

# Hacia Internet del Futuro. Estrechando la Brecha

<sup>1</sup>Sosa, Eduardo O.; <sup>2</sup>Godoy, Diego A.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales

<sup>2</sup>Universidad Gastón Dachary, Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones

## Resumen

*“Internet del Futuro” es llamada a representar dentro de las Tecnologías de Información y Comunicaciones, en un futuro no muy lejano, una batería de conceptos y tecnologías que involucrarán a dispositivos, interfaces y software. Desde la Internet de las computadoras, pasando por la Web 2.0, la tendencia es la ubicuidad y fortalecimiento del nuevo paradigma de la computación “datacentrica”. Los sensores embebidos con los objetos cotidianos se convertirán en una parte integral de la Internet, donde la interacción entre las personas, la computadora y los objetos cambiará la actual red hacia un nuevo paradigma, Internet de las Cosas (IoT). En ése escenario futuro, considerando el torrente de datos, generados por miles de millones de sensores integrados a un gran número de redes de sensores inalámbricos (WSN); será de suma utilidad solamente con un manejo eficaz. En este trabajo presentamos, caracterizamos e identificamos a IoT, clasificando tanto a las tecnologías que contribuyen a su desarrollo; como aquellas que agregan valor. Se presentan resultados de trabajos sobre aplicaciones de middleware WSN-WWW, acciones sobre medio ambiente, y aplicaciones propias de ciudades inteligentes; centrando los distintos desafíos encontrados por medio de implementaciones WSN a nivel piloto. Se discute además la importancia de las tecnologías subyacentes como soportes clave para el desarrollo de Internet en el futuro, y la tendencia a utilizar equipos específicos, amigables, libres de mantenimiento, portables, ubicuos y confiables.*

**Palabras Clave:** Internet del Futuro, Internet de las Cosas, Redes de Sensores Inalámbricos, ciudades inteligentes

## 1. Introducción

Todo comenzó como "Internet de las computadoras", una red global de servicios construida en las capas superiores de TCP/IP (ej. WWW). Han pasado los años y el paradigma actual es la "Internet de las personas", con ejemplos concretos como la web social ó Web 2.0 [1], donde el contenido es generado y utilizado por los

mismos usuarios. El término “Web 2.0” se ha convertido en soporte natural y fundamental con referencia a los patrones de diseño y modelos de negocio referentes a tecnología de Internet y su utilización. En estos modelos los clientes colaboran y comparten información en línea, aportando así una nueva forma de interacción social. Internet se ha convertido en una de las piedras angulares de nuestra sociedad, siendo elemento fundamental de soporte en las interacciones sociales y económicas a escala global.

Si bien parece ser un término de la jerga técnica, la *computación ubicua* es un modelo posterior de la interacción persona-computadora de escritorio, y es un término ya utilizado por Mark Weiser en los años 1990's [2]. La ubicuidad permite acceder a nuevos contenidos; fundamentalmente aquellos generados en escenarios conformados por innovadores modelos de negocio adaptados a este nuevo paradigma. Una serie de conceptos y tecnologías (infraestructuras, dispositivos, software, etc.) se direccionan indefectiblemente a “Internet del Futuro” y conforman la tendencia de las Tecnologías de Información y Comunicación en los próximos años. El tema primordial a considerar es el acceso ubicuo de alta velocidad. Ello habilitará nuevas formas de interacción con el mundo digital. A modo de ejemplo, vale nombrar que a inicios de Junio de 2012 los usuarios de Facebook alcanzaban los 1.100 millones de suscriptores, de los cuales 20 millones son de Argentina, siendo éste sitio el de mayor popularidad de los usuarios argentinos [3], conformando solamente el 1,7% del tráfico global a los contenidos del sitio.

Internet ha sido creada como una plataforma para innovaciones. Internet, como la conocemos, presentada como un modelo de capas; permite a los usuarios innovar dentro de cada una de ellas sin intervención central, aplicando toda la inteligencia de la red en los extremos de cada enlace, y no en la red misma. Probablemente, Internet en el futuro se parecerá muy poco a la que conocemos hoy. La investigación sobre “Internet del Futuro”, de una manera creciente y casi exclusiva, se centra en proyectos y actividades de lo que se avino en denominar Internet de las Cosas<sup>1</sup> ó “Internet del Mundo Real”. El desarrollo y avance del tema se debe al incesante crecimiento del número de equipos electrónicos que día tras día interactúan con el mundo real en los más diversos escenarios y situaciones. Las condiciones de esos entornos ha complicado tarea de modelarlos, por lo que todo intento de simular dichos entornos con las herramientas corrientes, concluyen en resultados que indican una relación muy pobre y limitada del comportamiento de los algoritmos y protocolos en escenarios de la vida real. Por ello se propone, desde diversos programas internacionales, reemplazar las simulaciones por computadoras con investigación experimental [4], con lo que laboratorios y redes existentes en distintos laboratorios y universidades representan hoy escenarios físicos reales, a partir de los cuales se obtienen resultados valederos para éstas investigaciones.

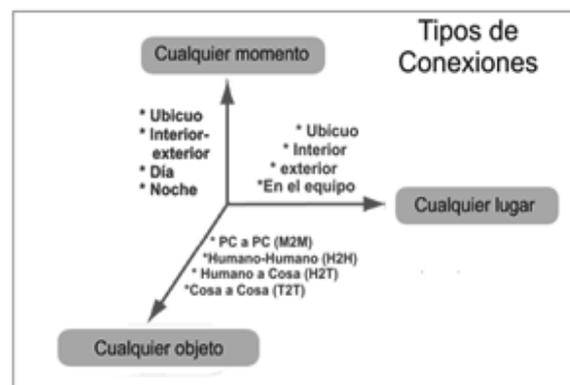
### 1.1. Internet de las Cosas

Después de la WWW (años 1990) e Internet móvil (años 2000), se presenta ahora la tercera y potencialmente más fragmentada fase de la revolución en Internet, la IoT. El término IoT se refiere a una visión en la que la Internet se extiende conectando los objetos cotidianos a la red, permitiéndoles conectarse entre sí y cooperar unos con otros, en forma ubicua y en cualquier

momento. Ya en los años 1990’s Mark Weiser había forjado su teoría de los ambientes ubicuos del futuro expresando “*las tecnologías más exitosas son las que desaparecen, se entretrejen con la trama de la vida cotidiana hasta que no se distinguen de ella*”.

Cabe remarcar que la IoT es una visión de la Internet del Futuro y como tal, es un campo aún en desarrollo. No existe una implementación concreta que pueda denominarse IoT, sino que se presenta como un conjunto de tecnologías que permitirán, en el futuro, concretar la visión de la interconexión de los objetos cotidianos a la red. IoT se basa en sólidos avances tecnológicos y en nuevos conceptos en cuanto a ubicuidad de las redes donde cada “cosa” existente en el mundo físico también puede convertirse en un elemento que está conectado a Internet [5].

Se refiere a un mundo donde los objetos físicos y los seres, los datos y los entornos virtuales; estarían todos ellos relacionados entre sí tanto temporal como espacialmente. IoT interactúa con el mundo físico llevando a “Internet” al escenario seleccionado, generalmente instalando transceptores en distintos elementos de la vida cotidiana, permitiendo y desarrollando un nuevo modelo de comunicación, ya no solamente entre personas y cosas, sino también entre las cosas entre sí (Figura 1).



Source: ITU.

Figura 1. Dimensiones de la comunicación en las TIC's

<sup>1</sup> Internet de las Cosas: IoT, Internet of Things

Basado en el esquema anterior, se visualiza la multiplicación exponencial de las conexiones para crear una red con una dinámica completamente nueva.

Las “cosas” no necesariamente deben ser ni convertirse en computadoras, pero pueden caracterizarse como pequeños dispositivos capaces de diferentes tareas, por lo cual se les denomina “cosas” inteligentes; que no son sinónimo de conceptos tales como computación ubicua ó inteligencia ambiental [6].

Estos conceptos tienden a centrarse en describir la forma cómo los humanos interactúan con su entorno. Los elementos inteligentes no son siempre invisibles e imperceptibles [7], en realidad son actuadores no reactivos capaces de adaptarse a los cambios en su medio ambiente de manera autónoma.

Entonces ¿cuáles son las diferencias o similitudes que nos permiten discernir entre IoT e internet tal como la conocemos?

IoT ha evolucionado a contracorriente de la forma usual de desarrollo de las tecnologías, donde se propone una idea y luego se genera la tecnología necesaria. IoT ha cobrado relevancia de la mano de los avances en el desarrollo y sociabilización de nuevo hardware durante la primera década de éste siglo, avanzando en la miniaturización de los dispositivos, el aumento en la capacidad de procesamiento y de transmisión, y de nuevas técnicas de ahorro energético.

Tabla 1. Tecnologías e Internet de las Cosas

IoT- Tecnologías que Contribuyen al desarrollo	IoT-Tecnologías que adicionan valor
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces máquina-máquina (M2M)</li> <li>• Protocolos de comunicación electrónica</li> <li>• Microcontroladores</li> <li>• Comunicación inalámbrica</li> <li>• Tecnología RFID</li> <li>• almacenamiento de energía</li> <li>• Sensores</li> <li>• Actuadores</li> <li>• Software</li> <li>• Tecnología de localización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etiquetado Geográfico</li> <li>• Biometría</li> <li>• Máquinas de Visión</li> <li>• Robótica</li> <li>• Realidad aumentada</li> <li>• Escenarios paralelos</li> <li>• Telepresencia</li> <li>• Interfaces tangibles</li> <li>• Tecnologías limpias</li> </ul>

Ello ha conllevado asimismo que los costos de producción decrezcan continuamente a lo largo del tiempo, fundamentalmente por cuestiones de escala, hasta convertirse en asequibles por cualquier persona [8].

En la Tabla 1 se mencionan y diferencian a las tecnologías que contribuyen al desarrollo de IoT, así como a aquellas que potencialmente le adicionan valor.

### 1.1. Infraestructura de red IoT

La infraestructura soporte ha evolucionado rápidamente en los últimos años. Hoy con el advenimiento IPv6<sup>2</sup> y de la posibilidad teórica de direccionamiento de alrededor de 340 undecillones de dispositivos (2<sup>128</sup>) se obtiene una inagotable capacidad de direccionamiento de dispositivos en las redes del futuro.

El número de teléfonos móviles para fines de 2011 alcanzaron las 6.000 millones de unidades [9] convirtiéndose en la tecnología líder en inversiones en cuanto a telecomunicaciones. Este avance y desarrollo ha derramado en otras tecnologías emergentes la posibilidad de un acompañamiento en el desarrollo.

Hoy, estamos viviendo cambios en la interacción con la red, desde el acceso primario por medio de PC a la actual y globalmente adoptada de acceso por dispositivos móviles (teléfonos, portátiles o Tabletas). Los terminales de los usuarios son provistos con una cantidad cada vez mayor de sensores y actuadores. La combinación de estos elementos crea un entorno capaz de percibir, calcular, y por lo tanto actuar inteligentemente en la red en la cual se encuentra.

Los diferentes objetos físicos, cada vez más frecuentemente son presentados por medio de sensores, tarjetas RFID o códigos de respuesta rápida (QR-Codes). Este tipo de combinaciones interconectan al mundo físico con internet.

### 1.2. Caracterización de IoT

La Internet del mundo real se basa en la ubicuidad de los dispositivos móviles y la

<sup>2</sup> Internet Protocol versión 6.

proliferación de redes inalámbricas, permitiendo a todos el acceso permanente a Internet continuamente y en cualquier lugar. La historia del éxito económico de Internet ha comenzado con la WWW, que ha permitido a empresas alcanzar a los clientes en forma global para así proveer y distribuir contenidos a costos muy bajos. Con la web 2.0 se ha avanzado en contenidos generados por los propios usuarios. IoT permite que el mundo físico (cosas y lugares) generen datos de manera autónoma. IoT nace para llevar la red hacia el evento, permitiendo aumentar la granularidad del acto de “sentir”, adicionando millones de terminaciones nerviosas nuevas (equipos); y con ello habilitando una herramienta que permite adentrarse a un nuevo mundo de oportunidades, desafíos, como también de nuevos riesgos.

El aumento de la capacidad y potencia de cómputo de los dispositivos ayuda a las personas a generar sus aplicaciones, las que son propias para cada actividad social y cognitivas. La independencia del vínculo físico visible no importa solamente en los dispositivos de usuario, otros elementos (prendas de vestir, neumáticos, cepillos de dientes, edificios) pueden poseer la capacidad de conectarse y colaborar comportándose como un elemento más de una red global de dispositivos, con conectividad a diferentes nodos a través de redes locales ó globales [5].

Si bien existen algunos experimentos embrionarios bien conocidos sobre IoT - Arduino, Nabaztag, Pachube, Touchatag, Thingspeak, Cosm, etc- , el camino a recorrer es bastante largo aún. Hoy los objetos son capaces de intercambiar información en una “Intranet de cosas” en ambientes donde los procesos son bastante controlados. La cuestión aún no resuelta tiene que ver con la interconexión a Internet de las Cosas, que por definición deberían ser abiertas, aleatorias y complejas.

Cabe preguntarse ahora: ¿Es IoT solamente otra cara de los conceptos bien conocidos de computación inalámbrica, inteligencia ambiental, y de las WSN y RFID? ¿Qué es

realmente IoT? ¿Cuáles son sus principales componentes?

Entre las diferencias sustantivas con Internet, tal como la conocemos hoy, encontramos a la invisibilidad del hardware, el número de nodos, la conectividad, la orientación de los servicios y la especificidad de tarea.

Por norma, el hardware destacado para IOT es considerablemente diferente a lo que estamos acostumbrados a ver en las redes contemporáneas. Fundamentalmente esto se debe a que el propósito de las tecnologías es completamente diferente. Mientras cada uno de los nodos en Internet hoy está conformado normalmente por equipos con gran disponibilidad de recursos (PCs, teléfonos inteligentes, laptops, tabletas) utilizados como estaciones de trabajo; en el dominio de IoT las terminales de red son de tamaño insignificante, y en muchos casos incluso invisibles y de muy escasos recursos de cálculo y transmisión.

Las diferencias paradigmáticas, pasan por la necesidad de las primeras (internet de hoy) de permanecer conectadas a las redes de energía eléctrica, a diferencia de las “cosas” que deben funcionar durante largos períodos de tiempo antes de desaparecer o extinguirse. Comparando los procesos de transmisión y recepción, potencia de cálculo, capacidad de almacenamiento y consumo energético los nodos IoT poseen una fracción de las capacidades de las terminales/servidores actuales; siendo una de las reglas fundamentales en el dominio IoT que las “cosas” no interactúan directamente con humanos.

Hoy, diseminados en el planeta existen más de  $4 \cdot 10^9$  teléfonos móviles inteligentes;  $1,3 \cdot 10^9$  computadoras personales, cámaras de diferentes tipos, PDAs y servidores [10], los cuales prestan servicio al 33% de las siete mil millones de personas que lo habitamos para que permanezcamos interconectados.

Pareciera que los números anteriores son inconmensurables, pero no son más que una fracción de la totalidad de “cosas” que se

crean y fabrican todos y cada uno de los días del año.

Las tecnologías ofrecidas al usuario de Internet como última milla, han avanzado considerablemente, posibilitando elevada capacidad de tráfico, y un excelente nivel de calidad de servicios de transmisión de voz, datos, video y otros. En las acometidas domiciliarias por medios físicos como cobre y fibra óptica, un valor normal de tráfico de datos alcanza a los 5 Mbit/s. En el futuro cercano este valor alcanzará los 50-100 Mbit/s. En las WSN y de Identificación por Radiofrecuencia –RFID- la velocidad de transferencia 3 órdenes menor, rondando los 150 kbit/s.

. En Internet, la gran mayoría de los servicios orientados a los usuarios finales (e-mail, www, chat, VoIP, FTP, comercio, etc). IoT viene a definir un rango de servicios prestados, sin considerar en ningún caso la posibilidad de la intervención directa del humano.

En la mayoría de las aplicaciones en el dominio de IoT, los dispositivos inteligentes se comunican entre ellos de la forma M2M, comunicándose con las personas solamente ante la necesidad de toma de ciertas decisiones.

## 2. Arquitectura de red y tecnología

Para el desarrollo e implementación de los diferentes escenarios y entornos se han establecido diversas WSN utilizando como plataforma base equipos con un módulo principal iSense [11], que proporciona firmware operativo y de red modular, permitiendo la generación de aplicaciones pequeñas pero completas; proveyendo una base sólida para el desarrollo rápido de aplicaciones. El software iSense incluye un número variado de servicios y protocolos listos para usar, tales como ruteo, sincronización de tiempo y programación “en el aire”; integrando un procesador Jennic JN5139 con un sistema radial de 2,4 GHz compatible con normas IEEE 802.15.4, con ancho de banda de 250kbit/s, 192kB de ROM, 96kB of RAM, así como

una variada posibilidad para la utilización de periféricos analógicos y digitales. La modularidad de los equipos permite adicionar o eliminar los respectivos módulos de acuerdo a la preferencia y/o necesidad del proyecto encarado [12]. Para el desarrollo de aplicaciones embebibles en los nodos seleccionados, se ha utilizado plataforma PC+Linux en sus distribuciones Ubuntu y Debian.

La ilustración 2 muestra la arquitectura implementada en diferentes entornos, y el modelo jerárquico.

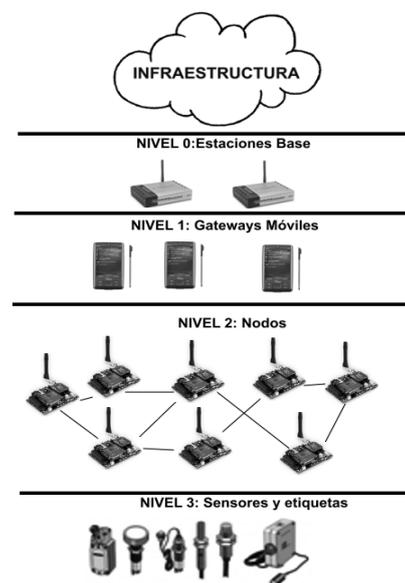


Ilustración 2. Arquitectura WSN

## 3. Experiencias y Métodos

Las implementaciones prácticas donde se han desarrollado y establecido escenarios donde interactuar con métodos y herramientas de Internet del futuro e IoT por medio del despliegue de WSN son:

- *Implementación de un Middleware WSN-IP-WWW*: Una aplicación de este tipo relaciona a las WSN a las redes existentes. La tendencia a la miniaturización de nodos conlleva a la necesidad de limitar el hardware embebido en cada nodo sensor, tanto por tamaño como a consumo energético [8].

La necesidad de conectividad no solamente entre nodos vecinos conduce a la necesidad

de realizar un encaminamiento multi-salto de los paquetes de información como método de reducción de potencia de transmisión de cada nodo.

La información recabada por WSNs es de importancia siempre y cuando pueda accederse a la misma de una forma sencilla y transparente.

La implementación de 6LoWPAN [13] en éste proyecto brinda un estándar a las WSN con fragmentación y compresión de las cabeceras de los paquetes IPv6 para ser transmitidos por 802.15.4. Esto no les permite a las WSN conectarse directamente a las redes existentes, lo que hace necesaria la utilización de una puerta de enlace capaz de direccionar los paquetes IPv6 de la WSN hacia el exterior.

Si bien existen variadas aplicaciones que brindan la posibilidad de publicar y manejar los datos de una WSN, en todos los casos se requiere de una infraestructura para el envío de datos [14] con propósito de almacenamiento y/o cálculo.

La arquitectura middleware implementada propuesta se puede observar en la Ilustración 3.

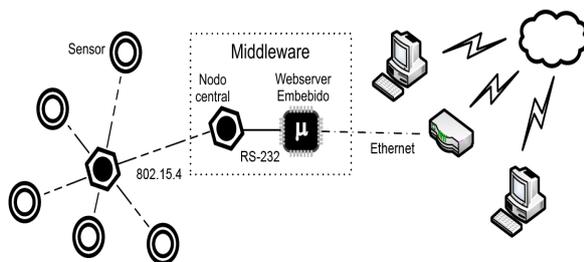


Ilustración 3. Arquitectura Middleware

El middleware propiamente dicho está compuesto por un nodo iSense caracterizado anteriormente, poseyendo una variada posibilidad para la utilización de periféricos analógicos y digitales. Por medio de un vínculo RS-232 se interconecta a una plataforma compuesta por un microprocesador ARM Cortex M4 [15], donde el acceso desde/hacia redes TCP/IP es realizado mediante un servidor web embebido.

La conectividad TCP/IP se logró implementando la librería uIP, la cual es una aplicación open source en lenguaje C para micro controladores de la pila de protocolos TCP/IP, cuya principal particularidad es la minimización de la memoria utilizada. Ésta librería soporta los protocolos TCP, UDP, IP, ICMP y ARP, proveyendo además una interfaz de programación de aplicación (API) que define como las aplicaciones interactúan con la pila TCP/IP –Protosockets-, muy similar a la API de sockets Berkeley [16] pero sin la sobrecarga de los entornos multitareas. Ciertas modificaciones se realizaron para portar el stack uIP de manera adecuada a la arquitectura ARM, para evitar incompatibilidades en cuanto a los tipos de datos y temporizadores requeridos en la implementación.

Mientras que la librería uIP proporciona conectividad TCP/IP, las funcionalidades de capa de enlace de datos se implementaron mediante el controlador Ethernet ENC28J60 de Microchip conectados mediante un bus SPI, añadido como periférico al procesador Cortex M4. Por otra parte la integración con la WSN se lleva a cabo a través de un nodo sensor de la red utilizado como concentrador de datos, donde allí por medio de un enlace 802.15.4 intercambia información desde y hacia la WSN, pudiendo determinar por medio de simple direccionamiento MAC desde que sección de la red provienen los datos o hacia que sección enviar los mismos.

• *Simulación de Redes de Sensores Remotos mediante interfaz Web.* La simulación por computadora ha permitido experimentar fácilmente con ambientes virtuales, alcanzando un nuevo nivel de detalle en el análisis de las aplicaciones naturales y artificiales, proporcionando una gran ayuda en el diseño y análisis de aplicaciones complejas.

Las WSN son bastante difíciles de modelar analíticamente, dado que por norma se tiende a realizar análisis sumamente simplificados. Toda simulación requiere de

un modelo apropiado basado en fundamentos teóricos y sobre todo, de fácil implementación práctica [17], considerando que los resultados de la simulación se extrapolan del escenario particular de análisis, con determinadas presunciones que ciertas veces no condice al comportamiento real de las WSN, comprometiendo seriamente con ello la credibilidad de las simulaciones realizadas. Bajo condiciones bastante realísticas referente a efectos físicos, datos, codificación de mensajes, efectos de la interferencia inalámbrica, limitaciones de procesador, etc., estas modificaciones de parámetros se han traducido inequívocamente en tiempos más prolongados de procesamiento.

Entre las metas consideran el análisis de las propiedades, como características propias de los eventos discretos, necesarios simular apropiadamente el comportamiento de una WSN. Se ha trabajado en el diseño de la interfaz para la captura y alta de parámetros, incorporación de los archivos particulares del proyecto y visualización de los resultados de simulación. Asimismo se pretende avanzar en el desarrollo de una solución del lado del servidor Web para procesar los datos colectados y generar los resultados de las simulaciones.

Estas tareas tienden a abstraer a los usuarios de la complejidad de los sistemas de simulación en sí, haciendo más amigable su utilización. Para ello se integra todo potencial de la herramienta de simulación Shawn [18] con las ventajas de los sistemas basados en la Web, permitiendo así simplificar el uso del simulador y disminuir los tiempos asociados al proceso de instalación.

- *Plataforma para la publicación de datos orientada a la visión de IoT.* Orientado al diseño de una plataforma para la captura, almacenamiento y publicación de datos de WSNs. La intención es desarrollar e implementar aplicaciones prototipo para considerar el impacto producido por las mismas en ambientes físicos estudiados en el entorno de ejecución del proyecto; buscando la factibilidad de implementación

práctica a escala macro. Se abordan cuestiones relativas a la conexión entre las tecnologías y aplicaciones inteligentes para los distintos ambientes, analizando y evaluando la gestión del tráfico automotor, soluciones para el estacionamiento vehicular de los ciudadanos, gestión de residuos domiciliarios, control parámetros de calidad, eficiencia del alumbrado público, control de ruido y sonidos urbanos y transporte público.

De las tareas se deberían identificar a las aplicaciones pertinentes para los distintos ambientes. Las aplicaciones y prototipos más prometedores serán seleccionados, y aplicados en el entorno real.

Considerando que más de la mitad de la población mundial vive ya en ciudades, y que ONU señala que el 70% de los seres humanos habitarán en centros urbanos en 2050 se ha avanzado en aplicaciones de conceptos de ciudades inteligentes para *Gestión de Residuos Domiciliarios*, diseñando un prototipo basado en WSN para la detección de contenedores de residuos domiciliarios que merecieran ser recogidos optimizando las operaciones de recolección, transporte y deposición de residuos domiciliarios, con la ayuda de Google Maps.

En este nuevo escenario sociológico y demográfico, con claros efectos económicos, políticos y medioambientales, se pretende la aplicación de IoT como un elemento facilitador de conceptos de ciudades inteligentes, como parte inseparable de Internet del Futuro.

#### 4. Resultados y Desafíos

De las tareas encaradas por el grupo de trabajo, han madurado iniciativas concretas de investigación e implementación de WSN en diversos escenarios (industriales, domótica, ciudades inteligentes y medio ambiente), con el fin de establecer redes ad hoc, sin infraestructura física preestablecida ni administración central. Cada uno de estos entornos ha sido investigado, desarrollado e implementado en diversos proyectos de

grado de alumnos de las carreras de Ingeniería Informática.

Como factor común a todos ellos y ante la necesidad de utilización intensiva, se han instalado y operado diferentes simuladores, apuntando a una transición transparente entre los diferentes entornos de simulación de redes y sistemas operativos, evitando así la necesidad de reutilización de entornos y equipamientos. Se ha experimentado con simuladores de libre disponibilidad a saber: NS-3, Shawn y OMNeT++, habiendo realizado corridas de simulación sobre topología, rendimiento y escalabilidad.

De los tres simuladores, Shawn se ha mostrado capaz de simular varios niveles de comportamientos e interacciones, siendo capaz de soportar la integración de numerosos nodos y variedad en las configuraciones, mostrándose dúctil al cambio de parámetros (escalabilidad), situación en la que supera las prestaciones de los otros paquetes investigados.

Si bien existen algunos experimentos embrionarios bien conocidos de repositorios de datos para IoT -Pachube, Touchatag, Thingspeak, Cosm - , el camino a recorrer es bastante largo aún. Hoy, los objetos puede intercambiar información en una “*Intranet de cosas*” en ambientes donde los procesos son controlados, la cuestión aún no resuelta tiene que ver con la interconexión a IoT, que por definición deberían ser abiertas, aleatorias y complejas.

En cuanto a la aplicación de conceptos de ciudades inteligentes se ha establecido una estrategia de búsqueda de soluciones para mitigar los problemas generados por el crecimiento de la población urbana; empleando para ello todas las posibilidades ofrecidas por la tecnología emergente de la IoT, tendiendo a que la vida cotidiana de los ciudadanos sea cada vez más simple y conveniente, propendiendo a objetivos globales comunes. Se han intervenido escenarios de tránsito vehicular, control de contaminación, mapa de ruido, mapa de polución del aire, recolección de residuos, estacionamiento e iluminación pública.

Como principales desafíos identificados en el dominio de IoT como parte de Internet del Futuro se encuentran: a) *estandarización* que es el requerimiento primordial para facilitar la globalidad de IoT, b) *privacidad* asegurando propósitos de identificación y seguimiento, c) *autenticación* para protección contra accesos indebidos, d) seguridad en cuanto interceptaciones de transmisiones, e) *confiabilidad* asegurando autenticidad de la información en tránsito, f) *integración* formalizando la colaboración y cooperación de las personas, aplicaciones, procesos y servicios, g) *coordinación* al utilizar eficientemente la información y h) *regulación* ya que involucra a las leyes y preceptos locales, gubernamentales e internacionales

## 5. Conclusiones

Los sensores en redes inalámbricas integradas con los objetos cotidianos se convertirán en una parte integral de la Internet del Futuro, donde la interacción entre las personas, la computadora y los objetos cambiará la actual Internet a un nuevo paradigma, Internet de las Cosas. El torrente de datos generados por miles de millones de sensores que pertenecen a un gran número de WSN distribuidos en Internet del futuro sólo será valioso si pueden ser utilizados con eficacia, conllevándonos a la necesidad de un marco de procesamiento de consultas en línea a gran escala.

El cambio experimentado de paradigmas envuelve a la sociedad toda, debiendo atenderse los desafíos éticos y tecnológicos a nivel global. El crecimiento de la red sin ningún tipo de regulación o interferencias podría devenir en una sociedad bajo vigilancia, donde la privacidad de cada uno de los individuos se vería fuertemente amenazada por el registro de viajes, derroteros, ubicaciones y transacciones económicas. Internet de las cosas debe abocarse a mitigar los riesgos en una sociedad donde la información propia debe

ser transparente para aquellos actores seleccionados y totalmente invisibles para los demás.

El desarrollo de IoT depende de la dinámica de la innovación tecnológica en campos tan diversos como los sensores inalámbricos, la nanotecnología, y el software para sistemas embebidos. Las redes serán en el futuro un negocio próspero y de bajo costo, y la dependencia de la tecnología podría convertirse en un problema serio para las generaciones por venir.

Además del enfoque en las redes; las tecnologías subyacentes tales como acceso móvil, redes inalámbricas y redes de fibra siguen siendo los factores clave para el desarrollo de Internet en el futuro. Los principales desafíos son el soporte de aplicaciones para banda ancha móvil, manejo de escenarios, escalabilidad incluyendo soporte QoS, seguridad y confiabilidad.

## Trabajos Citados

- [1] T. O'Reilly, "What Is Web 2.0," 2005. <http://tiny.cc/w6eetw>
- [2] M. Weiser, "The computer for the 21st century," *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, vol. 3, no. 3, 1999.
- [3] Alexa, "Alexa, the Web Information Company," <http://goo.gl/vBZ1X>
- [4] CORDIS - Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo, 2013. <http://tiny.cc/w1fetw>
- [5] International Telecommunication Union, "ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things," 2005.
- [6] Information Society Technologies Advisory Group, "Orientations for Workprogramme 2000 and beyond," 2000.
- [7] K. F. J. H. Gerben G. Meyer, "Intelligent Products: A survey," *Computers in Industry*, vol. 60, no. 3, pp. 137-148, 2009.
- [8] E. Sosa, "Tesis Doctoral: "Contribuciones al Establecimiento de una Red Global de Sensores Inalambricos Interconectados", " Universidad de La Plata, La Plata, 2011.
- [9] International Telecommunication Union, "Key Global Telecom Indicators for the World Telecommunication Service Sector," 2012. <http://ow.ly/nB7Wm>
- [10] mobiThinking, "Mobile Marketing Experts," 2013. <http://mobithinking.com/>
- [11] Coalesenses GmbH, "Bridging the gap between virtuality and reality," coalesenses GmbH, 2010.
- [12] coalesenses GmbH, "iSense Weather Sensor Module," 2013. . <http://goo.gl/hoypi>
- [13] Internet Engineering Task Force (IETF), "IPv6 over Low power WPAN (6lowpan)," 2013. <http://goo.gl/eMyk1>.
- [14] E. O. SOSA, S. FISCHER and F. J. DIAZ, "Twitter, Soporte de una Red de Sensores Inalámbricos," in *XII REUNIÓN DE OTOÑO DE POTENCIA, ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN, ROPEC, IEEE*, Colima, Mexico, 2010.
- [15] ARM, "The Architecture for the Digital World," 2013. <http://tiny.cc/h9nftw>
- [16] University of Princeton, "Berkeley sockets," . <http://goo.gl/Z4GwL>
- [17] E. Egea-López and e. al., "Simulation Tools for Wireless Sensor Networks," in *Summer Simulation Multiconference - SPECTS 2005*, 2005.
- [18] S. Fekete, A. Kroller, S. Fischer and D. Pfisterer, "Shawn: The fast, highly customizable sensor network simulator," Braunschweig, 2007.