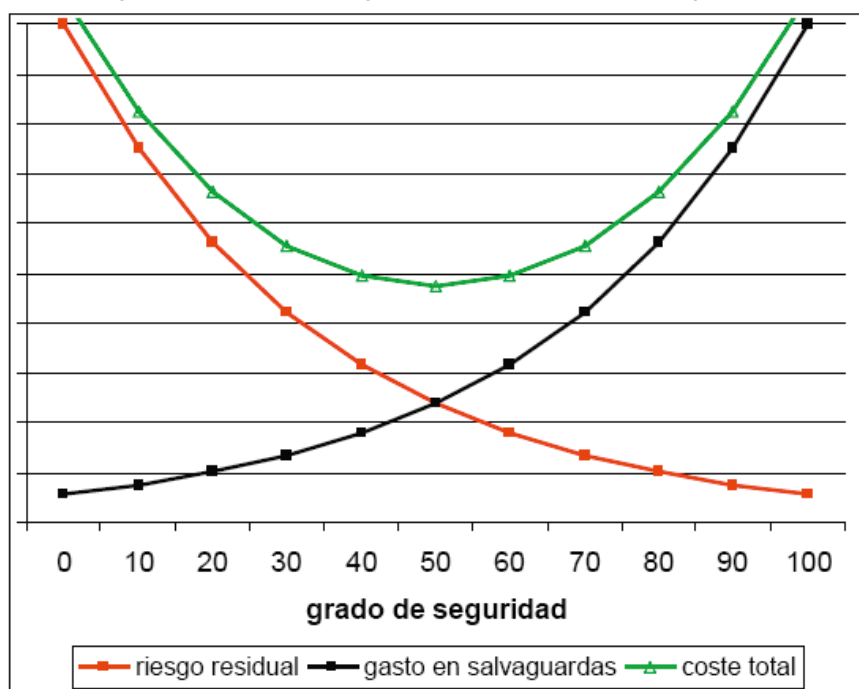
Los elementos del Análisis de Riesgos son por tanto los Activos, Amenazas y Salvaguardas.

## GESTIÓN DE RIESGOS

Es la selección e implantación de salvaguardas para conocer, reducir y controlar los riesgos identificados. Además, hay que interpretar los impactos y riesgos residuales y, hay que elegir las salvaguardas y procurar un equilibrio entre salvaguardas técnicas, físicas y de organización.

Es importante no invertir en salvaguardas más que en los activos a proteger. Lo vemos en la siguiente figura.

Figura 5: Coste de la inseguridad frente al coste de salvaguardas.



Fuente: <http://www.csa.e.map.es>

## ESTRUCTURACIÓN DEL PROYECTO

Para llevar a cabo la estructuración, se plasman aquellos conceptos en componentes de un proyecto de análisis y gestión de riesgos.

Los pasos se organizan en tres grandes procesos

- Preparación.
- Análisis.
- Gestión.

Cada proceso se organiza en actividades que, finalmente, se estructuran en tareas a realizar. En cada tarea se indica lo que hay que hacer así como las posibles dificultades para conseguirlo y la forma de afrontarla con éxito.

En cada proceso se indican los hitos que van marcando el progreso del proyecto hasta su terminación.

Figura 6

<p><b>Proceso P1: Planificación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establecen las consideraciones necesarias para arrancar el proyecto AGR.</li> <li>• Se investiga la oportunidad de realizarlo.</li> <li>• Se definen los objetivos que ha de cumplir y el dominio (ámbito) que abarcará.</li> <li>• Se planifican los medios materiales y humanos para su realización.</li> <li>• Se procede al lanzamiento del proyecto.</li> </ul>
<p><b>Proceso P2: Análisis de riesgos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se identifican los activos a tratar, las relaciones entre ellos y la valoración que merecen.</li> <li>• Se identifican las amenazas significativas sobre aquellos activos y se valoran en términos de frecuencia de ocurrencia y degradación que causan sobre el valor del activo afectado.</li> <li>• Se identifican las salvaguardas existentes y se valora la eficacia de su implantación.</li> <li>• Se estima el impacto y el riesgo al que están expuestos los activos del sistema.</li> <li>• Se interpreta el significado del impacto y el riesgo.</li> </ul>
<p><b>Proceso P3: Gestión de riesgos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se elige una estrategia para mitigar impacto y riesgo.</li> <li>• Se determinan las salvaguardas oportunas para el objetivo anterior.</li> <li>• Se determina la calidad necesaria para dichas salvaguardas.</li> <li>• Se diseña un plan de seguridad (plan de acción o plan director) para llevar el impacto y el riesgo a niveles aceptables.</li> <li>• Se lleva a cabo el plan de seguridad.</li> </ul>

Fuente. <http://www.csaemap.es>

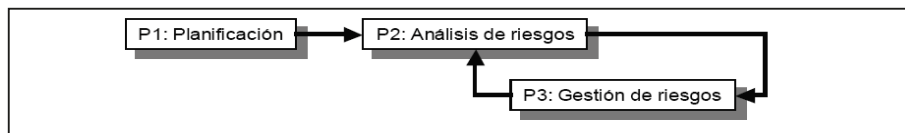
Estos tres procesos no son necesariamente secuenciales.

El proceso P1 es el que inicia el proyecto. El proceso P2 funciona como soporte del proceso P3 en el sentido de que la gestión de riesgos es una tarea continua soportada por las técnicas de análisis.

La gestión de riesgos supone siempre la alteración del conjunto de salvaguardas, bien porque aparecen nuevas salvaguardas, bien porque se reemplazan unas por otras, bien porque se mejoran las existentes.

Además, la gestión de riesgos puede suponer la alteración del conjunto de activos, bien porque aparecen nuevos activos (elementos de salvaguarda que pasan a formar parte del sistema) o porque se eliminan activos del sistema.

Figura 7



Fuente. <http://www.csaemap.es>

Los tres procesos generan una serie de documentos:

— P1

- Tipología de activos.
- Dimensiones de seguridad relevantes.
- Criterios de evaluación.

- P2
  - Modelo de valor.
  - Mapa de riesgos.
  - Evaluación de salvaguardas.
  - Estado de riesgo.
  - Informe de insuficiencias.
- P3
  - Plan de seguridad.

El árbol completo de procesos, actividades y tareas que vertebran un proyecto de análisis y gestión de riesgos sería:

Figura 8

<b>Procesos, actividades y tareas</b>
<p><b>Proceso P1: Planificación</b></p> <p>Actividad A1.1: Estudio de oportunidad                      Tarea T1.1.1: Determinar la oportunidad</p> <p>Actividad A1.2: Determinación del alcance del proyecto                      Tarea T1.2.1: Objetivos y restricciones generales                      Tarea T1.2.2: Determinación del dominio y límites                      Tarea T1.2.3: Identificación del entorno                      Tarea T1.2.4: Estimación de dimensiones y coste</p> <p>Actividad A1.3: Planificación del proyecto                      Tarea T1.3.1: Evaluar cargas y planificar entrevistas                      Tarea T1.3.2: Organizar a los participantes                      Tarea T1.3.3: Planificar el trabajo</p> <p>Actividad A1.4: Lanzamiento del proyecto                      Tarea T1.4.1: Adaptar los cuestionarios                      Tarea T1.4.2: Criterios de evaluación                      Tarea T1.4.3: Recursos necesarios                      Tarea T1.4.4: Sensibilización</p>
<p><b>Proceso P2: Análisis de riesgos</b></p> <p>Actividad A2.1: Caracterización de los activos                      Tarea T2.1.1: Identificación de los activos                      Tarea T2.1.2: Dependencias entre activos                      Tarea T2.1.3: Valoración de los activos</p> <p>Actividad A2.2: Caracterización de las amenazas                      Tarea T2.2.1: Identificación de las amenazas                      Tarea T2.2.2: Valoración de las amenazas</p> <p>Actividad A2.3: Caracterización de las salvaguardas                      Tarea T2.3.1: Identificación de las salvaguardas existentes                      Tarea T2.3.2: Valoración de las salvaguardas existentes</p> <p>Actividad A2.4: Estimación del estado de riesgo                      Tarea T2.4.1: Estimación del impacto                      Tarea T2.4.2: Estimación del riesgo                      Tarea T2.4.3: Interpretación de los resultados</p>
<p><b>Proceso P3: Gestión de riesgos</b></p> <p>Actividad A3.1: Toma de decisiones                      Tarea T3.1.1: Calificación de los riesgos</p> <p>Actividad A3.2: Plan de seguridad                      Tarea T3.2.1: Programas de seguridad                      Tarea T3.2.2: Plan de ejecución</p> <p>Actividad A3.3: Ejecución del plan                      Tarea T3.3.*: Ejecución de cada programa de seguridad</p>

Fuente. <http://www.csaemap.es>

## DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo de SI, se destacan dos actividades importantes:

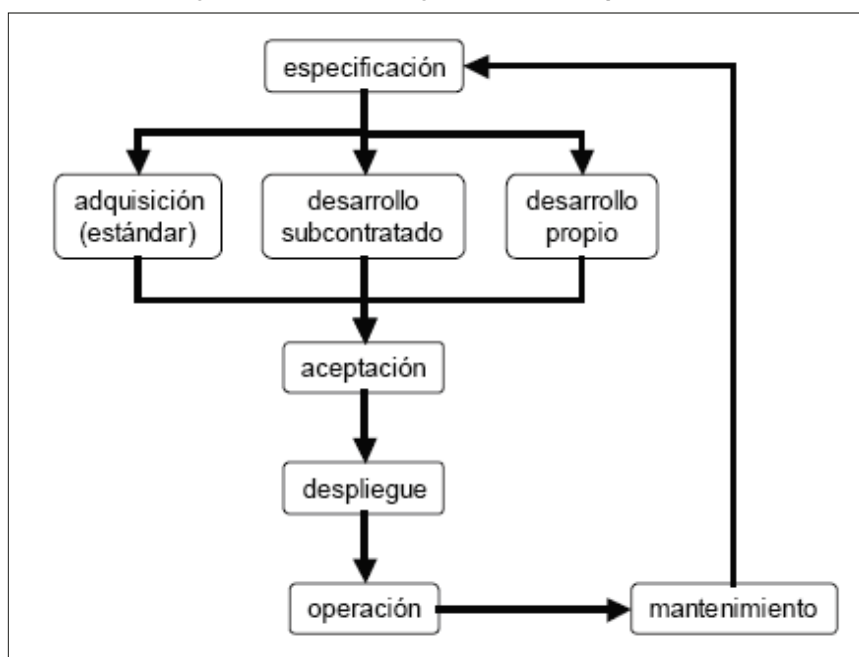
- Seguridad del Sistema de Información.
- Seguridad en el proceso de desarrollo del Sistema de Información.

Se indican las actividades relacionadas con la interface de seguridad de Métrica versión III<sup>8</sup>, en todos sus procesos:

- PSI: Planificación del sistema de información
- EVS: Estudio de viabilidad del sistema
- ASI: Análisis del sistema de información
- DSI: Diseño del sistema de información.
- CSI: Construcción del sistema de información
- IAS: Implantación y aceptación del sistema
- MSI: Mantenimiento del sistema de información

Según Métrica, una aplicación sigue un ciclo de vida a través de varias fases:

Figura 9: Ciclo de vida genérico de una aplicación.



Fuente. <http://www.csaemap.es>

- Especificación. En esta fase se determinan los requisitos que debe satisfacer la aplicación y se elabora un plan para las siguientes fases.
- Adquisición o desarrollo. Para traducir una especificación en una realidad, se puede adquirir un producto, o se puede desarrollar, bien en casa, bien por subcontratación externa.
- Aceptación. Tanto si es una aplicación nueva como si es modificación de una aplicación anterior, nunca una aplicación debe entrar en operación sin haber sido formalmente aceptada.
- Despliegue. Consistente en instalar el código en el sistema y configurarlo para que entre en operación.

- Operación. La aplicación se usa por parte de los usuarios, siendo atendidos los incidentes por parte de usuarios y/o los operadores.
- Mantenimiento. Bien porque aparecen nuevos requisitos, bien porque se ha detectado un fallo, la aplicación puede requerir un mantenimiento que obligue a regresar a cualquiera de las etapas anteriores, en última instancia a la especificación básica.

## CONSEJOS PRÁCTICOS

Se definen una serie de pautas para la identificación de activos, para su modelado y dependencias entre ellos; se muestra los típicos errores, la valoración de los activos, en la identificación y valoración de amenazas, la selección de salvaguardas y la realización de aproximaciones sucesivas.

## APÉNDICES

De los apéndices de este libro, podemos resaltar:

- Herramientas para el análisis y gestión de riesgos. PILAR

PILAR, acrónimo de “Procedimiento Informático-Lógico para el Análisis de Riesgos” es una herramienta desarrollada bajo especificación del Centro Nacional de Inteligencia para soportar el análisis de riesgos de sistemas de información siguiendo la metodología Magerit.

Es una herramienta gráfica monopuesto, escrita en el lenguaje de programación Java.

La herramienta soporta todas las fases del método Magerit, además, evalúa el impacto y el riesgo, acumulado y repercutido, potencial y residual, presentándolo de forma que permita el análisis de por qué se da cierto impacto o cierto riesgo.

Los resultados se presentan en varios formatos: informes RTF, gráficas y tablas para incorporar a hojas de cálculo. De esta forma es posible elaborar diferentes tipos de informes y presentaciones de los resultados.

- Evolución de Magerit versión 1.0.

Definición de los siete libros de la versión, así como de su contenido:

- Libro I. Guía de aproximación a la seguridad de los sistemas de información.
- Libro II. Guía de procedimientos.
- Libro III. Guía de técnicas.
- Libro IV. Guía para desarrolladores de aplicaciones.
- Libro V. Guía para responsables del dominio protegible.
- Libro VI. Arquitectura de la información y especificaciones de la interfaz para el intercambio de datos.
- Libro VII. Referencia de normas legales y técnicas.

## 5. LIBRO II. CATÁLOGO DE ELEMENTOS

El catálogo de elementos tiene dos objetivos:

1. Ofrecer ítems estándar que amolden rápidamente al sistema objeto del análisis.

2. Homogeneizar los resultados de los análisis, promoviendo una terminología y unos criterios que permitan comparar e incluso integrar análisis realizados por diferentes equipos.

## SECCIONES

Cada sección incluye una notación XML que se empleará para publicar los elementos en un formato estándar capaz de ser procesado automáticamente por herramientas de análisis y gestión.

- Tipos de activos
  - Servicios: www, Telnet, correo electrónico, etc.
  - Datos: de carácter personal, de pruebas, etc.
  - Aplicaciones software.
  - Hardware: switches, routers, firewall, etc.
  - Redes de comunicaciones.
  - Soportes de la información: CDs, DVDs, etc.
  - Instalaciones.
  - Personal.
- Dimensiones de la valoración
  - Propiedades ACID más trazabilidad de servicio y de datos
- Criterios de valoración
  - La escala de valores de daños se establece en 5 niveles

Figura 10



Fuente: <http://www.csae.map.es>

- Amenazas
  - Presentación de un catálogo de amenazas posibles sobre los activos de un sistema de información:
    - Desastres naturales: fuego y agua.
    - De origen industrial: contaminación mecánica, electromagnética, etc.
    - Errores y fallos no intencionados: de usuario, de administrador, escapes de información, etc.
    - Ataques intencionados: suplantación de identidades, acceso no autorizado, etc.
  - Se establece una correlación de errores y ataques
  - Se establecen plantillas de amenazas por tipo de activos



- Salvaguardas  
Se ofrece un catálogo de salvaguardas, genéricas y específicas para cada activo

## 6. LIBRO III. GUÍA DE TÉCNICAS

En este libro, se desarrollan una serie de técnicas específicas para afrontar el análisis y gestión de riesgos.

- Técnicas:
  - Análisis mediante tablas.
  - Análisis algorítmico.
  - Árboles de ataque.

Además, existen otras técnicas más generales:

- Análisis coste beneficio
- Diagramas de flujo de datos (DFD)
- Diagramas de procesos (SADT)
- Técnicas gráficas: GANTT, histogramas, diagramas de Pareto y de tarta
- Técnicas de planificación y gestión de proyectos (PERT)
- Sesiones de trabajo: entrevistas, reuniones y presentaciones
- Valoraciones Delphi

## 7. EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA METODOLOGÍA MAGERIT A UN SISTEMA DE TELEMEDICINA

Elaborar un análisis de riesgos de un sistema de información siempre conlleva dificultades por la gran variedad de sistemas, procesos, actores y datos involucrados e interrelacionados que existen.

MAGERIT es una metodología muy desarrollada y completa para el análisis y gestión de riesgos de los sistemas de información. Es una actividad que forma parte de la Gestión global de la Seguridad para el desarrollo de un Sistema de Información. Dicha Gestión de la Seguridad se engloba dentro de la Metodología MÉTRICA v3, que es la Metodología usada por la Administración General del Estado para la Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de sistemas de información.

Los sistemas de telemedicina suelen ser sistemas complejos que hacen uso de sistemas de información y, además, de otros sistemas o componentes relacionados con el sistema de información pero sin pertenecer al mismo. A esto se le suma que buena parte de ellos suelen tener naturaleza intangible a la hora de valorarse y cuantificarse de forma adecuada. En la gran mayoría de los sistemas de telemedicina aparecen sintomatologías, tratamientos y actores del entorno sanitario –personal médico, pacientes, etc.–, en los que analizar los posibles riesgos que pueden tener el uso de un determinado sistema de telemedicina en proceso de implantación y de cara a favorecer un mejor seguimiento, tratamiento o gestión de la enfermedad aumenta enormemente la complejidad del estudio.

A la hora de abordar el análisis de riesgos del sistema de telemedicina se debe limitar el alcance del análisis a realizar, precisando: las funciones soportadas por el

sistema o sistemas de información que use, la información procesada, almacenada o comunicada por el sistema y los recursos dispuestos para su provisión. Así mismo, el alcance deberá ser aprobado por la Dirección del sistema motivo del análisis. También, se deben determinar el número de dimensiones de seguridad que se estudiarán y cuáles: disponibilidad, integridad, confidencialidad, autenticidad, trazabilidad (es posible aplicar otras dimensiones como imputabilidad, fiabilidad, etc. no recogidas inicialmente por la metodología MAGERIT pero sí recogidas en la UNE 71504:2008 –*Metodología de análisis y gestión de riesgos para los sistemas de información*–) y, por último, se debe identificar el marco legal y reglamento de aplicación.

En las fases previas al estudio y para poder analizar y caracterizar los riesgos inherentes a un sistema de telemedicina es necesario conocer el estado de seguridad que presenta el sistema de información en concreto y, por consiguiente, del sistema de telemedicina estudiado. Por tanto, para conocer la situación de partida en que se encuentra es recomendable realizar un estudio previo o auditoría que permita discernir posibles áreas sensibles y de mejora. Como un ejemplo válido podría ser la aplicación de la Norma ISO/IEC 17799:2005 que define el Código de buenas prácticas para la Gestión de la Seguridad de la Información.

## ACTIVOS

Como se comenta en varios capítulos anteriores, el primer paso a la hora de realizar el estudio es el descubrimiento de los activos involucrados y relevantes, pudiendo ser materiales o inmateriales. Como generalmente en los sistemas de información y en los sistemas de telemedicina el número de activos puede ser muy grande, puede provocar que el estudio alcance cotas de complejidad inabordables, por lo que es recomendable que se recurra a la agrupación de activos por funciones o roles, considerándose como un solo activo y siendo representativo de todos los equivalentes a él en cuanto a valoración del riesgo. Será el propio analista junto con las personas involucradas en el sistema de telemedicina e implicadas en el análisis de riesgos quienes decidan el grado de abstracción del análisis y valoren el número de activos a estudiar en función de la importancia para el sistema de telemedicina.

Los activos no son elementos aislados, suelen estar interconectados entre sí. Por ello, es de vital importancia poder determinar las dependencias existentes entre los activos. Se dice que un Activo X depende de un activo Y cuando X, para proteger un determinado aspecto de seguridad, depende del correcto desempeño de Y. Es decir, los requisitos de seguridad de X se propagan a Y.

En el punto 2 se especifica que los activos se estructuran en cinco capas dependiendo las capas superiores de las inferiores. Generalmente, un servicio depende de las aplicaciones y del equipamiento que lo sustenta. El equipamiento, a su vez, depende de las instalaciones que lo acogen y, por último, del personal dependen todos los activos sobre los que tiene derechos de acceso y responsabilidades de instalación, configuración y desarrollo en particular. La herramienta PILAR facilita la labor de crear las Dependencias entre los activos.

En este apartado es donde hay que especificar los tres niveles de clasificación de los datos de carácter personal referente a los activos de datos y que la Legislación Española establece. Además, será necesario conocer las condiciones de tratamiento de la información en función de preservar su confidencialidad (2001/844/CE, CECA, Euratom) en función de los 4 niveles definidos por la UE.

La valoración de activos puede seguir criterios cualitativos o cuantitativos. Valorar los activos siguiendo criterios cualitativos implica que el estudio se realice con mayor rapidez, posicionando el valor de cada activo en un orden relativo respecto de los demás, relativizando la importancia de cada activo y proporcionando una valoración de menor dificultad. La valoración cuantitativa se basa en establecer una valoración económica real, es decir, una valoración numérica absoluta del valor de los activos y suele conllevar mucho esfuerzo. Sería el valor que tiene para la organización la reposición del activo en las condiciones anteriores a la acción de una amenaza. Para ello hay que considerar conceptos como el valor de reposición, valor de configuración, puesta a punto, etc., valor de uso del activo o el valor de pérdida de oportunidad. Además, conceptos como la merma de beneficios, incremento de los gastos, penalizaciones, multas, etc. o el incumplimiento de leyes, reglamentos, etc. también deben tenerse en cuenta.

Para facilitar dicha valoración es bastante recomendable establecer una tabla de valoración que incluya diferentes rangos de valoración de activos y referir todos los activos a ella. Así, a la hora de especificar el valor de un activo que caiga dentro de ese rango se puede extrapolar hacia un valor medio o común definido para todo ese rango.

La valoración se debe realizar para cada una de las dimensiones de seguridad estudiadas. Así mismo, en la valoración de los activos se puede distinguir entre:

- Valor propio: el valor que caracteriza a un activo por su propia naturaleza
- Valor soportado: que es el valor que corresponde a un activo no por sí mismo sino porque otros activos dependen de él.

El resultado ponderado y realista del análisis de riesgos del sistema de telemedicina se basa en una correcta valoración de activos.

## AMENAZAS

El siguiente paso es caracterizar las amenazas y tiene como objetivo identificar las amenazas que pueden afectar a cada activo. Las amenazas pueden ocurrir y, de suceder, afectarán a nuestros activos y causarán daños.

Anteriormente se mencionó cómo MAGERIT clasificaba los 4 tipos de amenazas. Pueden existir accidentes naturales (terremotos, inundaciones,...) y desastres industriales (contaminación, fallos eléctricos,...) ante los cuales el sistema de información es víctima pasiva; pero no por ello hay que dejar de tomar medidas preventivas. También hay amenazas causadas por las personas, bien errores, bien ataques intencionados.

De hecho es bastante habitual realizar análisis de riesgos de sistemas de información y cometer el error de no tener en cuenta determinados tipos de amenazas, como puedan ser las de origen natural o algunas de origen industrial porque se dan en condiciones muy raras o excepcionales (pero basta con que alguna vez ocurra ese suceso excepcional no considerado para que todo el análisis realizado y medidas adoptadas acordes a él pueda convertirse en un fracaso).

Hay que analizar el efecto de cada amenaza sobre los activos establecidos y analizar las amenazas que actúan sobre cada activo. Una vez determinado esto hay que estimar lo vulnerable que es el activo desde dos puntos de vista:

- Degradación: cómo de perjudicado resultaría el activo de materializarse la amenaza. Frecuencia: cada cuánto se materializa la amenaza.

La degradación mide el daño causado por un incidente en el supuesto de que ocurriera y se suele expresar como una fracción del valor del activo. La frecuencia pone en perspectiva la degradación, teniendo mayor o menor importancia la primera en función de la frecuencia de materialización de la amenaza (una amenaza puede ser de terribles consecuencias pero de muy improbable materialización; mientras que otra amenaza puede ser de muy bajas consecuencias, pero tan frecuente como para acabar acumulando un daño considerable). La frecuencia se modela como una tasa anual de ocurrencia.

De cara a la determinación del impacto, es bastante útil poder representar en tablas las amenazas que pueden afectar un determinado activo (o grupo de activos) o saber qué activos o grupo de activos se ven afectados por un determinado tipo de amenaza.

## IMPACTO

Como se mencionaba anteriormente, es el tercer proceso que sigue a la caracterización de las amenazas. Hay que identificar las consecuencias de que una amenaza se materialice sobre un activo (impacto). Nos define la medida del daño sobre el activo en el caso de que se materialice la amenaza. Para ello, se analiza el efecto sobre cada activo para poder agrupar impactos en cadena según la relación de activos. Como resultado, se recoge un valor económico representativo de las pérdidas producidas en cada activo (% del valor). Estas pérdidas pueden ser también cualitativas o cuantitativas (la valoración deberá ser estimada por la dirección del sistema de telemedicina).

Es fundamental reducir los tiempos de detección y respuesta a los incidentes de cara a reducir los impactos.

También existen dos tipos de impacto:

- Impacto acumulado, que es el calculado sobre un activo teniendo en cuenta su valor acumulado (el propio más el acumulado por los activos que dependen de él) y las amenazas a las que está expuesto.
- Impacto repercutido, que es el calculado sobre un activo teniendo en cuenta su valor propio y las amenazas a que están expuestos los activos de los que depende.

El impacto acumulado se calcula para cada activo, por cada amenaza y en cada dimensión de valoración, siendo una función del valor acumulado y de la degradación causada. Dicho impacto al calcularse sobre los activos que soportan el peso del sistema de información, permite determinar las salvaguardas de que hay que dotar a los medios de trabajo: protección de los equipos, copias de respaldo, etc

El impacto repercutido se calcula para cada activo, por cada amenaza y en cada dimensión de valoración, siendo una función del valor propio y de la degradación causada. El impacto repercutido, al calcularse sobre los activos que tienen valor propio, permite determinar las consecuencias de las incidencias técnicas sobre la misión del sistema de información que afecta al sistema de telemedicina. Es pues una presentación gerencial que ayuda a tomar una de las decisiones críticas de un análisis de riesgos: aceptar un cierto nivel de riesgo.

La determinación adecuada del impacto causado en un sistema de telemedicina es otro de los pilares fundamentales, junto con la valoración de activos, en los que se basa la correcta realización de un análisis de riesgos.

## RIESGO POTENCIAL

Se denomina riesgo a la medida del daño probable sobre un sistema de información. Conociendo el impacto de las amenazas sobre los activos, es directo derivar el riesgo sin más que tener en cuenta la frecuencia de ocurrencia. El riesgo crece con el impacto y con la frecuencia.

Al igual que pasaba con el impacto, existen dos tipos de riesgos

- Riesgo acumulado es el calculado sobre un activo teniendo en cuenta el impacto acumulado sobre un activo debido a una amenaza y la frecuencia de la amenaza.
- Riesgo repercutido es el calculado sobre un activo teniendo en cuenta el impacto repercutido sobre un activo debido a una amenaza y la frecuencia de la amenaza.

El riesgo acumulado se calcula para cada activo, por cada amenaza y en cada dimensión de valoración, siendo una función del valor acumulado, la degradación causada y la frecuencia de la amenaza. El riesgo acumulado, al calcularse sobre los activos que soportan el peso del sistema de información, permite determinar las salvaguardas de que hay que dotar los medios de trabajo: protección de los equipos, copias de respaldo, etc.

El riesgo repercutido se calcula para cada activo, por cada amenaza y en cada dimensión de valoración, siendo una función del valor propio, la degradación causada y la frecuencia de la amenaza. El riesgo repercutido, al calcularse sobre los activos que tienen valor propio, permite determinar las consecuencias de las incidencias técnicas sobre la misión del sistema de información que afectan al sistema de telemedicina. Es pues una presentación gerencial que ayuda a tomar una de las decisiones críticas de un análisis de riesgos: aceptar un cierto nivel de riesgo.

Tanto los riesgos acumulados como los repercutidos pueden agregarse bajo ciertas condiciones:

- Puede agregarse el riesgo repercutido sobre diferentes activos.
- Puede agregarse el riesgo acumulado sobre activos que no sean dependientes entre sí, ni dependan de ningún activo superior común.
- No debe agregarse el riesgo acumulado sobre activos que no sean independientes, pues ello supondría sobre ponderar el riesgo al incluir varias veces el valor acumulado de activos superiores.
- Puede agregarse el riesgo de diferentes amenazas sobre un mismo activo.
- Considerar en qué medida las diferentes amenazas son independientes y pueden ser concurrentes.

Puede agregarse el riesgo de una amenaza en diferentes dimensiones.

## SALVAGUARDAS

En los pasos anteriores no se han tomado en consideración las salvaguardas desplegadas. Se miden, por tanto, los impactos y riesgos a que estarían expuestos los

activos si no se protegieran en absoluto. En la práctica no es frecuente encontrar sistemas desprotegidos: las medidas citadas indican lo que ocurriría si se retiraran las salvaguardas presentes.

Las salvaguardas permiten hacer frente a las amenazas y, como se comentaba son aquellos procedimientos o mecanismos tecnológicos que reducen el riesgo. Hay diferentes aspectos en los cuales puede actuar una salvaguarda como pueden ser por ejemplo soluciones técnicas en el entorno de las tecnologías de la información (sobre dispositivos físicos –hardware–, sobre las aplicaciones –software– y sobre la protección de las comunicaciones); soluciones sobre la seguridad física, de los locales y áreas de trabajo; soluciones sobre la política de personal o sobre los propios procedimientos originando una organización más adecuada.

Se debe tener en cuenta las salvaguardas adecuadas a cada tipo de activos, las salvaguardas adecuadas a la dimensión de valor del activo y las salvaguardas adecuadas a la amenaza a conjurar.

Las salvaguardas entran en el cálculo del riesgo de dos formas:

*Salvaguardas Preventivas:* Aquellas que reducen la frecuencia de las amenazas. Las óptimas llegan a impedir completamente que la amenaza se materialice.

*Salvaguardas Curativas o Paliativas:* Aquellas que limitan el daño causado. Éstas pueden limitar la posible degradación del activo, otras pueden frenar que la degradación avance y otras pueden permitir la pronta recuperación del sistema cuando la amenaza lo destruye. En cualquiera de las versiones, la amenaza se materializa pero las consecuencias se limitan.

En muchos casos las salvaguardas pueden además considerarse como activos. También es posible detectar y valorar las salvaguardas de forma simultánea a cuando se hace para los activos.

## RIESGO RESIDUAL

El cálculo del riesgo residual es sencillo y es lo que estamos intentando calcular con todo el estudio. Como no han cambiado los activos, ni sus dependencias, sino solamente la magnitud de la degradación y la frecuencia de las amenazas, se repiten los cálculos de riesgo usando el impacto residual y la nueva tasa de ocurrencia.

La magnitud de la degradación se toma en consideración en el cálculo del impacto residual.

El riesgo residual puede calcularse acumulado sobre los activos inferiores, o repercutido sobre los activos superiores.

Es recomendable describir las situaciones de riesgo más significativas agrupando los datos obtenidos. Esto se puede hacer desde la perspectiva de:

- Los riesgos acumulados por un activo: escenario por activo.
- Los riesgos consecuencia de una amenaza: escenario por amenaza.

## CONCLUSIÓN

Aplicar la Metodología MAGERIT paso a paso es un proceso largo y complicado y debe ser el analista junto con los actores implicados en el servicio de telemedicina quienes tienen que valorar la aplicación completa de la Metodología. A veces, y en función de la complejidad del servicio de telemedicina a analizar, puede ser conveniente

no profundizar mucho en el estudio del análisis de riesgos y obtener resultados menos significativos pero suficientemente esclarecedores para hacerse una idea de los puntos débiles a tratar en el proceso de Gestión de Riesgos. Uno de los condicionantes en este caso suele ser el factor tiempo que se le pueda dedicar al estudio del análisis de riesgos.

La duración del proceso de análisis de riesgos puede ser muy variable dependiendo de muchos factores: complejidad del proyecto, recurso humanos invertidos, la disponibilidad de la información, la cooperación del personal implicado, etc.. Se debe realizar desde las etapas iniciales, una vez que esté dimensionado el alcance del proyecto y puede extenderse hasta las 2/3 partes de la duración total del proyecto. Es recomendable no extenderse más, de tal forma que aún quede tiempo para que el proyecto se pueda encauzar en el caso de que haya que corregir algo del mismo para minimizar riesgos que no se quieran asumir.

Por último, es recomendable si la duración del proyecto lo permite, empezar el análisis con pocos datos y según va pasando el tiempo ir ampliando el estudio. Esto es debido a dos motivos: el principal es que en las etapas iniciales no tengamos excesiva complejidad al encontrarnos con muchos activos a analizar de golpe y, el segundo, es porque, posiblemente según avance el proyecto haya que hacer reconsideraciones de activos elegidos: incluir nuevos, eliminar algunos, agrupar otros comunes, etc.

## 6. CONCLUSIONES

La identificación de las funciones, tecnologías e implantación requiere un estudio cuidadoso e iterativo de análisis y síntesis. Se han presentado algunas aplicaciones y alternativas de tecnologías ambientales en términos de usabilidad, accesibilidad y funciones innovadoras. Un aspecto fundamental es la interacción entre tecnología y la dimensión humana (económica, social y demográfica) de la Inteligencia Ambiental. La evaluación del potencial de las funciones deberá considerar las necesidades de los usuarios y los criterios de aceptación, como por ejemplo:

- Económico: ¿a qué precio estará disponible para la máxima distribución? Qué porcentaje de personas pagarían por ello?
- Tiempo: estas nuevas funciones suponen ahorro de tiempo o de dinero?
- Habilidades: niveles de educación requeridos para usar estas nuevas funciones?
- Grupos de usuarios: ¿a qué grupos de usuarios va dirigido? (jóvenes, comunidades...)

Assumiendo unas funciones bien diseñadas, bien limitadas y firmemente basadas en hipótesis realistas, se podrá hacer una estimación de su potencial. La estimación humana habrá que valorarla de forma cualitativa y con estudios caso a caso que complementen la identificación y caracterización de las funciones principales.

La investigación sobre aceptación y uso demuestra que la población no acepta y usa todo lo tecnológicamente posible y disponible. Es por tanto difícil prever qué aplicaciones en los entornos de Inteligencia Ambiental conseguirán una masa crítica de usuarios. Así mismo, muchas personas usan las tecnologías de forma diferente al uso inicial previsto por los fabricantes o proveedores. No existe el usuario típico o uniforme, sino una gran cantidad de usuarios y de usos.

El éxito en la innovación es el resultado de una constelación socio-económica y tecnológica en el momento adecuado y en la correcta combinación donde se encuentren los requerimientos específicos en términos de necesidades de usuarios, amigabilidad, precio, atractivo, estándares y operabilidad, entre otros. Si esto no se da, la comercialización no tendrá éxito. No obstante, este fracaso inicial puede acabar en éxito con un aspecto o una forma distinta y en las condiciones adecuadas.

Se proporciona una visión comprensible sobre las nuevas aplicaciones y servicios y refleja algunas de las dimensiones humanas. El ejercicio futuro consistirá en la construcción de los escenarios y las oportunidades.



## 7. REFERENCIAS

- *Ambient Assisted Living. AAL169 “Innovation Model”* <http://www.aal169.org> Ambient Assisted Living is funded as a Specific Support Action under the 6th EU-Framework Programme.
- *JRC/IPTS-ESTO Study (Institute for Prospective Technology Studies IPTS) “Science and Technology Roadmapping: Ambient Intelligence in Everyday Life”* (AmI@Life) Michael Friedewald (Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research ISI) Olivier Da Costa.
- Directiva 91/157/CEE de 18 de marzo de 1991 del Consejo, relativa las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas DOCE 7/L, de 26-03-91.
- Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE.
- National High Magnetic Field Laboratory, 2008. National High Magnetic Field Laboratory. Copyright.
- Microchip DS0188A “Selecting the Right Battery System For Cost-Sensitive Portable Applications While Maintaining Excellent Quality” Author: Brian Chu DS0188A Microchip© 2007.
- Woodbank Communications Ltd, South Crescent Road, Chester, CH4 7AU, (United Kingdom) Copyright © Woodbank Communications Ltd 2005.
- Thinerergy Infinite Power Solutions INC.
- Pilas salinas y alcalinas cada una cumple su función. Rev. Consumer Feb 2003.
- Toshiba Corporation 2009, Dynario™ [http://www.toshiba.co.jp/about/press/2009\\_10/pr2201.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2009_10/pr2201.htm)
- A comparison of power harvesting techniques and related energy storage issues Justin R. Farmer Thesis Submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Copyright 2007.
- Integration of Energy Harvesting Systems 2008-08 / Fraunhofer IIS / Ritter, Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS Dr.-Ing. Heinz Gerhäuser [www.smart-power.fraunhofer.de](http://www.smart-power.fraunhofer.de)
- Human Generated Power for Mobile Electronics Thad Starner Joseph A Paradiso. Gvu Center, College of Computing Responsive Environments Group, Media Laboratory Georgia Tech MIT.
- Human++: from technology to emerging health monitoring concepts Holst Centre / IMEC-NL, High Tech Campus, AE Eindhoven “Julien Penders, Bert Gyselinckx, Ruud Vullers, Michael De Nil, Subbu Nimmala, Jef van de Molengraft, Firat Yazicioglu, Tom Torfs, Vladimir Leonov, Patrick Merken, Chris Van Hoof.
- ETSI TR 101 994-1 V1.1.1 (2004-01) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum matters (ERM); Short Range devices (SRD); Technical characteristics for SRD equipment using Ultra Wide Band technology (UWB). Part 1: communications applications.
- AENOR (2001) UNE-EN 301489-3 V1.2.1. Cuestiones de compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM). Norma de compatibilidad electromagnética (CEM) para los equipos y servicios radioeléctricos. Parte 3: condiciones específicas para los dispositivos de corto alcance (SRD) que funcionan en las frecuencias comprendidas entre 9 KHz y 40 GHz.
- IEEE P802.19/019r2, July 2003: working document UWB.
- ETSI EN 300 440-1 (2001) Compatibilidad electromagnética y cuestiones de espectro (EMR); dispositivos de corto alcance; equipos de radio utilizados en el rango de frecuencias de 1 GHz a 40 GHz. Parte 1: características técnicas y métodos de prueba.
- Home networking with IEEE 802.15.4: a developing standard for low-rate Wireless Personal Area Networks Callaway, E.; Gorday, P.; Hester, L.; Gutierrez, J.A.; Naeve, M.; Heile, B.; Bahl, V. (2002) *IEEE Communications magazine*. Vol. 40, n.º 8 Agosto. pp 70 – 77.
- Ubiquitous homelinks based on IEEE 1394 and Ultra WideBand solutions Nakagawa, M.; Zhang, H.; Sato, H. (2003) *IEEE Communications magazine*, vol. 41, n.º 4, pp. 74-82.
- Ultra-Wideband radio technology: potential and challenges ahead Porcino, D.; Hirt, W. (2003) *IEEE Communications magazine*, vol. 41, n.º 7, pp. 66-74.

- Wireless Week magazine.  
*<http://redigitaleditions.com/ActiveMagazine/getBook.asp?Path=TW1/2006/05/15&BookCollection=TW1&ReaderStyle=WithPDF> May 15*
- The Fourier integral and its applications Papoulis, A. (1962) McGraw-Hill, New York.
- History of UWB Technology Multispectral Solutions, Inc. *<http://www.multispectral.com/history.html>*
- The temporal and spectral characteristic of ultrawideband signals Kissick, W.A. (2001) NTIA Report 01-383. U.S. Department of Commerce.
- Especificaciones ZigBee Version 1.0 ZigBee Alliance: *[www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)* 14 Diciembre, 2004.
- Especificaciones IEEE 802.15.4. IEEE Computer Society 1 Octubre 2003.
- On handling QoS in Wireless Sensor Networks & IEEE802.15.4 Autor: Jaume Joven Murillo. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 16 de Junio de 2005
- Estudio del protocolo zigbee/802.15.4. Autor: Hugo Vargas Cortés Sociedad Agrícola Ojos Buenos Ltda.
- Counter with CBC-MAC (CCM). AES Mode of Operation Autores: Doug Whiting, Russ Housley, Niels Ferguson RSA Laboratories.
- “El hogar digital como solución a las necesidades de las personas mayores” Autores: Javier Ignacio Portillo García, Ana Belén Bermejo Nieto, Ana María Bernardos Barbolla, José Ramón Casar Corredera CEDITEC (Centro de Difusión de Tecnologías) (*<http://www.ceditec.etsit.upm.es>*) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid.
- An Overview of ZigBee. The Power of the Mesh Autor: Chris Herzog Software Technologies Group, Inc.
- Redes de paquetes por radio multihop Autor: Oscar Somarriba Departamento de Sistemas Digitales y Telecomunicaciones Universidad Nacional de Ingeniería. MANAGUA, NICARAGUA
- ZigBee will require patience Autor: Robert Keenan Wireless Net DesignLine 14 Diciembre de 2004
- *[www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)*
- ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works Autor: Patrick Kinney *<http://hometoys.com>*
- Proyectos y experiencias ZigBee: *<http://www.extremetech.com/category2/0,1556,1714758,00.asp>*
- Redes ZIGBEE AEXIT Asociación Extremeña de Ingenieros en Telecomunicaciones *[www.aexit.es](http://www.aexit.es)*
- Performance Analysis of Slotted IEEE 802.15.4. Medium Access Layer Autores: Sofie Pollin, Mustafa Ergen, Sinem Coleri Ergen, Bruno Bougard, Liesbet Van der Perre, Francky Catthoor, Ingrid Moerman, Ahmad Bahai, Pravin Varaiya Interuniversity Micro-Electronics Center (IMEC). Lovania. Bélgica Universidad Católica de Lovania. Bélgica Universidad de Berkeley. California. USA
- ZIGBEE INSIDE: Five New ZigBee-Based Wireless Systems TMC net communications *<http://www.tmcnet.com>*
- ZigBee Autor: Vrajesh Bhavsar University of Southern California.
- ZigBee: Wireless. Technology for Low-Power Sensor Networks Autor: Gary Legg.
- ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary Autor: Sinem Coleri Ergen Universidad de Berkeley California, USA.
- Evaluación de una red de sensores con protocolo AODV y tecnología radio IEEE 802.15.4 Autor: Óscar Alonso Blanco, Ingeniería Técnica de Telecomunicación, Escola Politècnica Superior de Castelldefels, Univesitat Politècnica de Catalunya.
- Ambient Assisted Living: *<http://www.aal169.org>*
- Redes inalámbricas para los nuevos servicios personales de e-salud basados en tecnologías de inteligencia ambiental . Autores: José Luis Monteagudo Peña, Oscar Moreno Gil, Jorge García Pérez y Juan Reig Redondo Instituto de Salud Carlos III Área de Investigación en Telemedicina y Sociedad de la Información Informática y Salud. N.º 44. Febrero 2004
- ZigBee for Applications Developers FlexiPanel Ltd (*[www.FlexiPanel.com](http://www.FlexiPanel.com)*)
- Telecomunicaciones Digitales: por cable, por fibras ópticas, por radioenlace de microondas ARES, Roberto. H.A.S.A. 1985.
- Comunicaciones Móviles. HUIDOBRO, José M. Paraninfo. 2002.
- IEEE. IEEE 802.16 Resources. IEEE 802.16 Working Group on Broadband. Documento.
- IEEE 802.16 and WiMAX Broadband Wireless Access for Everyone. INTEL. White Paper.
- Speaking RF: Wireless Communication Terminology. Keithley Instruments. Inc. 2005.

- Intuitive Guide to Principles of Communications. LANGTON, Ch. 2002.
- WiMAX 802.16: soluciones R/S para aplicaciones banda ancha. ROHDE & SCHWARZ.
- Redes de Computadoras. TANENBAUM, Andrew S. 4.<sup>a</sup> Edición. Pearson Educación.
- WiMAX: Oportunidades y desafíos en un mundo inalámbrico. THELANDER, Michael W. Signals Research Group, LLC. Julio 2005.
- USRobotics. Wireless Networking over extended range. Technical Note. Usrobotics.
- WiMAX's technology for LOS and NLOS environments. WiMAX FORUM White Paper.
- IEEE. 802.16: IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Part 16: Air Interface for Fix Broadband Wireless Access Systems. IEEE Computer Society, 2004.
- Fundamentals of WiMAX-Understanding Broadband Wireless Networking, Andrews, Jeffrey Prentice Hall, 2007.
- Estudio de la Migración del Estándar 802.11 al Estándar 802.16 en Zonas Rurales, Montes, E. Tesis Doctoral, 2008.
- SSITAD. (Fuente: <http://www.csi.map.es>)  
El Comité de Seguridad de los Sistemas de Información y Protección de Datos Personalizados Automatizados está compuesto por representantes de las Administraciones General del Estado, Autonómica y Local. Creado por acuerdo del Consejo Superior de Administración Electrónica. La creación de SSITAD obedeció al desarrollo de sus competencias en materia de protección de los datos informáticos, con el fin de proponer, impulsar, vertebrar y ejecutar políticas y actuaciones en materia de seguridad de los sistemas de información, tanto de medidas técnicas, como de orden administrativo-organizativo y legislativo, en los ámbitos nacional, europeo e internacional.
- Consejo Superior de Administración Electrónica. (Fuente: <http://www.csi.map.es>)  
Órgano colegiado adscrito al Ministerio de Administraciones Públicas (actualmente Ministerio de la Presidencia) encargado de la preparación, la elaboración, el desarrollo y la aplicación de la política y estrategia del Gobierno en materia de tecnologías de la información, así como del impulso e implantación de la Administración electrónica en la Administración General del Estado.  
Está regulado por el Real Decreto 589/20052, por el que se reestructuran los órganos colegiados responsables de la Administración Electrónica.
- Real Decreto 589/2005. (Fuente: <http://www.csa.e.map.es>)  
El objeto de este real decreto es establecer las líneas estratégicas, dentro de la política del Gobierno, en materia de tecnologías de la información, así como impulsar y coordinar el desarrollo de la Administración electrónica en la Administración General del Estado y adoptar medidas para su ordenada implantación. A tales efectos, se promueve la renovación de la estructura organizativa y competencial de los órganos colegiados de la Administración General del Estado responsables en la materia de Administración electrónica y se adoptan medidas en materia de planificación y contratación de las tecnologías de la información.  
Su ámbito de aplicación extiende a la Administración General del Estado, a sus organismos autónomos y a las entidades gestoras y servicios comunes de la Seguridad Social, aunque, sin perjuicio de lo establecido en el apartado anterior, los distintos departamentos podrán incorporar al ámbito de aplicación de este real decreto aquellos otros organismos públicos de ellos dependientes que estimen oportuno, y lo pondrán en conocimiento, con carácter previo a la aprobación de la correspondiente orden, del Consejo Superior de Administración Electrónica.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (Fuente: <http://www.wikipedia.es>)  
Organización de cooperación internacional, compuesta por 30 estados, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales.
- Information Technology Security Evaluation Criteria (Fuente: <http://www.wikipedia.es>, <http://www.csa.e.map.es>)  
Conjunto de criterios para evaluar la seguridad informática de productos y sistemas.  
Surgió para la armonización de varios sistemas europeos de criterios de seguridad en tecnologías de la información.  
Comúnmente denominado libro Blanco.
- Criterios Comunes (CC) (Fuente: <http://www.commoncriteriaportal.org/>)  
Surgen como resultado de la armonización de los criterios sobre seguridad de productos software ya utilizados por diferentes países con el fin de que el resultado del proceso de evaluación pudiese ser aceptado en múltiples países.
- SNC (Fuente: <http://www.csa.e.map.es>)  
Responde al Real Decreto 263/1996 por el que se regula la utilización de técnicas electrónicas, informáticas y telemáticas de la Administración General del Estado.

Éstos, recogen los requisitos, criterios, y recomendaciones relativos a la implantación de las medidas de seguridad organizativas y técnicas para asegurar la autenticidad, confidencialidad, integridad, disponibilidad y conservación de la información en el diseño, desarrollo, implantación y explotación de las aplicaciones que la Administración General del Estado utiliza para el ejercicio de sus potestades.

— ACID

Es un acrónimo de Atomicity, Consistency, Isolation and Durability; atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad en castellano.

— Métrica versión III (Fuente: <http://www.csae.map.es>)

- La metodología MÉTRICA Versión 3 ofrece a las Organizaciones un instrumento útil para la sistematización de las actividades que dan soporte al ciclo de vida del software dentro del marco que permite alcanzar los siguientes objetivos:
- Proporcionar o definir Sistemas de Información que ayuden a conseguir los fines de la Organización mediante la definición de un marco estratégico para el desarrollo de los mismos.
- Dotar a la Organización de productos software que satisfagan las necesidades de los usuarios dando una mayor importancia al análisis de requisitos.
- Mejorar la productividad de los departamentos de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, permitiendo una mayor capacidad de adaptación a los cambios y teniendo en cuenta la reutilización en la medida de lo posible.
- Facilitar la comunicación y entendimiento entre los distintos participantes en la producción de software a lo largo del ciclo de vida del proyecto, teniendo en cuenta su papel y responsabilidad, así como las necesidades de todos y cada uno de ellos.
- Facilitar la operación, mantenimiento y uso de los productos software obtenidos.

— UNE 71504:2008: Metodología de análisis y gestión de riesgos para los sistemas de información.

— La Norma ISO/IEC 27002:2005 (ISO/IEC 17799:2005): Código de buenas prácticas para la Gestión de la Seguridad de la Información.

— Herramienta PILAR – Análisis y Gestión de Riesgos (<http://www.ar-tools.com/index.html?tools/pilar/index.html>) de uso exclusivo en la administración pública española y que permite la adherencia a la Norma ISO 27002:2005 (también denominada ISO 17799:2005).

---