

# Diagnóstico y Metodología para la Implementación de "Internet of Things" en el Planeamiento y Desarrollo de Ciudades Inteligentes

Gustavo Mercado<sup>1</sup>, Luis Álvarez<sup>2</sup>, Luis Bocaccini<sup>3</sup>, Marcelo Ledda<sup>1</sup>, Javier Membrives<sup>3</sup>, Maximiliano Muros<sup>3</sup>,  
Lucas López<sup>3</sup>, Damián Juárez<sup>3</sup>, Laura Guillén<sup>3</sup>,  
Florencia Gómez<sup>3</sup>, Gonzalo Favaro<sup>3</sup>, Gonzalo Ciperiani<sup>3</sup>, Sofía Dumé<sup>3</sup>, German Berra<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>GridTICs – Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones  
Departamento de Electrónica / Facultad Regional Mendoza / UTN  
gustavo.mercado@gridtics.frm.utn.edu.ar

<sup>2</sup>IRESE – Instituto Regional de Estudios de Energía  
Departamento de Electromecánica/Facultad Regional Mendoza/UTN  
alvarez.irese@frm.utn.edu.ar

<sup>3</sup>CIDER: Centro de Investigación y Desarrollo Regional  
Facultad Regional San Rafael / UTN  
libocaccini@frsr.utn.edu.ar

## Resumen

El paradigma de “Ciudades Inteligentes”, como aquellas que adoptan soluciones novedosas para el mejoramiento de la vida de los ciudadanos, tienen cada vez más relevancia y protagonismo. Desde el punto de vista “tecnológico”, normalmente se emplea el concepto de “Internet de las Cosas” (IoT Internet of Things) para el desarrollo de las Ciudades Inteligentes. Este proyecto pretende entender y analizar las distintas alternativas de IoT en ciudades de la provincia de Mendoza y determinar, de acuerdo a las características y necesidades propias de cada ciudad, un modelo para el desarrollo de la Ciudad Inteligente. Se debe abordar el problema analizando las necesidades de las ciudades, con un enfoque a la sustentabilidad, habitabilidad y desarrollo urbano. Se llevarán a cabo acciones para determinar las necesidades y proponer las soluciones que utilicen tecnologías de IoT y de Smart Cities. Se cuenta con la colaboración, mediante convenios, de las autoridades y del personal técnico de los municipios intervinientes. (Mendoza y San Rafael), También se llevan a cabo encuestas ciudadanas con el propósito de verificar el nivel de apropiación de las tecnologías de IoT, por parte de los ciudadanos. Al final se genera y se propone una solución tecnológica de IoT y se determina un orden de prioridades y costos. Las ciudades intervinientes, podrán utilizar estos conocimientos para avanzar en el desarrollo propio de “Ciudad Inteligente”.

**Palabras Clave:** Smart Cities, Smart City,

Internet of Things, Internet de las Cosas, Ciudades Sustentables, Desarrollo Urbano

## Contexto

El presente trabajo está inserto en el proyecto de investigación acreditado por la Universidad Tecnológica Nacional código ENTUNME0004275 denominado “Mendoza(s) Smart Cities”: *Diagnóstico y metodología para la implementación de "Internet of Things" en el planeamiento y desarrollo de ciudades inteligentes: Caso de estudio ciudad de Mendoza y ciudad de San Rafael*. El proyecto es del tipo “Tutorado” y llevado adelante por investigadores y becarios de la Facultad Regional Mendoza y Facultad Regional San Rafael.

## Introducción

Una de las principales particularidades que llevo al hombre a ser la especie dominante en el planeta tierra fue su capacidad de sociabilizar. Esta capacidad lo llevo a vivir en sociedad y agruparse desde principios de la especie, en lo que hoy denominamos ciudades. Incluso, es tan común la vida en las diferentes ciudades del mundo, que plantearse el hecho de una vida en completo aislamiento de nuestros pares, es cada vez más complicado.

Sin embargo, no fue hasta los tiempos de la evolución industrial, cuando esas ciudades se convirtieron en los motores del crecimiento económico. Esta revolución aportó prosperidad a muchos países, pero su constante desarrollo no siempre fue de la manera “más inteligente” [1]. En

muchos casos, la superposición de un gran número

de individuos en una zona en particular llevó a tener problemáticas complejas, como por ejemplo la expansión directa de enfermedades, generando plagas que, en varias oportunidades, disminuyeron notablemente el número de habitantes.

La vida moderna, ha llevado al aglutinamiento de muchos individuos en ciudades, generando esto mismo, diferentes desventajas, como lo son: mayor consumo de energía, emisión de mayor cantidad de residuos, congestiones en las llamadas zonas céntricas, etc. Para solucionar este tipo de inconvenientes se han creado planes de desarrollo para el crecimiento sustentable de las ciudades. El objetivo es tratar de generar y desarrollar elementos tecnológicos, en innovación permanente, que no sólo mejoren la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también mejoren los estándares de eficiencia y sustentabilidad de recursos para mejorar la productividad y reducir emisiones de desechos contaminantes.

Es así como surge el concepto de Smart city, o ciudad inteligente, la cual se puede describir como [2] aquella ciudad que aplica las tecnologías Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things) con el objetivo de proveerla de una infraestructura que garantice:

- Un desarrollo sostenible.
- Un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos.
- Una mayor eficacia de los recursos disponibles.
- Una participación ciudadana activa.

Por lo tanto, son ciudades que son sostenibles económica, social y medioambientalmente. La Smart City nace de la necesidad de mantener una armonía entre estos aspectos.

En Argentina el crecimiento de Ciudades Inteligentes es dispar, pero se denota una consistente tendencia hacia la modernización y sustentabilidad en determinadas ciudades [3].

El objetivo particular de la implementación de IoT es la resolución de problemáticas modernas las cuales mencionaremos brevemente a continuación:

#### **Estacionamiento inteligente, monitoreo de aparcamientos disponibilidad en la ciudad.**

El smartparking o estacionamiento inteligente [4], permite la ayuda a conductores para reducir el tiempo de búsqueda de lugares de estacionamiento en las zonas más congestionadas de capitales y ciudades más importantes del mundo. Esto contribuye a evitar la contaminación del aire, ya que en muchos casos el tiempo de búsqueda es

excesivo. Zonas importantes, como la de Westminster en Londres, son pioneras en la aplicación de estas tecnologías. No sólo les ha permitido reducir la cantidad de congestionamientos en zonas urbanas, sino que su aplicación viene acompañada de una reducción de emisiones contaminantes. Los más famosos ejemplos están enumerados en [5], entre los que se destacan Autostadt CarTowers - Wolfsburg, Alemania, el Smart Tower Europa o el estacionamiento flotante Umi-Hotaru - Tokio, Japón.

#### **Bicycling, gestión de transporte servicios ciclisticos.**

El BID (Banco Interamericano de Desarrollo), en el ciclo de inclusión, en las ciudades de América Latina y el Caribe (ALC) [6], deja constancia que uso de la bicicleta como medio de transporte urbano está creciendo significativamente y está ayudando a mejorar la movilidad, la equidad y el acceso a oportunidades socioeconómicas. El ciclismo urbano es una opción de movilidad con alto potencial para reducir algunos de los problemas de nuestras ciudades: la congestión de tráfico, la mala calidad del aire y las emisiones de gases que contribuyen al cambio climático. La bicicleta como opción de transporte contribuye al desarrollo y a la competitividad de las ciudades.

Estos beneficios sólo pueden materializarse si se construye o adapta infraestructura ciclo-incluyente, si los ciudadanos se involucran en los procesos de planeación de movilidad, si se adoptan políticas que regulen el uso y si las secretarías de movilidad cuentan con la información necesaria para monitorear el desempeño del uso de la bicicleta.

**Mapas de ruido urbano:** monitoreo de sonido en zonas de bar y zonas céntricas en tiempo real. La contaminación sonora no es un problema menor. Nuestros oídos son muy sensibles al ruido, y cualquier ruido superior a 85 decibelios (DB) se considera perjudicial para el oído humano. Según el Instituto Nacional de la Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación de los Estados Unidos (National Institute on Deafness and Other Communication Disorders) [7], nos exponemos a por lo menos 85 decibelios de ruido cuando oímos los sonidos del tráfico de la ciudad. Y pérdida de la audición no es la única consecuencia potencialmente peligrosa de entornos ruidosos. La Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas informa que la hipertensión arterial, aumento del nivel de estrés y ataques de ansiedad más frecuentes son parte de una larga lista de posibles efectos. En respuesta a todo esto surgen los mapas de ruido urbano, los cuales monitorean

en tiempo real los niveles de ruido de zonas conflictivas de distintas ciudades mediante el empleo de teléfonos inteligentes [8].

**Congestionamientos de tráfico:** control de vehículos y peatones niveles para optimizar las rutas de conducción y caminar.

Se espera que número de vehículos en las carreteras del mundo se duplique a alrededor de 2,5 millones en 2050. Sin embargo, en lugar de aumentar la congestión, la contaminación, las colisiones y la angustia de cercanías como era de esperar, todo lo contrario puede llegar a pasar [9].

¿Cómo puede haber más vehículos, pero menos tráfico en el futuro? Ciertamente, los gobiernos no están poniendo dinero - y concreta - en la construcción de más carreteras. Hoy en día, la tecnología está revolucionando casi todo lo imaginable sobre cómo llegar del punto A al punto B.

Armado con datos de los sensores en las carreteras y los vehículos, las ciudades ya están utilizando el análisis predictivos para anticipar y reducir la congestión del tráfico. Los conductores utilizan las redes sociales para detectar y evitar el estancamiento. Los urbanistas analizan datos para establecer claramente que las nuevas rutas de autobús más se necesitan. Incluso la forma en que parque está siendo reinventado.

Ciudades de todo el mundo se enfrentan a un rápido crecimiento y las crecientes dificultades de transporte. Pero ese crecimiento también proporciona oportunidades para construir sistemas de transporte inteligentes que mejoren fundamentalmente cómo las ciudades y los ciudadanos gestionar sus rutas de transporte.

**Iluminación inteligente: adaptación en luces de la calle y edificios.**

En las ciudades y edificios inteligentes [10], los niveles de iluminación pueden variar en función de variación de la luz natural, evitando así el derroche de energía, reduciendo los costos, y aumentando el confort. Atenuaciones de la iluminación en función de nuestra actividad: luces tenues de orientación en zonas de paso o con actividades como ver una película, niveles y configuraciones relajantes para una iluminación ambiental de descanso o tertulia, zonas de luz intensa para la lectura o una iluminación más viva cuando necesitamos que el ambiente nos transmita energía. Esto hace de su vivienda un lugar de pleno confort en cada ocasión.

**Gestión de residuos: detección de los niveles de basura en contenedores para optimizar las**

**rutas de recolección de basura.**

Desde la década de los ochenta, la importancia de la política de la Unión Europea sobre protección del medio ambiente y los recursos naturales ha ido aumentando sin cesar. La razón se debe a que las amenazas de daños y deterioro que pesan sobre el medio ambiente distan mucho de estar controladas. Por fortuna, cada vez son más las personas que, conscientes de los peligros latentes, exigen medidas de protección más decididas a nivel nacional y mundial.

En el siglo XX, cuando la población mundial creció y se tornó más urbana y próspera, la producción de residuos aumentó en diez veces. Al día de hoy, una persona media en Estados Unidos desecha el equivalente a su peso corporal en la basura cada mes. Por ello, la gestión de los residuos sólidos es uno de los mayores gastos en los presupuestos municipales.

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) [11], Austria, Alemania y Bélgica son los países que reciclan mayor proporción de residuos urbanos. En total, en Europa se reciclaron el 35% de los residuos urbanos en 2010, una mejora significativa respecto al 23% registrado en 2001. Sin embargo, el estudio indica que a muchos países les resultará extremadamente complicado alcanzar los objetivos impuestos por la UE de reciclar el 50% de los residuos domésticos y similares para el año 2020.

De acuerdo con el informe, el Reino Unido aumentó el porcentaje de reciclado de residuos urbanos de un 12% a un 39% entre 2001 y 2010, mientras que Irlanda incrementó las tasas de reciclado de un 11% a un 36% durante el mismo período. Eslovenia, Polonia y Hungría también han mejorado notablemente las tasas de reciclado desde su adhesión a la UE. Las tasas de reciclado más elevadas se registran en Austria, con una tasa del 63%, seguida de Alemania (62%), Bélgica (58%) y los Países Bajos (51%), que son los únicos miembros que ya superan el objetivo de reciclaje de residuos en un porcentaje del 50%. En cuanto a Suiza, aunque no es miembro de la Unión Europea, está considerado como un país ejemplar en el trato de residuos, con un porcentaje del 51% de basuras urbanas tratadas y una tasa de reciclaje supera el 95% en materiales como el vidrio. España, por su parte, se sitúa próxima al 35%.

**Red Inteligente de energía de seguimiento y gestión del consumo “Smart Grids”**

Desde su descubrimiento, la electricidad fue un movilizador de avances tecnológicos en todas las ramas de la actividad humana. La llegada de la red

eléctrica fue por sí un símbolo de progreso y mejora en la calidad de vida de las personas. Esa filosofía de progreso y de mejora continua se encuentra vigente, y cada vez con mayor fuerza en la actualidad. Sin embargo, estructuralmente no ha sufrido una transformación sensible que la adapte a las nuevas necesidades del mercado eléctrico.

Hasta poco tiempo atrás, el paradigma dominante consistió en la universalización del servicio. La excepción fue, por su criticidad, la red eléctrica de alta tensión. La red eléctrica del futuro requiere un salto cualitativo, no cuantitativo. Debido a la necesidad de administrar mejor los recursos energéticos, favorecer la protección del medioambiente y responder a los requerimientos cada vez más exigentes de calidad de servicio y producto, surge el concepto denominado Redes Eléctricas requerimientos cada vez más exigentes de calidad de servicio y producto, surge el concepto denominado Redes Eléctricas Inteligentes [12] (del inglés, Smart Grids). Este concepto se basa en incorporar a la red eléctrica tradicional dispositivos electrónicos tales como medidores, sensores o mandos; vinculados a través de distintas tecnologías de comunicación, logrando la centralización y uso de la información para provecho de todos los actores involucrados; optimizando el funcionamiento del sistema eléctrico. De esta forma es posible que las empresas de servicios puedan administrar eficientemente sus activos y que el usuario final gestione su consumo en forma racional.

## Objetivos y Resultados

### Objetivo Principal

Diagnosticar, evaluar y ponderar soluciones de sustentabilidad urbana, utilizando tecnologías inteligentes (IoT), aplicadas en casos de estudio locales.

### Objetivos secundarios

- Diagnosticar y determinar los problemas de sustentabilidad urbana que puedan ser solucionados con tecnologías inteligentes.
- Evaluar los problemas y soluciones y estimar y valorar las tecnologías inteligentes disponibles.
- Ponderar y determinar prioridades de necesidades/soluciones.
- Diseñar e Implementar prototipo de tecnología inteligente como modelo de concepto y prueba tecnológica
- Documentar y difundir los resultados.

### Avances y resultados preliminares

Al momento se está llevando adelante la primera tarea de la metodología del proyecto:

#### DIAGNOSTICAR:

Relevamiento de datos existentes: se relevarán con los actores intervinientes los datos correspondientes a actividades y trabajos relacionados con la sustentabilidad urbana y suburbana. A tales efectos se realizarán entrevistas con los encargados de planificación urbana y territorial de los municipios de interés, con funcionarios responsables de las áreas, y personas consideradas clave o expertas a los efectos de cubrir la mayor amplitud posible de datos existentes y de planificaciones acordadas previamente.

Se relevarán como ejes temáticos los siguientes: conectividad, movilidad, calidad ambiental, energía, habitabilidad y conectividad.

Las tareas que se realizarán son:

- Identificación de actores clave en los cuales relevar
- Formulación de convenios con instituciones - Caso de estudio Ciudad de Mendoza y Ciudad de San Rafael
- Relevamiento de antecedentes documentales y personales
- Estudio, en detalle, de tecnologías aplicables en smart cities, incluyendo disponibilidad y costos

## Formación de Recursos Humanos

Uno de los principales objetivos del proyecto es la capacitación de los recursos humanos.

La meta como investigadores es fortalecer la capacidad para realizar investigación científica, generar conocimientos y facilitar la transferencia de tecnología que permita el desarrollo humano.

Este proyecto de investigación posibilita la colaboración inter-institucional y la ejecución de proyectos conjunto entre grupos I+D de diferentes disciplinas.

Para lograr estos objetivos se dispondrá del siguiente personal:

- 4 Investigadores formados
- 1 Investigador de apoyo
- 1 Becario doctoral (beca UTN)
- 2 Becarios graduados (Beca BINID UTN)
- 4 Becarios alumnos (Beca alumno UTN) 1
- Tesista de posgrado de especialización 2
- Tesistas de carrera de grado

Adicionalmente se realizarán:

- Dictado de Cursos, Seminarios y Conferencia para público especializado de la región.

- Promoción, coordinación y asistencia técnica de tesis de grado para alumnos de Ingeniería de Sistemas de Información e Ingeniería Electrónica de la FRMza
- Promoción, coordinación y asistencia técnica a pasantes alumnos, cursantes de carreras de grado y de pre-grado en el ámbito de la UTN FRMza
- Promoción, coordinación, dirección y asistencia técnica a Tesis doctorales, postgrado y/o maestría.
- Presentación de Trabajos en Congresos y Reuniones Técnicas/Científicas.
- Publicación de Trabajos en revistas con/sin referato.

## Referencias

- [1] Carol L. Stimmel, "Building Smart Cities: Analytics, ICT, and Design Thinking", Auerbach Publications.
- [2] Peter Waher, "Learning Internet of Things", 1st Edition, O'Reilly Ed
- [3] Capellán, Norberto, "Ciudades Inteligentes EL APORTE DE LAS TIC A LA COMUNIDAD" 1a ed, 2016, ED Autores de Argentina
- [4] Stephen Goldsmith, Susan Crawford "The Responsive City: Engaging Communities Through Data-Smart Governance", Jossey-Bass
- [5] Aparcamientos más extraños del mundo, <http://listas.20minutos.es/lista/aparcamientos-mas-extranos-del-mundo-365003>, visitado 23/2/2017
- [6] BID, "Ciclo de inclusión, en las ciudades de América Latina y el Caribe - Guía para impulsar el uso de la bicicleta", Banco Interamericano de Desarrollo, 2015.
- [7] National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIDCD) <https://www.nih.gov/about-nih/what-we-do/nih-almanac/national-institute-deafness-other-communication-disorders-nidcd>, visitado 5/3/2017
- [8] Mike Barlow. "Smart Cities, Smarter Citizens", O'Reilly Ed.
- [9] GSMA Connected Living Programme "Intelligent Transportation Systems Report for Mobile", 2015 GSM Association
- [10] Universidad Externado de Colombia, "Guía de territorios y ciudades inteligentes" Segunda edición 2013
- [11] Agencia Europa de Medio Ambiente. <http://www.eea.europa.eu/es>, visitado 23/2/2017.
- [12] Gustavo Mercado et.al, "SG-SM - Smart Grid San Martín Red de Distribución y Generación de Energía Inteligente en Ciudad Gral San Martín – Mendoza" Anales del WORKSHOP DE INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION WICC 2015 16 y 17 de abril de 2015 - Salta - ARGENTINA