cet.la

Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina

OPEN EVIDENCE

Universitat Oberta de Catalunya



Ciudades Inteligentes

Evaluación social de proyectos de Smart Cities

Autor principal: Francisco Lupiañez Villanueva

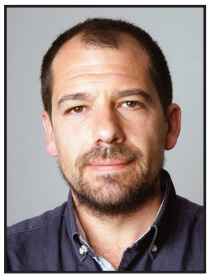
Montevideo
Agosto **2017**

cet.la

Ciudades Inteligentes

Evaluación social de proyectos de Smart Cities

Autor principal: Francisco Lupiañez Villanueva





Autoría

Francisco Lupiañez y Clara Faulí
Open Evidence | Universitat Oberta de Catalunya (UOC) | Barcelona (España).

Open Evidence
Open Evidence es una start-up de la Universitat Oberta de Catalunya formada por profesores, investigadores y consultores con más de 20 años de experiencia en investigación aplicada y consultoría.

Francisco Lupiañez
Francisco Lupiáñez-Villanueva es profesor de los Estudios de Ciencias de la Información y la Comunicación e investigador de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), además de cofundador de Open Evidence, spin-off de la UOC dedicada al análisis y evaluación de políticas, ayudando a las instituciones a tomar decisiones basadas en la mejor evidence disponible. Sus investigaciones giran alrededor de los aspectos sociales, económicos, culturales y políticos relacionados con las tecnologías de la información y la comunicación, con especial atención en las tecnologías innovadoras. Es también experto en metodología cuantitativas de análisis de evaluación y análisis de impacto.

Clara Faulí
Clara Faulí Molas es licenciada en Ciencias Políticas y de la Administración por la Universidad Pompeu Fabra (UPF) y tiene un Master en Economía y Econometría de la Universidad de Kent. En Open Evidence participa en diferentes proyectos para la Comisión Europea y otras organizaciones públicas y privadas. Trabaja sobre todo en las áreas de la innovación, la salud y el análisis de políticas públicas.

Es etudio fue realizado por requerimiento de cet.la. Los autores son responsables de su contenido.

Diseño

Diseño y edición de **Pablo García de Castro** para el cet.la

Imágenes

Portada. Jsphfrtz (Flicker)
Cabecera de página izquierda. Tim Parkinson y Ministerio TIC Colombia. ***imágenes tomadas de flicker***

‘Ciudades Inteligentes: Evaluación social de proyectos de Smart Cities’ es un documento publicado por el **Centro de Estudios de telecomunicaciones de América Latina** (cet.la).

Agosto 2017.

índice

Resumen Ejecutivo 05

Introducción 09

Concepto de Ciudades Inteligentes 11

Características de las Ciudades Inteligentes 16

Monitorización y análisis de impacto 18
- De la monitorización al impacto..... 18
- Métodos de Evaluación..... 19
- Indicadores. 24

Modelo analítico de toma de decisiones para las Ciudades Inteligentes 32

Referencias 43

Anexos..... 46
- Indicadores de Smart Economy. 46
- Indicadores de Smart Governance..... 47
- Indicadores de Smart Mobility. 48
- Indicadores de Smart Environment. 49
- Indicadores de Smart People. 50
- Indicadores de Smart Living. 51

cet.la
Dirección: La Casa de Internet, Rambla República de México #6125, Montevideo, Uruguay

Código Postal: 11400

Teléfono:+598 26042222

Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina
cet.la 2017

1. Resumen ejecutivo

El concepto de Ciudades Inteligentes o *Smart Cities* ha adquirido en los últimos años una marcada notoriedad en distintos ámbitos como el sector académico, las administraciones municipales o el mundo de los negocios. En este contexto, han surgido múltiples definiciones, algunas centrándose más en el rol fundamental de las TIC y otras tomando una perspectiva más amplia y poniendo el énfasis en elementos como el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gestión eficiente de los recursos, la gobernanza participativa, y la reducción de emisiones. Aquí hemos adoptado una definición clara y concisa, que combina los dos enfoques, la de **Ciudad que busca abordar los asuntos públicos a través de soluciones basadas en las TIC**.

El importante crecimiento de las intervenciones relacionadas con las Ciudades Inteligentes, ha creado una clara necesidad de disponer de un método para evaluarlas. Existen iniciativas que proponen una gran variedad de indicadores para medir la situación de las municipalidades en las dimensiones características de las Ciudades Inteligentes y para construir clasificaciones a fin de establecer comparaciones entre ciudades. No obstante, todavía son muy escasas las publicaciones centradas en la evaluación de proyectos en este ámbito, y no existe un marco que sea aplicable al conjunto de Ciudades Inteligentes. El presente informe intenta cubrir esta laguna, resaltando que la evaluación va más allá de la simple medición con indicadores, ya que aborda los efectos producidos directamente por la intervención y los impactos esperados (evaluación ex ante), investiga el mecanismo causal, compara los costos y esfuerzos invertidos con los resultados para examinar la rentabilidad, etc.

Para llevar a cabo la evaluación es indispensable disponer de indicadores para medir los *inputs* (recursos utilizados para implementar el proyecto), *outputs* (servicios y productos generados por el proyecto), outcomes (beneficios directos e indirectos causados por la intervención) e impactos (cambios estructurales en el largo plazo, derivados de *outcomes* producidos de forma sostenida). Por esto hemos recogido los principales indicadores utilizados en el marco de las Ciudades Inteligentes, clasificados en sus seis dimensiones características. Una de estas es la ***Smart Economy*** que incluye, por ejemplo, los costos económicos del proyecto, el número de nuevas *Startups* y patentes, y el porcentaje de exportaciones tecnológicas sobre el PIB. La *Smart Governance* hace referencia a elementos relacionados con la administración municipal (costo del personal involucrado en el proyecto, la implantación de un sistema de votación electrónico, la participación electoral, porcentaje de población que se relaciona con la administración vía Internet, etc.). La ***Smart Mobility*** comprende indicadores de





transporte y TIC, con un énfasis importante en la movilidad verde (número de semáforos inteligentes, número de estaciones de recarga de vehículos eléctricos, número de trayectos en transporte público por año, número de vehículos compartidos). En el área de ***Smart Environment*** se encuentran indicadores como el número de farolas inteligentes, el consumo de energía per cápita, la producción de energía solar, o las toneladas emitidas de CO2. Smart People incluye elementos como el número de ordenadores por estudiante, el grado de alfabetización digital de la sociedad, o el porcentaje de la población con grados universitarios. Finalmente, la dimensión de ***Smart Living*** cubre diversos ámbitos relacionados con la calidad de vida de la ciudad y presenta indicadores como el porcentaje de pacientes que son supervisados con monitorización remota, la esperanza de vida, el nivel de ciberseguridad, el coeficiente GINI, o el índice de pobreza energética.

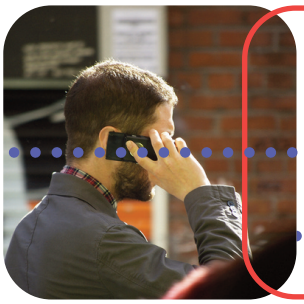
El modelo de evaluación que proponemos para los proyectos de las Ciudades Inteligentes es un modelo analítico de toma de decisiones basado en los modelos Markov. Su objetivo principal es el de servir de apoyo al proceso de toma de decisiones, y por eso permite efectuar análisis ex ante, previos a la implementación de una iniciativa concreta. Los modelos Markov se basan en la definición de un número concreto de estados, a los cuales se asocia unos costos y unos efectos determinados. Estos efectos pueden medirse con distintos indicadores según la intervención y el objetivo que esta persiga. Así, se pueden medir en valor monetario, en número de muertes evitadas, en toneladas per cápita, etc. También permite incluir más de un efecto, agrupando distintas medidas y, si se considera necesario, aplicando pesos para otorgar prioridad a algunos elementos (a efectos medioambientales, a efectos que beneficien los sectores más vulnerables, etc.). Los costos se dividen en implementación, costos periódicos necesarios para asegurar el buen desarrollo de la intervención, y costos asociados a cada estado. Otro punto clave del modelo es que establece la probabilidad que tiene la población de moverse de un estado a otro (transición), dentro de un intervalo de tiempo determinado. Las unidades que forman esta población pueden ser los ciudadanos, los hogares, barrios, sensores, autobuses, etc. El documento presenta una intervención hipotética: instalar sensores en la ciudad para mejorar el servicio público de autobuses, con el objetivo de promover su utilización y reducir las emisiones contaminantes. En este ejemplo los estados se

definen según el nivel de contaminación de los barrios de la ciudad, y la mejora del servicio de autobuses aumenta la probabilidad de transitar a estados con menor contaminación.

El modelo propuesto mide los distintos parámetros (efectos, costos, y probabilidades de transición) entre la intervención evaluada y la situación sin intervención (situación actual en caso de una evaluación ex ante, situación contrafactual, etc.). En el ejemplo, los efectos se miden a través de la utilidad derivada del nivel de contaminación atmosférica. Los costos de implementación se atribuyen sólo a la intervención, pero los costos periódicos (costo de la gasolina, salario de los conductores, etc.) se computan tanto para la intervención como para el servicio actual. Los costos asociados a cada estado incluyen los costos sanitarios de enfermedades respiratorias causadas por la contaminación, que son, por lo tanto, menores en los escenarios de contaminación reducida. Después de comparar los parámetros entre las dos situaciones, el modelo produce como resultado principal el costo-efectividad incremental (CEI), que indica el costo de conseguir una unidad de efecto. El CEI permite determinar la implementación o no de un proyecto específico. Así, si la intervención domina (es decir, es más barata y efectiva que la alternativa), se tendría que llevar a cabo. En cambio, si está dominada (es más cara y menos efectiva) no debería implementarse. En otras situaciones la decisión es menos clara, ya sea porque la intervención es más efectiva pero también más cara, o porque es más barata, pero menos efectiva. En estos casos, la decisión viene determinada por la disposición a pagar (DAP). Concretamente el proyecto se debería implementar si el CEI es inferior a la DAP.

En el ejemplo, la intervención inicialmente es más cara a causa de la inversión inicial. No obstante, al pasar los años la diferencia con la no intervención se va reduciendo porque los costos periódicos son menores. Al mismo tiempo, si se estima que la intervención lograría reducir la contaminación de los barrios, los costos también disminuirían ya que los estados de menos contaminación tienen asociado un costo menor. Por otra parte, los efectos acumulados de la intervención crecen más rápido que los de la no intervención (ya que hay más barrios que transitan hacia niveles más bajos de contaminación) y, en consecuencia, el efecto incremental es positivo y aumenta. Los costos y efectos incrementales son los que determinan la posición del CEI. Cabe resaltar que la simulación se realiza con unos parámetros determinados, los cuales son estimaciones y pueden desviarse de la realidad. Por eso, es positivo ejecutar el modelo múltiples veces para ver como los resultados varían al cambiar parámetros concretos. Estos distintos resultados conformarían el conjunto de escenarios posibles a los que se podría llegar en implementar un programa concreto, lo cual proporcionaría información clave a las autoridades encargadas de la toma de decisiones.







Ciudades Inteligentes. Evaluación de impacto

• Por Ciudad Inteligente o *Smart City* podemos entender aquella ciudad que busca abordar los asuntos públicos a través de soluciones basadas en las TIC. En este sentido, existen distintos indicadores para medir la situación de las municipalidades en las dimensiones características de las Ciudades Inteligentes: *Smart Economy, Smart Governance, Smart Mobility, Smart Environment, Smart People, y Smart Living*. Sin embargo, todavía son muy escasas las publicaciones centradas en la evaluación de proyectos de las Ciudades Inteligentes, y no existe un marco que sea aplicable al conjunto de ellas.

• El modelo de evaluación que proponemos para los proyectos de las Ciudades Inteligentes es un modelo analítico de toma de decisiones basado en los modelos Markov. Este modelo compara los parámetros de costos, efectos y probabilidades de transición entre estados entre la intervención evaluada y la situación sin intervención.

• El resultado principal es el costo-efectividad incremental (CEI) que permite determinar la implementación o no de un proyecto específico. La decisión es clara si la intervención es más barata y efectiva que la alternativa (se tendría que implementar), o si la intervención es más cara y menos efectiva (no debería implementarse). En las otras situaciones la decisión es menos clara (la intervención es más efectiva pero también más cara, o es más barata, pero menos efectiva). En estos casos, la decisión viene determinada por la disposición a pagar (DAP). Concretamente el proyecto se debería implementar si el CEI es inferior a la DAP.

• El modelo puede adaptarse a intervenciones distintas en el contexto de las ciudades inteligentes. Lo esencial es hacer una buena definición de los estados, los efectos y los costos. También permite incluir más de un efecto, agrupando distintas medidas y, si se considera necesario, aplicando pesos para otorgar prioridad a algunos efectos.

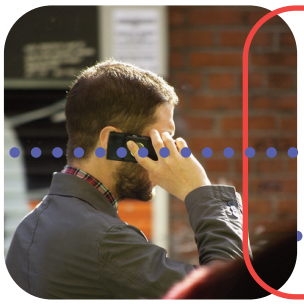
• El modelo puede ejecutarse múltiples veces, para ver como los resultados varían al cambiar parámetros concretos. Estos distintos resultados conforman el conjunto de escenarios posibles a los que se podría llegar en implementar un programa concreto.

1. Introducción

El objetivo de este documento es proveer un marco de evaluación que pueda ser utilizado por autoridades de ciudades y municipios para intervenciones en el dominio de las Ciudades Inteligentes. El concepto de Ciudades Inteligentes o *Smart Cities* ha adquirido en los últimos años una marcada notoriedad en distintos ámbitos como el sector académico, las administraciones municipales o el mundo de los negocios. En este contexto, distintas publicaciones han intentado definir las Ciudades Inteligentes, si bien no se ha llegado aún a una definición globalmente acordada. Una definición utilizada por distintos estudios y que también empleamos en el presente documento es la de **Ciudad que busca abordar los asuntos públicos a través de soluciones basadas en las TIC.** Otras publicaciones han ido más allá, describiendo las dimensiones de actuación de las Ciudades Inteligentes e intentando identificar qué ciudades pueden tener la etiqueta de inteligentes (European Parliament, 2014). Algunos documentos proponen una gran variedad de indicadores para medir la situación de las municipalidades en las dimensiones características de las Ciudades *Inteligentes* (UCLG, 2012). Además, hay iniciativas que utilizan los indicadores para construir clasificaciones a fin de establecer comparaciones entre ciudades (Caragliu, Del Bo, & Nijkamp, 2009; EY, 2016; Giffinger et al., 2007) o también entre proyectos específicos (CITYkeys, 2017). Algunas de ellas crean índices que agrupan los distintos indicadores, normalmente aplicando ponderaciones, para determinar el grado de inteligencia de una ciudad (CITYkeys, 2016; Kourtit, Nijkamp, & Arribas, 2012; Lazaroiu & Roscia, 2012). No obstante, todavía son muy escasas las publicaciones centradas en la evaluación de proyectos de las Ciudades Inteligentes. Hemos encontrado algunas herramientas para evaluar programas en dominios específicos de las Ciudades Inteligentes pero no un marco que sea aplicable al conjunto de Ciudades Inteligentes.

La evaluación tiene un rol fundamental en el desarrollo de proyectos, ya que es lo que permite determinar si un programa ha obtenido los resultados esperados o no, y así proveer información a los que deciden sobre su continuidad. Por otra parte, la evaluación ex ante analiza los resultados esperados de una o varias intervenciones antes de su aplicación, con tal de poder decidir si su implementación es conveniente. Cada intervención implica unos costos y deriva en unos efectos (positivos o negativos, de mayor o menor grado, y con posible efecto diferencial según los actores). Además, es necesario escoger entre alternativas normalmente excluyentes por restricciones presupuestarias, que no se pueden aplicar de forma simultánea para determinar a posteriori cual aporta más beneficios. Es por todo esto, que es esencial hacer uso de la evaluación antes, durante y al finalizar cada programa público o con un impacto público, como todos los que se inscriben en el marco de las Ciudades Inteligentes. Asimismo, el







grado de beneficios de una intervención sirve como justificación del esfuerzo necesario para implementarla tanto en términos de costos monetarios, como de tiempo o de costo de oportunidad.

A causa del crecimiento exponencial de los proyectos y otras iniciativas relacionadas con las Ciudades Inteligentes, existe una clara necesidad de disponer de un método para evaluar estas intervenciones. Sin embargo, la búsqueda realizada en el contexto de este estudio no ha identificado ningún marco de evaluación que aborde directamente esta necesidad. Es por eso que el presente informe intenta cubrir esta laguna. Cabe resaltar que la evaluación va más allá de la simple medición con indicadores como los que aparecen en muchos estudios sobre Ciudades Inteligentes. Por el contrario, la evaluación inquiere sobre los efectos producidos directamente por el programa y los impactos esperados (evaluación ex ante), investiga el mecanismo causal, compara los costos y esfuerzos invertidos con los resultados para examinar la rentabilidad, etc. Asimismo, nuestro marco de evaluación se centra en intervenciones, más que en determinar si una ciudad en su conjunto es o no inteligente; y se preocupa más por saber si la intervención es positiva para el municipio en cuestión que en la posición de este en comparación con otras localidades.

En cuanto a su estructura, el presente informe muestra primero una síntesis de las principales definiciones de Ciudades Inteligentes, con el fin de definir bien el objeto de estudio (sección 2). Esto incluye también una descripción de las características de las Ciudades Inteligentes y de las dimensiones que la componen (sección 3). La sección 4 versa sobre la evaluación, exponiendo sus rasgos principales, comparándola con la monitorización y presentando los métodos comúnmente utilizados. Esta sección también contiene una muestra de los indicadores usados actualmente para monitorear Ciudades Inteligentes. Estos están clasificados en dimensiones (áreas temáticas) y en tipo de indicador (input, output, outcome/impacto). Finalmente, la sección 5 detalla el método propuesto, un modelo analítico de toma de decisiones.

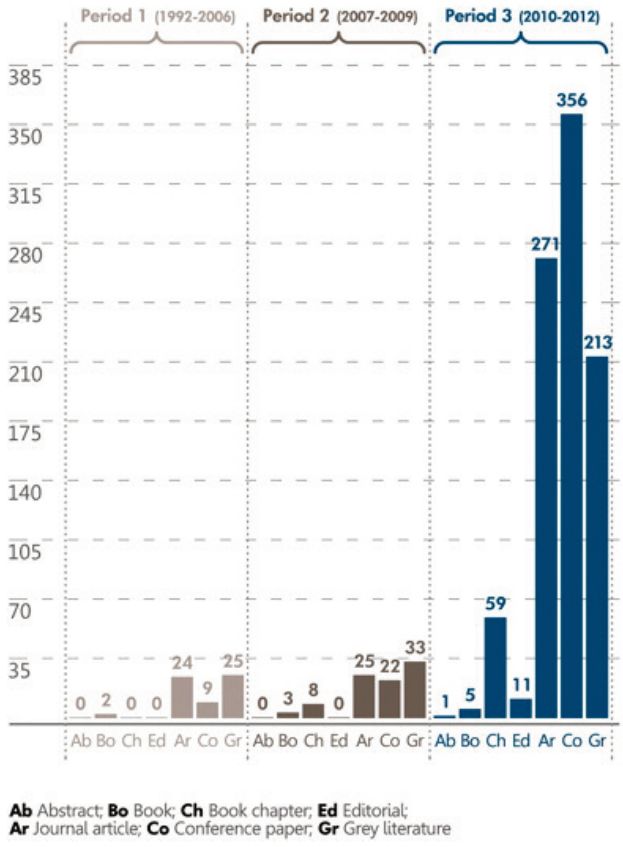
* * *

II. Concepto de Ciudades Inteligentes

Para poder establecer el marco de evaluación es necesario tener un conocimiento sólido sobre lo que se quiere evaluar, es decir, sobre el objeto de estudio. Es por esto, que esta primera sección trata de definir qué son las Ciudades Inteligentes, lo cual se complementa, en la siguiente subsección, con una descripción de sus dimensiones principales.

La popularidad del concepto de Ciudad Inteligente ha aumentado de forma espectacular desde que apareció por primera vez hace 25 años en el libro The Technopolis Phenomenon: *Smart Cities, Fast Systems, Global Networks* (Gibson et al., 1992). Cómo se puede ver en los siguientes gráficos, el interés en la comunidad científica ha crecido rápidamente y el número de documentos en el campo de las Ciudades Inteligentes en el período 2010-2012 ha sido claramente superior al de los años precedentes, con más de 900 nuevas publicaciones en tres años, lo cual representa el 85,9% del total de documentos en este dominio (Mora, Bolici, & Deakin, 2017).

Figura 1.
Documentos sobre Ciudades Inteligentes por tipo y período



Fuente: Mora, Bolici, & Deakin (2017)



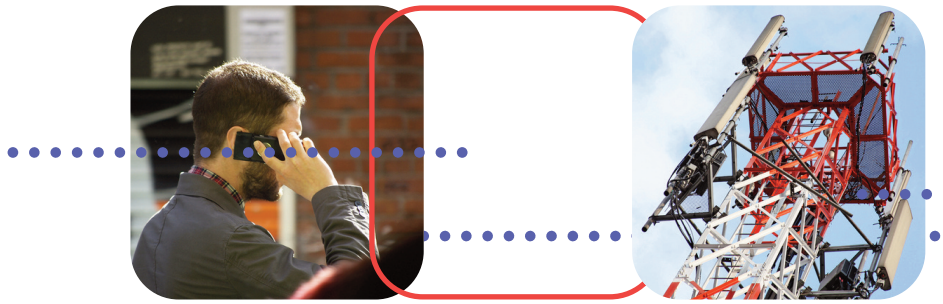
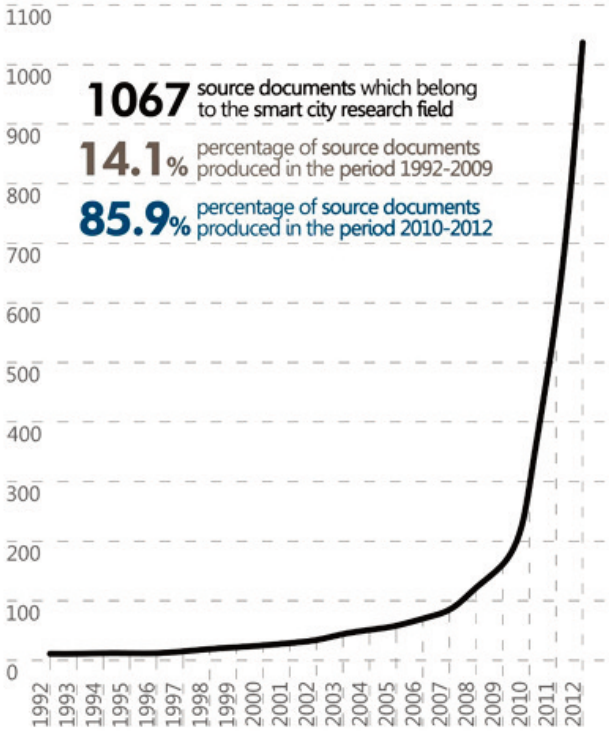


Figura 2. Crecimiento acumulado del número de documentos sobre Ciudades Inteligentes



Fuente: Mora, Bolici, & Deakin (2017)

El fenómeno de las Ciudades Inteligentes surge de dos tendencias características de la sociedad contemporánea: el proceso de urbanización y la revolución digital (IE & PWC, 2015). Sin embargo, no existe una definición global y acordada de Ciudad Inteligente, sino que distintos autores e instituciones han producido una plétora de definiciones. En base a su análisis bibliométrico sobre Ciudades Inteligentes, Mora, Bolici, & Deakin (2017) diferencian entre dos enfoques. El primero, es el enfoque holístico que se encuentra en las publicaciones de universidades europeas. El segundo es más característico de la comunidad de negocios americana y tiene un mayor componente tecnológico. De forma similar, el Parlamento Europeo en su informe *Mapping Smart Cities in the EU* (European Parliament, 2014) explica que hay definiciones que se centran básicamente en el

rol fundamental de las TIC en conectar servicios de la ciudad. Un ejemplo es la definición de Washburn & Sindhu (2009) que indica que el uso de las TIC hace que la infraestructura y servicios de seguridad pública, la vivienda, o el transporte. Nam & Pardo (2011) indican que el concepto de Ciudades Inteligentes consiste en fomentar la interoperabilidad entre los diferentes dominios de una ciudad.

En cambio, otras definiciones tienen una perspectiva más amplia, manteniendo el rol importante de las TIC, pero poniendo el énfasis en otros elementos (European Parliament, 2014). Por ejemplo, Albino, Umberto, & Dangelico (2015), que recogen las definiciones principales de Ciudad Inteligente, concluyen que el concepto de Ciudad Inteligente está en gran parte relacionado con la sostenibilidad y que no equivale a difusión de las TIC sino que se centra en las necesidades de las personas y las comunidades. En esta línea, según Caragliu, Del Bo, & Nijkamp (2009) una ciudad se puede considerar inteligente cuando las inversiones en capital social, capital humano, transporte y TIC promueven un crecimiento económico sostenible y una calidad de vida más elevada, conjuntamente con una gestión inteligente de los recursos naturales, y a través de una gobernanza participativa. Por su parte, Anthopoulos & Fitsilis (2010) consideran que una Ciudad Inteligente es aquella en que las TIC refuerzan la libertad de expresión y la accesibilidad a la información pública y a los servicios. De forma similar, un estudio la UCLG (*United Cities and Local Governments*) las define como el tipo de ciudades que utilizan las nuevas tecnologías para ser más habitables, funcionales, competitivas y modernas, promocionando la innovación y la gestión del conocimiento (UCLG, 2012). En la misma línea, el proyecto europeo *City keys* [1] , adopta como definición la de la ciudad que moviliza sus recursos (capital social y cultural, capital financiero, recursos naturales, información, tecnología) para mejorar de forma eficiente la calidad de vida de sus ciudadanos, de sus trabajadores y estudiantes, y de otros visitantes, mejorando al mismo tiempo la eficiencia de los recursos. El proyecto quiere contribuir a acelerar la transición hacia ciudades con bajas emisiones de carbono y más eficientes en el uso de recursos.

Un informe de la IE Business School y PWC también estudia las distintas definiciones y extrae los elementos comunes. Estos son: una visión global de la ciudad, la Ciudad Inteligente como medio para mejorar la calidad de vida, el papel clave de la tecnología como factor disruptivo, un nuevo modelo de relaciones (economía colaborativa, nuevas formas de participación ciudadana, políticas urbanas más ágiles y transparentes, y comunicación más fluida entre todos los actores) (IE & PWC, 2015). Mora, Bolici, & Deakin (2017) también reúnen distintas definiciones (Tabla 1). Entre estas, la de Odendaal (2003) indica que la Ciudad Inteligente es aquella que capitaliza las oportunidades que ofrecen las TIC para promover prosperidad e influencia.



[1] http://www.citykeys-project.eu/



Paskaleva (2009) explica que las Ciudades Inteligentes utilizan las TIC para aumentar la prosperidad local y la competitividad, y Belissent et al. (2010) considera que son aquellas que usan la tecnología para hacer que los principales componentes de una ciudad (administración, educación, servicios de salud, seguridad, transporte, etc.) sean más interactivos y eficientes (Mora et al., 2017).

Tabla 1. Definiciones de Ciudad Inteligente. Fuente: Mora, Bolici, & Deakin (2017)

Hall et al. (2000)	*"[La ciudad inteligente es] el centro urbano del futuro, hecha de forma segura, ecológicamente segura y verde, y eficiente dado que todas sus estructuras –ya sean para energía, agua, transporte, etc. están diseñadas, construidas y conservadas haciendo uso de avanzados materiales integrados, sensores, electrónica, y redes que están interconectadas con sistemas computarizados que incluyen bases de datos, seguimiento y algoritmos para la toma de decisiones"*
Odendaal (2003)	*"Una ciudad inteligente […] es aquella que capitaliza las oportunidades que presentan las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) para promover su prosperidad e influencia"*
Partridge (2004)	*"Una ciudad inteligente es [una ciudad que] abraza activamente las nuevas tecnologías [buscando] ser una sociedad más abierta en la que la tecnología hace más fácil que la gente exprese su opinión, gane acceso a servicios y esté en contacto con lo que sucede a su alrededor, de forma sencilla y barata"*
Giffinger et al. (2007)	*"Una ciudad inteligente es una ciudad que se desempeña bien en su forma de mirar hacia el futuro […] seis características […], construida en una 'inteligente' combinación de dotaciones y actividades de ciudadanos con autodecisión, independientes y conscientes."*
Caragliu et al. (2009)	*"El concepto de 'ciudad inteligente' ha sido introducido recientemente como un elemento estratégico para abarcar los factores modernos de la producción urbana en un marco común y, en particular, para destacar la importancia de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) en los últimos 20 años para mejorar el perfil competitivo de una ciudad"*
Paskaleva (2009)	*"En el contexto del presente estudio, una ciudad inteligente se define como una que toma las ventajas y oportunidades que ofrecen las TIC para incrementar la prosperidad local y la competitividad – un enfoque que implica desarrollo urbano integrado que incluya perspectivas de múltiples actores, sectores y niveles"*
Belissent et al. (2010)	*"Forrester define la ciudad inteligente como […] una 'ciudad' que usa las tecnologías de la información y de las comunicaciones para hacer que los componentes y servicios esenciales de la infraestructura de una ciudad – administración, educación, salud, seguridad pública, vivienda, transporte y servicios públicos -- sean más conscientes, interactivos y eficientes"*

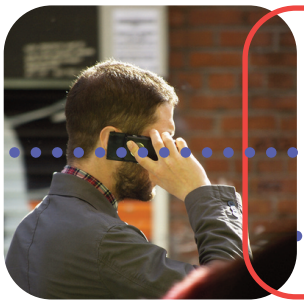
A fin de disponer de una definición de trabajo que sea clara y concisa, hemos decidido adoptar la definición utilizada entre otros, por el Parlamento Europeo (European Parliament, 2014):

Ciudad que busca abordar los asuntos públicos a través de soluciones basadas en las TIC.

Esta definición combina los dos enfoques, ya que el uso de las TIC es condición necesaria para considerar que una intervención pertenece al dominio de las Ciudades Inteligentes y esta intervención tiene que estar orientada a un asunto público. Como muestran las definiciones recogidas, los asuntos públicos incluyen la administración municipal, la educación, los servicios de salud, la seguridad pública, la vivienda, el transporte, el capital social y humano, la infraestructura TIC, el capital financiero, los recursos naturales, las redes de energía y agua, y los procesos de participación. En este contexto, algunos de los objetivos perseguidos por las Ciudades Inteligentes son la sostenibilidad, el crecimiento económico sostenible, la calidad de vida, la gestión eficiente de los recursos naturales, la gobernanza participativa, la accesibilidad a la información pública, la expresión de las personas, el acceso a los servicios, la competitividad, la prosperidad local, la influencia de la ciudad, la innovación, y la reducción de emisiones.

* * *







III. Características de las Ciudades Inteligentes

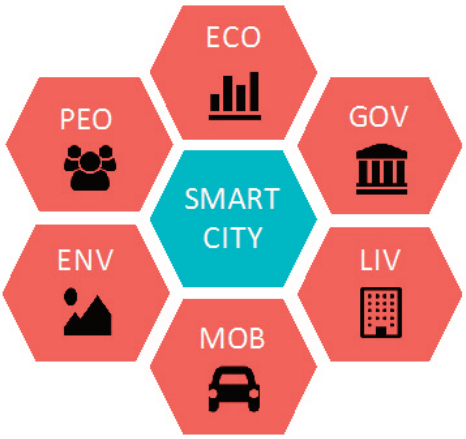
Antes de abordar la cuestión de cómo evaluar las Ciudades Inteligentes, es necesario analizar más detalladamente sus atributos. Por esto, este apartado intenta describir sus componentes, tipos de proyectos y dimensiones. Las Ciudades Inteligentes se construyen a través de **componentes**, que se pueden clasificar en distintas categorías. Por ejemplo, el Parlamento Europeo los divide en factores tecnológicos, factores humanos, y factores institucionales. Los primeros hacen referencia a la infraestructura física, las tecnologías inteligentes, la tecnología móvil, las tecnologías virtuales, y las redes digitales. Los segundos incluyen la infraestructura humana y el capital social. Por último, los factores institucionales comprenden la gobernanza, las políticas y las regulaciones (European Parliament, 2014).

Durante la evaluación también es necesario tener presente el **tipo de proyecto** de ciudad inteligente que se está analizando. El proyecto puede ser parte de una *unidad vecinal* con infraestructuras completas de ciudad inteligente, completamente habilitada por las TIC y sostenible. Por otra parte, puede tratarse de una *demostración de micro infraestructuras* en áreas reducidas de la ciudad, como es el caso de las calles inteligentes. Otro tipo de proyectos son los sistemas de tráfico inteligentes, que monitorean la información del tráfico en tiempo real para hacer la gestión del tráfico más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Los *sistemas de gestión de recursos* son sistemas basados en las TIC, como las *Smart Grids* o redes inteligentes y los medidores inteligentes. Finalmente, encontramos las *plataformas de participación*, plataformas habilitadas por las TIC que fomentan la participación ciudadana, como las estrategias de Open Data o las plataformas de crowdsourcing (European Parliament, 2014).

Por último, distintas iniciativas han intentado identificar las **dimensiones** de las Ciudades Inteligentes, estas son sus áreas temáticas de aplicación. Por ejemplo, la UCLG considera que hay seis áreas de rendimiento de las Ciudades Inteligentes: economía, movilidad, medio ambiente, ciudadanía, calidad de vida y gestión (UCLG, 2012). Por otra

parte, el marco de indicadores del proyecto europeo *City keys* se divide en cinco categorías: personas (salud, seguridad, acceso a los servicios, educación, diversidad y cohesión social, calidad de la vivienda y de otras construcciones), planeta (energía, materiales, agua, suelo, adaptación al clima, polución, residuos, ecosistema), prosperidad (empleo, equidad, economía verde, rendimiento económico, innovación, atractivo, competitividad), gobernanza (organización, participación de la comunidad, gobernanza multinivel), propagación (escalabilidad, posibilidad de ser replicable). Nosotros nos basaremos en las seis dimensiones que propone el Parlamento Europeo y que son utilizados en varios estudios para desarrollar indicadores, en ciudades, y por responsables políticos. Estas dimensiones son: *Smart Economy, Smart Governance, Smart Mobility, Smart Environment, Smart People, y Smart Living* (Figura 3).

Figura 3. Dimensiones de las Ciudades Inteligentes



Fuente: Elaboración propia

El informe de la IE Business School y PWC utiliza estas dimensiones, pero desdoblando la categoría de *Smart living en seguridad y sanidad y salud*, y etiquetando la de *Smart People* como educación (IE & PWC, 2015). Por su parte, el informe Smart *Cities Ranking of European medium-sized cities* (Giffinger et al., 2007) define la Ciudad Inteligente como una ciudad que muestra un buen rendimiento y un enfoque innovador en estas seis dimensiones y describe cada una de ellas. La *Smart Economy* hace referencia a tener industria en el sector TIC y otras industrias que utilizan las TIC en su sistema de producción; además de parques de negocios o distritos tecnológicos. Un ejemplo de *Smart Governance* sería el uso de nuevos canales de comunicación entre el gobierno municipal y sus ciudadanos. *Smart Mobility* consiste en utilizar la tecnología en el día a día urbano, por ejemplo en logística o para nuevos sistemas de transporte que mejoraran el tráfico urbano y la movilidad de los habitantes. El *Smart Environment* se caracteriza por las condiciones naturales atractivas (clima, espacios, verdes, etc.), la gestión de los recursos, y la protección del medioambiente. *Smart People* pone énfasis en los habitantes, y especialmente en su nivel educativo. Por último, *Smart living* cubre distintos aspectos de la ca-





lidad de vida (cultura, salud, seguridad, vivienda, turismo). Boyd Cohen también utiliza las mismas dimensiones para elaborar su ranking de *Smart Cities* [2]. Cohen atribuye a cada una de ellas 3 sub-dimensiones. A *Smart Economy*: espíritu emprendedor e innovación, productividad, interconexión local y global; a *Smart Government*: capacitación de políticas de oferta y demanda, transparencia y datos abiertos, TICs y e-Gobierno; a *Smart Mobility*: acceso de modalidades mixtas, priorización de opciones limpias y no motorizadas, TICs integradas; a *Smart Environment*: edificios ecológicos, energía ecológica, planificación urbana ecológica; a *Smart People*: educación para el siglo XXI, sociedad inclusiva, compromiso con la creatividad; y a *Smart Living*: efervescencia y felicidad cultural, seguridad, salud. Estas seis dimensiones son utilizadas en la sección 4 para clasificar los indicadores.

* * *

IV. Monitorización y análisis de impacto

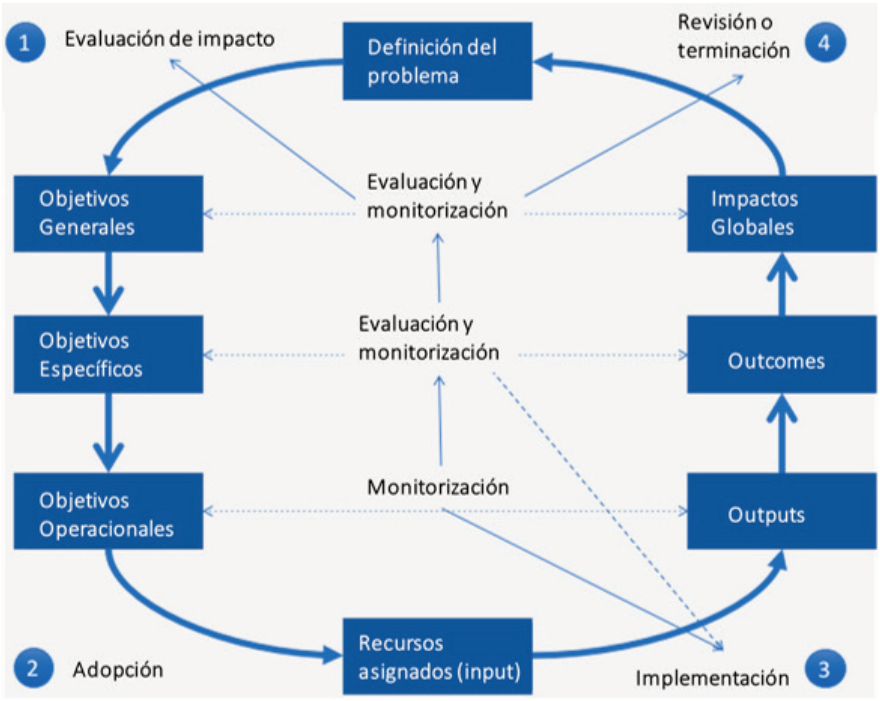
1. De la monitorización al impacto

Como se ha mencionado en la introducción, la evaluación desarrolla un papel clave dentro de los proyectos, ya sea para valorar sus resultados después de su finalización, o para estimar previamente sus impactos esperados y, consecuentemente, decidir sobre su implementación. La evaluación no equivale simplemente a monitorear una serie de indicadores periódicamente o a comparar estos entre ciudades (*benchmarking*), sino que va más allá. Ella analiza las relaciones de causalidad entre el proyecto y los resultados observados, con el fin de identificar el impacto de la intervención. Además, permite medir estos resultados a través de métricas que los hagan comparables con otras intervenciones públicas alternativas.

[2] https://www.fastcompany.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015-methodology

La monitorización y la evaluación son complementarias y las dos apoyan la toma de decisiones en diferentes momentos del ciclo político. Asimismo, comparten algunos elementos metodológicos y herramientas, aunque en diferentes niveles de análisis y objetivos (Figura 4). La **evaluación** se centra en los efectos de una intervención política, abarcando desde los resultados directos y más inmediatos hasta los impactos globales. Los efectos comprenden aquellos efectos positivos directos esperados para los beneficiarios de la intervención, los efectos positivos indirectos para otras personas, y, por último, los efectos negativos indirectos inesperados (o esperados pero no deseables) sobre terceros. Por su parte, la **monitorización** se centra básicamente en la implementación a través de la recogida de un conjunto de indicadores cuantitativos de los inputs y outputs. También puede recoger indicadores de outcomes e impactos pero sin entrar a analizar si los cambios en estos indicadores son atribuibles la intervención en cuestión. Sin embargo, un buen sistema de monitorización puede servir de base para evaluaciones ex post, ya que estas necesitan mediciones en las variables clave (inputs, outputs, outcomes e impactos). La sección 4.3 define estas variables clave.

Figura 4. Evaluación y monitorización



2. Métodos de evaluación

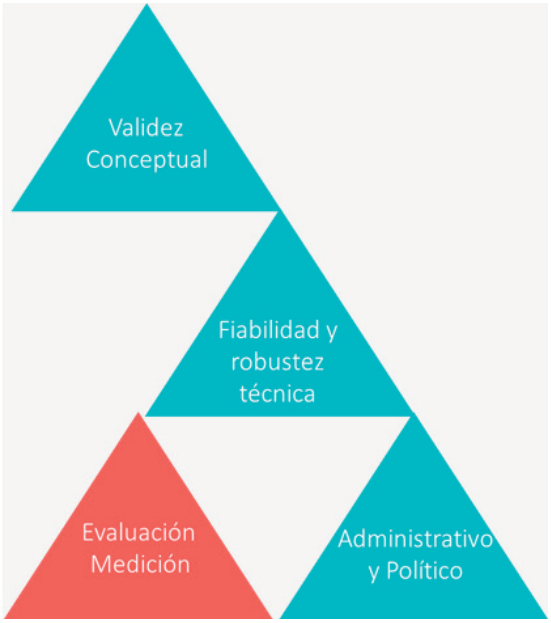
Toda evaluación y medición requiere tener en cuenta tres elementos clave (Figura 5). Primero, la **validez conceptual** que consiste en analizar si el modelo causal y los indicadores seleccionados son válidos conforme al conocimiento teórico y empírico existente. El segundo consiste en asegurar la **fiabilidad y ro-**





bustez técnica del proceso de medición utilizado. Por último, el componente **administrativo y político** implica decidir qué se tiene que evaluar y por qué y definir los responsables de llevar a cabo la evaluación y la recogida de datos.

Figura 5. Elementos de la evaluación

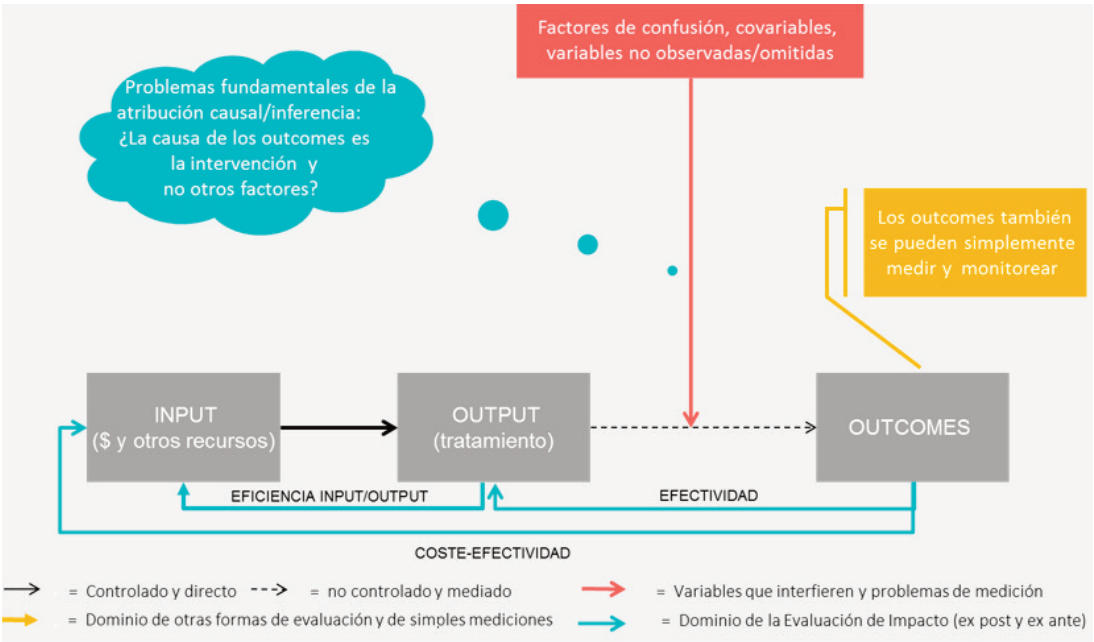


Fuente: Elaboración propia

La evaluación busca responder a preguntas de naturaleza distinta. Un primer tipo se pregunta si el programa ha alcanzado o puede alcanzar (para evaluaciones ex ante) los outputs previstos. Esto se puede medir con simples indicadores cuantitativos y cualitativos, que muestran si con el input invertido puede producir el tratamiento esperado. Como se ve en la Figura 6, este es un efecto controlado, que va directamente del input al output. Un segundo tipo de preguntas de evaluación inquieren sobre si los efectos observados o estimados (los *outcomes*), pueden atribuirse solamente a la intervención. Esto da información sobre el grado de efectividad del programa. Los *outcomes* pueden medirse con múltiples indicadores. Sin embargo, este análisis presenta más dificultades que el previo ya que intervienen factores de confusión, covariables, y variables no observables u omitidas. En consecuencia, es difícil afirmar que los outcomes sean causa

directa de la intervención y no de otros factores. Por último, el tercer tipo hace referencia a averiguar por qué y cómo los outputs y *outcomes* pueden conseguirse. Esto implica investigar sobre el proceso y el mecanismo causal.

Figura 6. Esquema de la evaluación

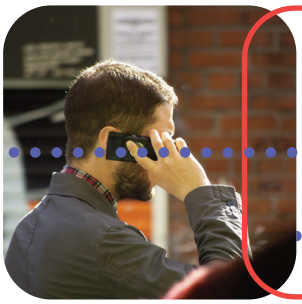


Fuente: Elaboración propia

El punto clave de la evaluación de proyectos es comparar los resultados de una intervención con la situación contrafactual, eso es la situación hipotética si la intervención no se hubiera producido. La comparación de la situación real con la contrafactual permitiría determinar la relación causa-efecto entre la intervención y los *outcomes*, es decir, se podría afirmar que los resultados observados son la consecuencia de la intervención y no de otros factores. Hacer esta comparación es, evidentemente, imposible. Sin embargo existen métodos para estimar el escenario contrafactual.

De estos métodos, el **ensayo aleatorizado y controlado** es considerado como el más robusto (European Commission, 2014). En este tipo de experimentos el investigador tiene la capacidad de dividir la muestra de forma aleatoria entre *intervención* (los que reciben los beneficios del programa implementado) y *control* (los que continúan con la situación actual). La aleatorización hace que los miembros de cada grupo sean iguales en todas las características excepto por el hecho que unos participan en el programa y los otros no, eliminando así el sesgo de selección. En consecuencia, los efectos de un programa específico pueden obtenerse simplemente a través de las diferencias en las variables resultado clave entre los dos grupos. No obstante, es complicado aplicar este método a las Ciudades Inteligentes, ya sea porque la intervención ya se ha terminado cuando se plantea la evaluación, porque los programas son universales y por lo tanto no hay grupo de control, o porque la recolecta de ciertos datos no es viable.







Dado estas dificultades comunes en la evaluación social de proyectos, existen otros métodos que utilizan distintas estrategias para obtener el contrafactual y controlar el sesgo de selección. **Estas son las técnicas cuasi-experimentales** (European Commission, 2014), en las que el investigador no tiene un control total sobre el diseño del estudio, pero que se encuentran justo detrás del ensayo aleatorizado y controlado por lo que refiere al grado de robustez. Un ejemplo son los **métodos de matching** que toman los participantes y no participantes de una intervención desarrollada por intermediarios y construyen parejas de unidades participantes y no participantes que son parecidas respeto a un conjunto de variables (Misuraca, Centeno, & Torrecillas, 2014). La comparación se hace en base a estas parejas y de aquí se extraen conclusiones sobre el efecto del programa estudiado. El **método de Diferencias en Diferencias** (DiD) aplica una doble diferencia, una de temporal (entre antes y después de la intervención) y otra entre los sujetos (participantes y no participantes) (Misuraca et al., 2014). Por otra parte, el método de variables instrumentales (IV) se utiliza en casos en que se producen experimentos naturales, esto es cuando las fuerzas de la naturaleza o una política gubernamental crean de forma indirecta una situación parecida a un ensayo aleatorio porque los individuos son separados en participación y no participación a causa de factores que no afectan a las variables resultado, controlando por lo tanto el sesgo de selección. Un ejemplo son los cambios repentinos en la legislación (European Commission, 2014). Por último, el **diseño de regresión discontinua** (RDD) se aplica cuando la selección de los participantes se hace en base a unos criterios determinados y se establece un umbral. El método compara los individuos que están justo por encima del corte (participantes) y los que están justo por debajo (no participantes) (Misuraca et al., 2014).

Con menos robustez que estos métodos hay los **estudios no controlados** que hacen simples comparaciones *antes vs después o participantes vs. no participantes*, sin preocuparse por el sesgo de selección. En último lugar se encuentran las **evaluaciones cualitativas** basadas en entrevistas, casos de estudio y grupos focales (European Commission, 2014).

Por otra parte, es clave poder **comparar los costos y beneficios** de soluciones concretas. En el marco de las Ciudades Inteligentes las soluciones pueden conllevar beneficios monetarios a través de ahorro

de energía y de tiempo. Además, pueden reducir las emisiones contaminantes, mejorar la salud y seguridad, y la calidad de vida en general. Por otra parte, los costos se pueden dividir en inversión en activos (infraestructura TIC para sensores, costos de construcción de edificios, etc.) y en costos de gestión y operacionales (costos de actualización de software, mantenimiento de la infraestructura, etc.) (European Parliament, 2014).

Existen diferentes métodos para evaluar los costos. Por ejemplo, el **análisis de minimización de costos (CMA)** se utiliza cuando los resultados de distintas iniciativas son parecidos, ya que compara solamente los costos y selecciona la intervención más barata (Robinson, 1993). El **análisis costo-efectividad (CEA)** se emplea cuando hay una medida genérica que puede capturar todos los efectos relevantes. El método compara esta medida con los costos y sugiere aplicar las alternativas con menores costos por unidad de efecto conseguido (Anheier et al., 2014). Un tipo de CEA particularmente popular en el campo de la salud es el **análisis costo-utilidad (CUA)**, en el cual se utiliza como *outcome* una medida de utilidad ponderada en base a preferencias. Por ejemplo, en el campo de la salud es común usar los años de vida ajustados por calidad (QALY[3]). El **análisis costo-consecuencia (CCA)** se aplica en situaciones de *outcomes* múltiples y la decisión depende de la ponderación atribuida a cada uno de ellos (Anheier et al., 2014). Finalmente, el **análisis costo-beneficio (CBA)** mide tanto los costos como los beneficios en términos monetarios y construye medidas como el retorno de la inversión (ROI) o el beneficio neto (Anheier et al., 2014).

Pocas de las publicaciones existentes sobre Ciudades Inteligentes, abordan directamente el tema de la evaluación. Se han encontrado algunos documentos relacionados pero estos no abarcan las Ciudades Inteligentes en su conjunto, sino algunas de sus dimensiones. Por ejemplo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) publicó una recomendación (L.1440) para evaluar el impacto medioambiental de las TIC en las ciudades (ITU-T, 2015). En su propuesta, la evaluación empieza con una descripción del proyecto, sus objetivos, los participantes y los bienes, redes y servicios empleados (hardware, software, etc.). El punto principal es la estimación de los efectos en términos de gases emitidos, consumo de energía o similares de cada actividad del proyecto. Estos se pueden medir, por ejemplo, en CO2e[4], TEP [5],o MWh [6],. Para aquellas actividades también aplicables al escenario base (la situación sin la intervención) se computa la diferencia en estos valores entre los dos escenarios para determinar si el proyecto implica un crecimiento o una reducción del impacto medioambiental. Otras actividades de la evaluación incluyen la identificación de riesgos del proyecto, la recolecta de información sobre los actores implicados

[3] https://www.nice.org.uk/glossary?letter=q
[4] CO2 equivalente
[5] Tonelada Equivalente de Petróleo
[6] Megavatio-hora





y el plan para recoger y validar los datos. También en el ámbito del medio ambiente, la Comisión Europea utilizó un análisis Costo-Beneficio para evaluar una iniciativa concreta, la instalación de una Smart Grid (red inteligente) en la ciudad de Roma. La evaluación cubrió un piloto ya completado en el área de Malagrotta y la estimación de escalar el proyecto a toda la ciudad (JRC, 2015).

3. Indicadores.

Para llevar a cabo la evaluación es indispensable disponer de datos sobre los inputs utilizados y los outputs, outcomes e impactos generados. Estos tienen que ser cuantificables y medirse de forma transparente y objetiva, lo cual se hace a través de los indicadores. Por eso, esta sección se centra en los indicadores existentes para medir las iniciativas vinculadas a Ciudades Inteligentes.

Una parte importante de los documentos revisados incluyen indicadores para medir el rendimiento de las Ciudades Inteligentes. Las tablas de esta sección muestran algunos ejemplos de los indicadores que se utilizan y una lista más completa se puede consultar en el Anexo. Los indicadores se han obtenido principalmente del informe *Mapping Smart Cities in the EU* (European Parliament, 2014), del informe *Smart Cities Ranking of European medium-sized cities* (Giffinger et al., 2007), del *SMART CITIES STUDY: International study on the situation of ICT, innovation and knowledge in cities* (UCLG, 2012), del proyecto *CITYkeys, de la Smart City Wheel* de Boyd Cohen [7], de los indicadores del ISO 37120:2014 para analizar el rendimiento de las ciudades [8], del artículo *Modelling the Smart City performance* (Lombardi, Giordano, Farouh, & Yousef, 2012), del artículo sobre *Sistemas de indicadores de Smart Cities* (Garcia Arias, 2007), y del informe *Italia Smart. Rapporto Smart City Index 2016* (EY, 2016).

Los indicadores son muy variados en su origen, naturaleza y ámbito. Para construirlos se utilizan datos primarios, secundarios o terciarios (Garcia Arias, 2007). Por ejemplo, la UCLG emplea datos primarios a través de un cuestionario con más de 70 preguntas distribuido a las

[7] Íd.
[8] https://www.iso.org/news/2014/05/Ref1848.html

ciudades. Otros utilizan datos secundarios, como el *Smart Cities Ranking of European medium-sized cities* que emplea datos públicos y abiertos para construir sus 74 indicadores para evaluar las ciudades (Giffinger et al., 2007). Boyd Cohen utilizó primero datos públicos para sus rankings, pero más adelante introdujo datos primarios recogidos directamente de las ciudades. Los datos terciarios hacen referencia a utilizar, por ejemplo, un indicador construido por otro agente (Garcia Arias, 2007). Por otra parte, los indicadores se pueden dividir en inputs, outputs, outcomes/impactos.

Los inputs son los recursos utilizados para implementar el proyecto como la infraestructura TIC, el personal, y el capital financiero. Los outputs son los servicios y productos generados por el proyecto (una nueva red eléctrica, un servicio de pagamento de impuestos online, cursos de formación, etc.). Los outcomes son aquellos beneficios directos e indirectos que obtiene el grupo a quien va dirigida la intervención. Por último, los impactos hacen referencia a los cambios estructurales en el largo plazo, que derivan de outcomes producidos de forma sostenida. Finalmente, hemos clasificado los indicadores en las seis dimensiones descritas en la sección 3. Es necesario remarcar que hay indicadores que cubren dos o más dimensiones (por ejemplo, la tasa de empleo en energías renovables forma parte de la dimensión económica y de la medioambiental).

3.1. Indicadores de Smart Economy

En el ámbito de la economía, los inputs hacen referencia principalmente a los costos económicos relacionados con el proyecto (inversión inicial y costos recurrentes, incluyendo los costos del personal). También comprenden las empresas implicadas. Entre los outputs se encuentran iniciativas para facilitar el desarrollo de empresas y de la economía en general (parques tecnológicos y científicos, incubadoras de empresas), innovaciones en el campo financiero (pago electrónico), y acciones relacionadas con los emprendedores como un plan para apoyar el espíritu emprendedor.

Los outcomes e impactos incluyen indicadores comúnmente utilizados para medir el rendimiento de la economía en general (tasa de paro, PIB por persona empleada, renta familiar disponible), indicadores de innovación (número de nuevas *Startups* y patentes) y otros de directamente relacionados con las TIC (exportaciones tecnológicas sobre el PIB, tasa de empleo en sectores de tecnología alta y creativos). El Anexo 1 recoge más indicadores de economía.





Tabla 2. Indicadores de Smart Economy

	Smart Economy
Inputs	Inversión necesaria para implementar el proyecto Empresas certificadas implicadas en el proyecto Costos periódicos del proyecto Costos del personal implicado en el proyecto
Outputs	Desarrollo de parques tecnológicos y científicos Número de centros de innovación en la ciudad, públicos o privados, por 100,000 habitantes Número de incubadoras de empresas Extensión del servicio de pago electrónico Plan de acción para apoyar el espíritu emprendedor
Outcomes / Impactos	Número de puestos de trabajo creados Tasa de paro PIB por persona empleada Mediana de la renta familiar disponible (US$/hogar) Porcentaje de trabajadores autónomos Número de nuevas Startups por año Número de nuevas patentes por 100,000 habitantes Exportaciones tecnológicas sobre el PIB de la ciudad Tasa de empleo en sectores de tecnología alta y creativos Ratio de empleo relacionado con servicios medioambientales Porcentaje de empresas que hacen como mínimo el 5% de sus ventas por Internet Resultado monetario del ahorro de tiempo

3.2. Indicadores de Smart Governance

La gobernanza cubre aquellos elementos relacionados con la administración municipal. Los inputs recogen el esfuerzo que realiza esta administración para implementar el proyecto, por ejemplo en términos de tiempo y personal. La administración municipal siempre tiene un papel, ya sea con rol de líder o de supervisor, ya que la ciudad constituye el ámbito de aplicación de los proyectos de Ciudades Inteligentes. Los inputs también incluyen el grado de participación de los distintos actores en el diseño, implementación y evaluación del proyecto. Los outputs que se pueden producir en esta dimensión están relacionados con la actividad de la administración, como la información y servicios que ofrece a los ciudadanos (sistema electró-

nico para el pago de impuestos, cantidad de información disponible online), las herramientas para promover la participación (plataformas de participación online, sistema de votación electrónico), y la gestión de los servicios municipales (infraestructuras con sensores instalados). Entre los outcomes e impactos hay medidores generales de participación (participación electoral, actividad política de los habitantes) y otros de relacionados con el uso de las TIC (porcentaje de la población que utiliza el Internet para relacionarse con la administración, porcentaje de conjuntos de datos abiertos por 100,000 habitantes). Más ejemplos de indicadores de gobernanza pueden consultarse en el Anexo 2.

Tabla 3. Indicadores de Smart Governance

Smart Governance	
Inputs	Tiempo necesario para implementar el proyecto Personal necesario para implementar el proyecto Grado de participación de los distintos actores en el diseño, implementación y evaluación del proyecto
Outputs	Número de servicios online ofrecidos por la administración (Solicitudes de certificados de impuestos, registros de quejas, pedir cita en el ayuntamiento) Cantidad de información disponible online para los ciudadanos (regulaciones municipales, presupuesto, planes municipales, etc.) Uso de herramientas de Internet para la participación de los ciudadanos (e-mail, cuestionarios online, redes sociales, etc.) Implementación de un sistema de votación electrónico Implementación de un sistema electrónico para el pago de impuestos Número de infraestructuras con sensores instalados: tráfico, demanda de transporte público, parking, calidad del aire, residuos, agua, alumbrado público
Outcomes / Impactos	Número de procesos de participación pública por 100,000 habitantes por año Participación electoral en elecciones municipales Actividad política de los habitantes Número de condenas por corrupción Nivel de satisfacción con la transparencia de la burocracia Importancia de la política según la población Porcentaje de la población (16-74 años) que ha utilizado el Internet en los últimos 3 meses para relacionarse con la administración Porcentaje de conjuntos de datos abiertos por 100,000 habitantes Número de aplicaciones móviles disponibles basadas en datos abiertos Porcentaje de la contratación pública que utiliza criterios medioambientales

3.2. Indicadores de Smart Mobility

La movilidad comprende indicadores relacionados con las infraestructuras de comunicación tradicional (transporte) y moderna (TIC). Por lo tanto, los inputs hacen referencia a los costos del transporte y las TIC (Internet, software, etc.) necesarios para implementar el proyecto. Los outputs incluyen infraestructuras como los semáforos





inteligentes, sensores o estaciones de recarga de vehículos eléctricos, y sistemas para mejorar la movilidad como un servicio municipal para compartir coche y bicicleta o sistemas de precios basados en la demanda. Los outcomes e impactos están fuertemente relacionados con la promoción de una movilidad menos contaminante. Así, los proyectos de Ciudades Inteligentes en la dimensión de la movilidad buscan aumentar, entre otros, el número de trayectos en transporte público por año, los kilómetros de carril bici, el número de vehículos compartidos, o el porcentaje de vehículos eléctricos. Otros indicadores se centran en elementos como la eficiencia (tiempo de viaje), la seguridad (víctimas relacionadas con el transporte por 100,000 habitantes) o la implantación de las TIC (número de conexiones de Internet por 100,000 habitantes). El Anexo 3 presenta una selección ampliada de indicadores de movilidad.

Tabla 4. Indicadores de Smart Mobility

	Smart Mobility
Inputs	Costos para implementar el programa relacionados con el transporte Costos para implementar el programa relacionados con las TIC Número de semáforos inteligentes
Outputs	Número de sensores en el transporte público y los taxis Número de servicios públicos de transporte que ofrecen información en tiempo real a los ciudadanos Presencia de sistemas de precios basados en la demanda (en los peajes, aparcamientos, etc.) Número de estaciones de recarga de vehículos eléctricos en la ciudad Presencia de un servicio municipal para compartir coche y bicicleta Número de puntos de acceso WiFi ofrecidos por la ciudad
Outcomes / Impactos	Red de transporte público por habitante Proporción de la población con una parada de transporte público en un radio de 500m Número de trayectos en transporte público por año Kilómetros de carril bici por 100,000 habitantes Número de vehículos compartidos por cápita Número de vehículos personales per cápita Porcentaje de vehículos eléctricos Cuota de movilidad ecológica (tráfico individual no motorizado sobre el transporte total) Tiempo de viaje Víctimas relacionadas con el transporte por 100,000 habitantes Número de conexiones de Internet por 100,000 habitantes Porcentaje del territorio con cobertura de banda ancha

3.4. Indicadores de Smart Environment

En el campo del medio ambiente, los inputs computan la energía y otros recursos que se utilizan durante el proyecto. Además, tienen en cuenta si los materiales son reciclados o reutilizados y si son renovables. Los outputs incluyen infraestructuras para reducir el impacto sobre el medio ambiente, como por ejemplo las farolas inteligentes, y sistemas que usan las TIC para monitorear riesgos potenciales para la ciudad (tormentas e inundaciones, contaminación del agua, condiciones ambientales). Por último, los outcomes e impactos de interés están relacionados con el consumo de energía y otros recursos (consumo total de energía per cápita, gasto por punto de luz de la red de alumbrado público), las energías renovables (porcentaje de la energía consumida por la ciudad que proviene de fuentes renovables, producción de energía solar) y la contaminación ambiental (emisiones de CO2, número de enfermedades respiratorias crónicas por habitante). Una lista más extensa de outcomes e impactos medioambientales se puede consultar en el Anexo 4.

Tabla 5. Indicadores de Smart Environment

	Smart Environment
Inputs	Energía y recursos necesarios para implementar el proyecto Proporción de materiales reciclados o reutilizados usados en el proyecto Proporción de materiales renovables usados en el proyecto
Outputs	Número de farolas inteligentes Monitoreo de tormentas e inundaciones a través de las TIC Control de contaminación del agua a través de las TIC Número de centros de seguimiento de las condiciones ambientales de la ciudad
Outcomes / Impactos	Consumo total de energía per cápita (kWh/año) Gasto por punto de luz de la red de alumbrado público Uso eficiente del agua (uso/PIB) Porcentaje de la energía consumida por la ciudad que proviene de fuentes renovables Producción de energía solar Porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se reciclan Generación de residuos peligrosos per cápita Emisiones de CO2 en toneladas per cápita Porcentaje de la población urbana expuesta a polución del aire (microgramos por m3) Nivel de contaminación acústica Número de enfermedades respiratorias crónicas por habitante Proporción de edificios inteligentes Hectáreas de espacio verde por 100,000 habitantes

3.5. Indicadores de Smart People

Esta dimensión pone el foco en los ciudadanos. Así, los inputs hacen referencia al personal necesario para implementar el proyecto y los outputs a acciones que persiguen mejorar las capacidades de la población en TIC y otros ámbitos (programas de formación online, número de ordenadores por estudiante). Los outcomes e impactos





miden el efecto sobre las capacidades TIC (grado de alfabetización digital de la sociedad) y sobre el capital humano en general (porcentaje de la población con grados universitarios, habilidades en lengua extranjera, adecuación de la oferta formativa a las demandas del mercado laboral). Otros ejemplos se encuentran en el Anexo 5.

Tabla 6. Indicadores de Smart People

	Smart People
Inputs	Personal necesario para implementar el proyecto
Outputs	Programas de formación online Acciones para desarrollar la tecnología digital en las escuelas Número de ordenadores por estudiante Número de pizarras interactivas por estudiante Porcentaje de escuelas conectadas a Internet
Outcomes / Impactos	Tasa de escolarización Tasa de abandono escolar Porcentaje de la población con grados universitarios Número de universidades en la ciudad Habilidades en lengua extranjera Adecuación de la oferta formativa a las demandas del mercado laboral Habilidades TIC Grado de alfabetización digital de la sociedad Porcentaje de maestros que utilizan las TIC para fines educativos Grado de accesibilidad a los recursos educativos

3.6. Indicadores de Smart Living

La última dimensión cubre diversos ámbitos relacionados con la calidad de vida de la ciudad. Aquí se encuentran outputs generados en el campo de la salud (servicios sanitarios online, tarjeta de salud electrónica), la seguridad (red de telecomunicaciones para fines de seguridad), inclusión social (programa de inclusión digital), etc. De forma similar, los indicadores de outcomes e impactos incluyen el porcentaje de pacientes que son supervisados con monitorización remota, la esperanza de vida, la tasa de crímenes violentos, el nivel de ciber-

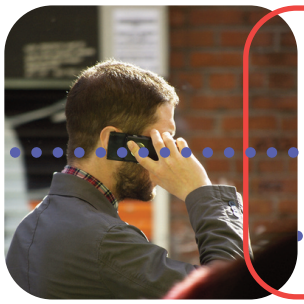
seguridad, el Coeficiente GINI el índice de pobreza energética, y el indicador global de calidad de vida. Más indicadores en estos campos y en otros de similares están recogidos en el Anexo 6.

Tabla 7. Indicadores de Smart Living

	Smart Living
Outputs	Oferta de servicios sanitarios online (solicitud de cita médica, receta digital, informes médicos, etc.) Existencia de la tarjeta de salud electrónica Implementación de un programa de inclusión digital para grupos con riesgo de exclusión Apps de taxi, tecnologías de software predictivas del crimen Red de telecomunicaciones utilizada para fines de seguridad (fibra óptica, WiFi, Simulcast, Tetra)
Outcomes / Impactos	Porcentaje de pacientes que son supervisados con monitorización remota o un sistema de alarmas Accesibilidad a los servicios básicos de salud Tiempo de espera en los centros médicos Esperanza de vida Tasa de suicidio por 100,000 habitantes Tiempo de respuesta de los servicios de emergencia desde la llamada inicial Nivel de ciberseguridad Tasa de crímenes violentos por 100,000 habitantes Coeficiente GINI de desigualdad Porcentaje de la población viviendo en pobreza Porcentaje de habitantes con deficiencias en la vivienda (agua potable, salubridad superpoblación, materiales de calidad deficiente, falta de electricidad) Índice de pobreza energética Participación de los grupos menos representados en la sociedad Calidad de vida

* * *





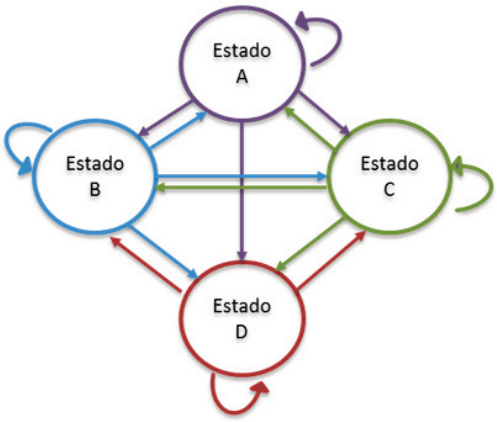


V. Modelo analítico de toma de decisiones para las Ciudades Inteligentes

Después de haber analizado lo que son las Ciudades Inteligentes, en qué consiste la evaluación de proyectos, y qué indicadores se utilizan para medir estas ciudades, esta sección se centra en describir el modelo de evaluación que proponemos para los proyectos de las Ciudades Inteligentes. Este es un modelo analítico de toma de decisiones basado en los modelos Markov (Bai, Wu, & Chen, 2015; Giuliani, Galelli, & Soncini-Sessa, 2014; Lewis, 2013; Siebert et al., 2012; Sonnenberg & Beck, 1993). Su objetivo principal es el de servir de apoyo al proceso de toma de decisiones, incluyendo también el análisis ex ante previo a la implementación de una iniciativa concreta. Los modelos Markov son útiles para este fin, ya que son capaces de abordar la incertidumbre con respecto a los efectos reales y a los impactos de los costos. Además, permiten la flexibilidad necesaria para adaptarse a un número amplio y heterogéneo de intervenciones. El modelo utiliza la mejor evidencia disponible de múltiples fuentes. Ejemplos de estas son los registros existentes en la administración, las bases de datos oficiales, la información recogida expresamente para la evaluación del proyecto en cuestión, o los resultados de estudios de evaluación de intervenciones similares.

Los modelos Markov se basan en la definición de un número concreto de estados (en el ejemplo de la Figura 7, cuatro), a los cuales se asocia unos costos y unos efectos determinados. Estos efectos pueden medirse con distintos indicadores según la intervención y el objetivo que esta persiga. Otro punto clave del modelo es que establece la probabilidad que tiene la población de moverse de un estado a otro (transición). Las unidades que forman esta *población* pueden ser los ciudadanos, los hogares, barrios, sensores, autobuses, etc. También se puede definir la duración de los ciclos (esto es la frecuencia en qué se producen las transiciones: mensual, anual, etc.), así como el número de ciclos totales de la simulación (por ejemplo si se quiere hacer la evaluación a cinco, diez o veinte años).

Figura 7. Modelo Markov de cuatro estados



Fuente: Elaboración propia

Los costos, efectos, y probabilidades de transición constituyen los principales parámetros del modelo y se deben especificar tanto en relación a la intervención evaluada como a la situación sin intervención (situación actual en caso de una evaluación ex ante, contrafactual, etc.). En base a estos, la simulación compara las dos situaciones [9] y produce como resultado principal el costo-efectividad incremental (CEI). Este se calcula para un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta la probabilidad de estar en cada estado y sus costos y efectos respectivos. Por ejemplo, si en el período 0 nos situamos en el escenario A, y asumimos que toda la población está en la misma situación, el costo asociado a este período sería CA y el efecto EA. Si las probabilidades de llegar a los estados B, C y D en el período 1 son respectivamente: 0.4, 0.2 y 0.1. (y 0.3 de seguir en estado A), el valor del costo del período 1 sería:

$$C_1 = (0.3C_A + 0.4C_B + 0.2C_C + 0.1C_D)$$

y el del e

$$E_1 = (0.3E_A + 0.4E_B + 0.2E_C + 0.1E_D)$$

Estos valores se calculan para cada período incluido en la evaluación y se comparan entre la situación de no intervención y la de intervención. Restando los costos y efectos de la no intervención a los valores de la intervención, obtenemos el costo y el efecto incrementales. El ratio de estos dos es el **costo-efectividad incremental (CEI)** e indica el costo de conseguir una unidad de efecto (por ejemplo el costo por muerte evitada, o por reducción de una tonelada de emisión de CO2). El CEI proporciona información sobre la idoneidad de implementar una intervención. Los siguientes gráficos (Figura 8, Figura 9) muestran cómo se interpreta. El CEIse puede situar en cuatro cuadrantes según la diferencia en costos y efectos entre la *intervención* y la *no intervención* (costo y efecto incremental). En el cuadrante superior izquierdo la intervención está dominada, es más cara y menos efectiva

[9] También se pueden utilizar para más de dos alternativas





que la alternativa, por lo tanto, no debería implementarse. Por el contrario, si se sitúa en el cuadrante inferior derecho, la intervención domina y se tendría que llevar a cabo porque es más barata y efectiva que la situación actual. En los otros dos cuadrantes la decisión es menos clara. En el cuadrante superior derecho la intervención es más efectiva pero también más cara. En el cuadrante inferior izquierdo la intervención es más barata, pero menos efectiva. En estos dos casos, la decisión viene determinada por la disposición a pagar (DAP). Concretamente el proyecto se debería implementar si el CEI es inferior a la DAP (líneas discontinuas).

Aceptar intervención si CEI<DAP

Esta es la situación de los puntos verdes de la Figura 9. En cambio, para los CEI de color rojo la intervención no sería aceptable. Si la DAP fuera mayor, la línea tendría más pendiente (línea gris). En este caso, si la *intervención* fuera más efectiva que la *no intervención* (cuadrante superior derecho), habría más probabilidad que el punto CEI se encontrara por debajo de la DAP.

Figura 8. Plano de costo-efectividad

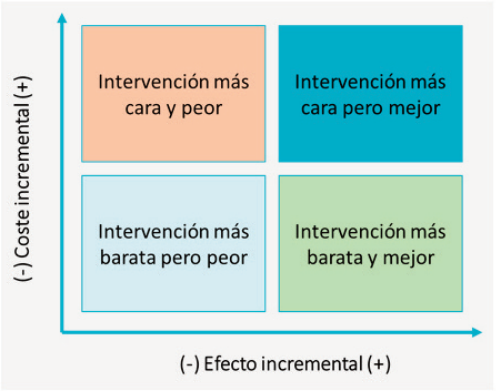
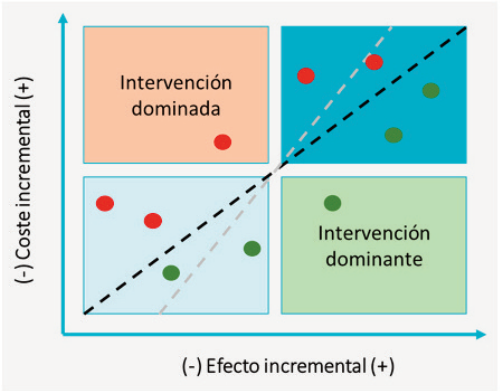


Figura 9. Plano de costo-efectividad y CEI



Los siguientes parágrafos describen el procedimiento para aplicar el modelo y lo hacen a través de una intervención hipotética: *instalar sensores en la ciudad para mejorar el servicio público de autobuses*. El primer paso de una evaluación es **definir la intervención y sus objetivos**. En este caso, el objetivo de la intervención se podría definir así:

Mejorar la organización del transporte público con sensores que miden el tráfico, el número de usuarios en cada zona, etc. para incrementar su uso y con el objetivo final de disminuir el nivel de contaminación.

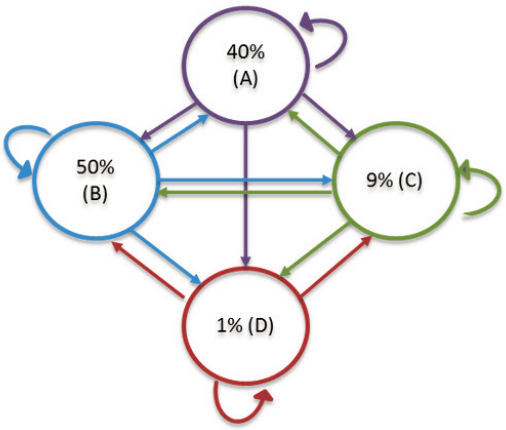
Relacionado con esto, es útil realizar un **análisis de contexto**. Este describe, entre otros, los encargados de la intervención, los distintos actores que participan, los principales beneficiarios, los factores pueden influir en su desarrollo [10], el horizonte temporal, los inputs que se están utilizando, y los impactos esperados. Además, también describe la situación actual con la que se establecerá la comparación. Es importante que esta fase cuente con la participación de todos los actores relevantes para la intervención en cuestión.

La próxima fase consiste en **definir los estados**. Estos se definen en base a la variable resultado principal (outcome), en este caso la contaminación (C) que se podría medir con sensores. Una definición hipotética de los estados podría ser:

- Estado A: Nivel de contaminación muy elevado (C =40)
- Estado B: Nivel de contaminación ligeramente elevado (C=30)
- Estado C: Nivel de contaminación medio (C=20)
- Estado D: Nivel de contaminación bajo (C=10)

El siguiente paso es definir la **distribución inicial** de la población en estados. En este caso las unidades son los barrios, en los cuales es posible medir el nivel de contaminación. Imaginamos que un 40% se encuentra en el Estado A, un 50% en el estado B, un 9% en el Estado C y solo un 1% en el Estado D.

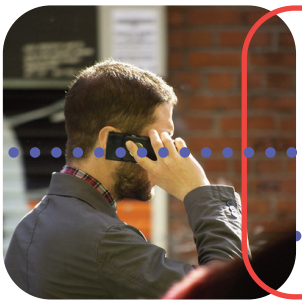
Figura 10. Distribución inicial de la población en cuatro estados



Ahora que tenemos la distribución inicial hace falta **definir las probabilidades de transición** entre estados, para la situación de no *intervención* y la de *intervención*. Esto es la probabilidad que al cabo de un periodo determinado (ej. un año), los barrios se muevan hacía otros niveles de contaminación. En las evaluaciones ex post las pro-



[10] Estos pueden ser muy diversos: comportamiento de los actores, ciclo económico, contexto político, capacidad de la organización para implementar la intervención, etc.





babilidades de transición se calculan en base a los datos observados. En el caso de una evaluación ex ante, las probabilidades de transición de la *intervención* pueden basarse en estudios sobre proyectos similares y las de la *no intervención* en tendencias actuales o proyecciones. Las dos tablas siguientes muestran una situación hipotética. Si hubiera 50 barrios con contaminación ligeramente elevada (estado B) y se estimara que en un año, sin tomar ninguna medida, 30 de estos aumentarían su nivel de contaminación de ligeramente elevado a muy elevado (estado A), la probabilidad de transitar del estado B al estado A en el escenario de no intervención sería 0.6. Si se estimara que 5 pasarían a un nivel de contaminación media, la probabilidad de transitar de B a C sería 0,1.

Finalmente, si se esperara que 15 continuaran con el mismo nivel de polución, la probabilidad de quedarse en el estado B sería 0.3 (Tabla 8). Es necesario tener en cuenta que las probabilidades situadas en la misma fila tienen que sumar siempre 1.

El hecho de implementar una intervención para promover el transporte público con el objetivo final de disminuir el nivel de contaminación, podría hacer variar las probabilidades de transición. Por ejemplo, de los 50 barrios con contaminación ligeramente elevada, se podría estimar que después de un año de empezar la intervención, sólo 5 aumentarían su contaminación pasando a muy elevada, 15 se quedarían con el mismo nivel, 20 disminuirían su polución pasando a un nivel medio, y 10 podrían incluso lograr niveles bajos de contaminación. En este caso las probabilidades de pasar a los estados A, C y D serían 0.1, 0.4 y 0.2 respectivamente, y la de quedarse en el estado B sería 0.3 (Tabla 9).

Por lo tanto, la intervención aumentaría la probabilidad de transitar hacia los estados de menos polución. La misma lógica se aplicaría para los barrios que inicialmente se encontraran en los otros estados de contaminación (A, C y D).

Tabla 8. Probabilidades de transición entre estados en no intervención.

No Intervención	Transición a			
Estado inicial	Estado A	Estado B	Estado C	Estado D
Estado A	0,9	0,1	0	0
Estado B	0,6	0,3	0,1	0
Estado C	0,2	0,4	0,4	0
Estado D	0	0	0,2	0,8

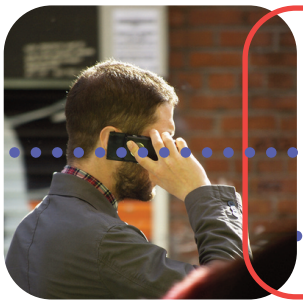
Tabla 9. Probabilidades de transición entre estados en la intervención.

Intervención	Transición a			
Estado inicial	Estado A	Estado B	Estado C	Estado D
Estado A	0,4	0,3	0,2	0,1
Estado B	0,1	0,3	0,4	0,2
Estado C	0,1	0,2	0,3	0,4
Estado D	0	0,1	0,3	0,6

Seguidamente, es necesario **asignar costos y efectos a cada estado**, para la situación de *no intervención* y la de *intervención*. Para esto, se tienen que cuantificar los **costos de implementar** el proyecto (costos únicos) como la infraestructura (costo de las farolas inteligentes, de estaciones de recarga eléctrica, etc.), el personal encargado de la instalación, los costos de adaptación y formación, y los costos burocráticos. Además, se tienen que calcular los costos periódicos necesarios para asegurar el buen funcionamiento del servicio (personal encargado de prestar el servicio, personal de soporte técnico, energía, Internet y telefonía, costos administrativos, etc.). Por otra parte, para hacer posible la comparación, es necesario calcular los costos del servicio que se ofrece actualmente. Aparte de los costos directamente relacionados con la provisión del servicio, es útil tener en cuenta los costos indirectos. Un ejemplo para este caso serían los costos sanitarios de enfermedades respiratorias causadas por la contaminación.

La Tabla 10 muestra algunas partidas de los costos relacionados con la *intervención* y la Tabla 11 una hipotética suma de estos elementos. Además, la Tabla 12 presenta unos posibles costos indirectos. Estos últimos dependen del nivel de contaminación y, por lo tanto, están ligados a cada estado. En el ejemplo, son iguales en la *intervención* y la *no intervención*, pero en otras situaciones podrían diferir. En este caso, en el estado A habría el mismo número de personas enfermas







en el caso de intervención o de no intervención. Sin embargo, el total de enfermos (y de los costos relacionados con ellos) sería menor en el escenario de intervención porque hay más probabilidad de transitar a estados de menos contaminación, con menos costos asociados. Por otra parte, es necesario definir bien la unidad con que se miden los costos. En este caso todos los costos se homogeneizan por barrio (la unidad de este ejemplo) y por año [12].

Tabla 10. Costos de la intervención. Partidas.

	Costos únicos	Costos periódicos
No intervención		Costo de la gasolina
		Salario de los conductores de autobuses
Intervención	Costo de los sensores	Costo de la gasolina
	Costo de la instalación de los sensores	Salario de los conductores de autobuses
	Costo de formación para conductores para adaptarse al nuevo sistema	Costo del personal que hace el monitoreo

Tabla 11. Costos de la intervención. Valores.

	Costos únicos (por barrio)	Costos periódicos (por barrio y año)
No intervención	0	30 UM
Intervención	500 UM[13]	20 UM

Tabla 12. Costos indirectos (por barrio y año)

	Estado A	Estado B	Estado C	Estado D
No intervención	30 UM	25 UM	20 UM	15 UM
Intervención	30 UM	25 UM	20 UM	15 UM

Los **efectos** incluyen los resultados directos (relacionados con el programa) e indirectos (causados por las actitudes y cambios de comportamiento de los actores afectados, efectos sobre otras áreas sectoriales de la ciudad, etc.). Se pueden medir en valor monetario, en número de muertes evitadas, en toneladas per cápita, etc. Si se quiere incluir más de un efecto será necesario convertir las medidas en una unidad comparable, por ejemplo, aplicando pesos para otorgar prioridad a algunos de ellos (a efectos medioambientales, a efectos que beneficien los sectores más vulnerables, etc.). En el ejemplo,

[12] Según la intervención evaluada, el período podría cambiar
[13] Unidad Monetaria

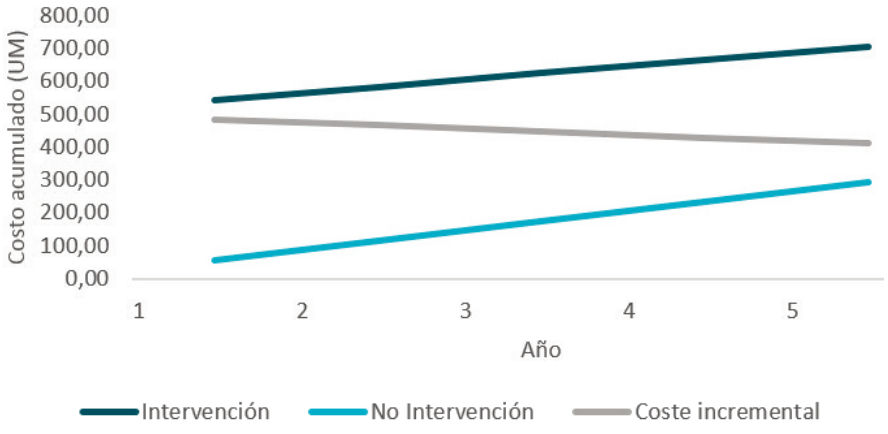
los efectos reflejan la utilidad que tiene la sociedad según el nivel de contaminación. Asumimos que a menos contaminación la utilidad es mayor porque la calidad de vida aumenta, y suponemos que equivale a (100-C)/100. En consecuencia, los costos y efectos asociados a cada estado serían:

Tabla 13. Costos y efectos de la intervención y la no intervención por estado

	Intervención		No Intervención	
	Costos[14]	Efectos	Costos	Efectos
Estado A	500 UM +50 UM/año	0,6	60 UM/año	0,6
Estado B	500 UM +45 UM/año	0,7	55 UM/año	0,7
Estado C	500 UM +40 UM/año	0,8	50 UM/año	0,8
Estado D	500 UM +35 UM/año	0,9	45 UM/año	0,9

Podemos ver que la *intervención* es más cara a causa de la inversión inicial. No obstante, al pasar los años la diferencia con la *no intervención* se iría reduciendo porque los costos periódicos son menores. Al mismo tiempo, si la intervención lograse pasar a estados de menos contaminación, los costos también disminuirían ya que los estados de menos contaminación tienen asociado un costo menor. La Figura 11 presenta la evolución de los costos en las dos situaciones (intervención y no intervención) para un período de 5 años y se ve como la intervención es más cara que la no intervención pero la diferencia entre ellas se va reduciendo. Esto se observa con la línea del costo incremental. Estos resultados cambiarían si el costo de la intervención fuera menor. La Figura 12 muestra qué pasaría si el costo de la inversión inicial fuera 50UM en lugar de 500UM. En este caso la intervención es inicialmente más cara pero después resulta en ahorro monetario.

Figura 11. Costos acumulados (1)

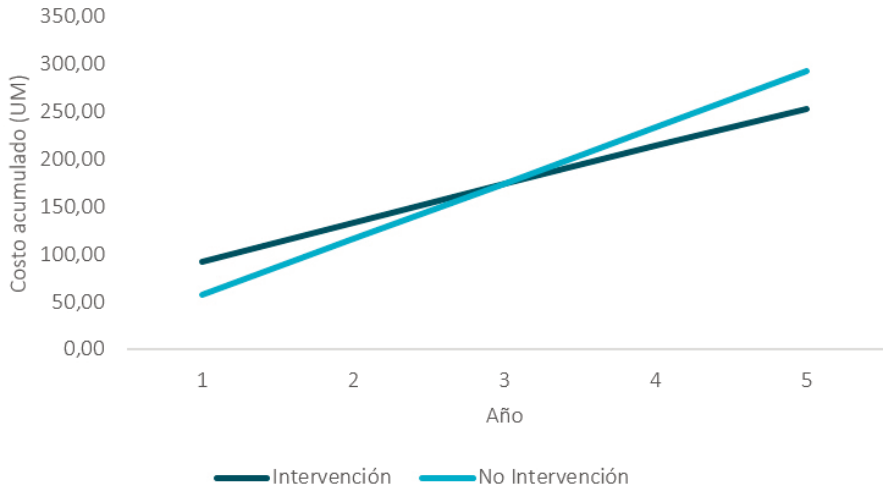


[14] Esto es la suma de los costos únicos de la intervención, de los costos periódicos de la intervención, y de los costos indirectos.



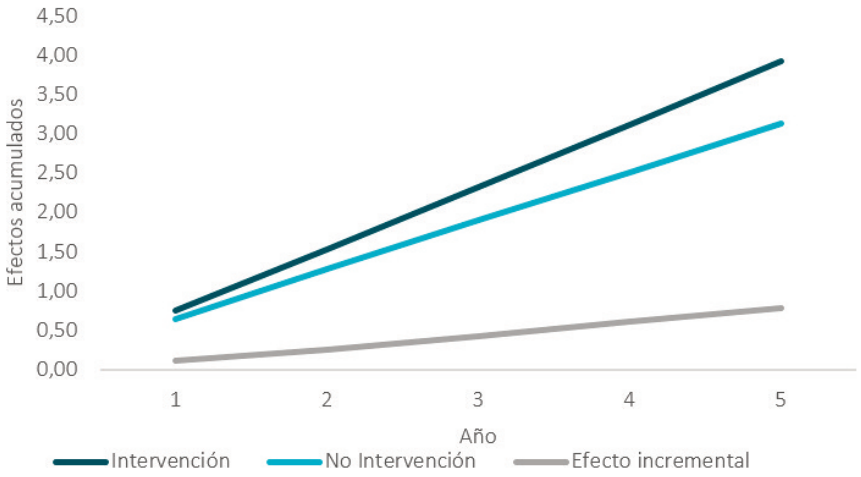


Figura 12. Costos acumulados (2)



El otro resultado clave del modelo son los efectos derivados de la intervención, en este caso la utilidad ligada al nivel de contaminación. La Figura 13 muestra como los efectos acumulados de la intervención crecen más rápido que los de la no intervención (ya que hay más barrios que transitan hacia niveles más bajos de contaminación) y, en consecuencia, el efecto incremental es positivo y aumenta.

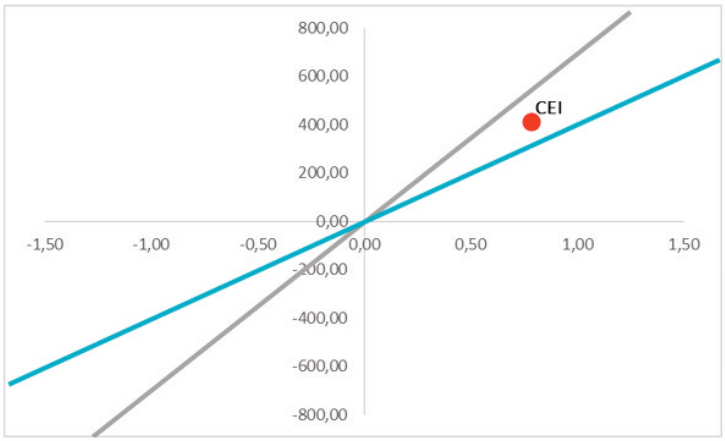
Figura 13. Efectos acumulados



El resultado final de la evaluación viene dado por el CEI, que es el que informa la toma de decisiones. La decisión de implementar el programa dependerá de donde esté situado este punto. La Figura 14

muestra el ejemplo en el caso en qué la inversión necesaria para iniciar la intervención es 500UM. El eje horizontal representa el efecto incremental y el vertical el costo incremental. El CEI se encuentra en el cuadrante superior-derecho, por lo tanto, la disponibilidad a pagar por la reducción del nivel de contaminación será clave para determinar la implementación o no de la intervención. Así, si la disponibilidad a pagar es de 700UM por una unidad de utilidad (línea gris) la intervención sería aceptable porque el CEI se encontraría por debajo de este umbral. En cambio, si la disponibilidad a pagar es 400UM (línea azul) la decisión sería de no implementar la intervención. Por lo tanto, en este caso la decisión depende de la disponibilidad a pagar de la administración encargada de desarrollar el proyecto, que puede depender del presupuesto disponible, de la prioridad que se atribuya a los impactos perseguidos por la intervención, etc. La disponibilidad a pagar también depende de los ciudadanos u organizaciones privadas que pagarán por la intervención de forma directa o indirecta (esto es a través de impuestos). Cabe resaltar que esta disponibilidad a pagar no es estática y que se puede necesitar la participación de los actores relevantes para determinar el umbral por encima del cual la intervención ya no se consideraría aceptable.

Figura 14. Plano de costo-efectividad (Escenario 1)



La simulación del ejemplo se ha realizado con unos parámetros determinados. Sin embargo, estos son estimaciones y pueden desviarse de la realidad. Por eso, se puede ejecutar el modelo múltiples veces para ver como los resultados varían al cambiar parámetros concretos. Como hemos visto antes, un cambio en los costos de la inversión puede modificar el resultado de los costos acumulados. En este caso el CEI se situaría en el cuadrante inferior derecho en el que la intervención es dominante. Esto quiere decir que es más barata y más eficiente que la opción actual y, por lo tanto, sería positivo implementarla, independientemente de la disponibilidad a pagar (Figura 15). Por el contrario, la Figura 16 muestra un resultado más pesimista en el que la intervención no logra ser más efectiva que la situación actual (está dominada) y, en consecuencia, la decisión sería de no implementarla. Estos distintos resultados conformarían el conjunto de escenarios posibles a los que se podría llegar en implemen-





tar un programa concreto, lo cual proporcionaría información clave a las autoridades encargadas de la toma de decisiones.

Figura 15. Plano de costo-efectividad (Escenario 2)

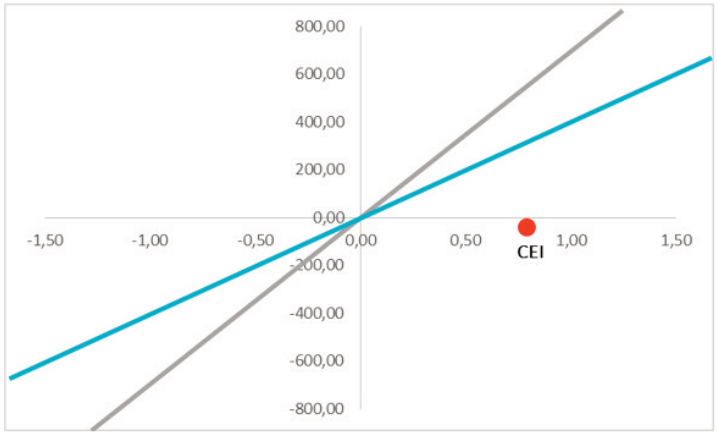
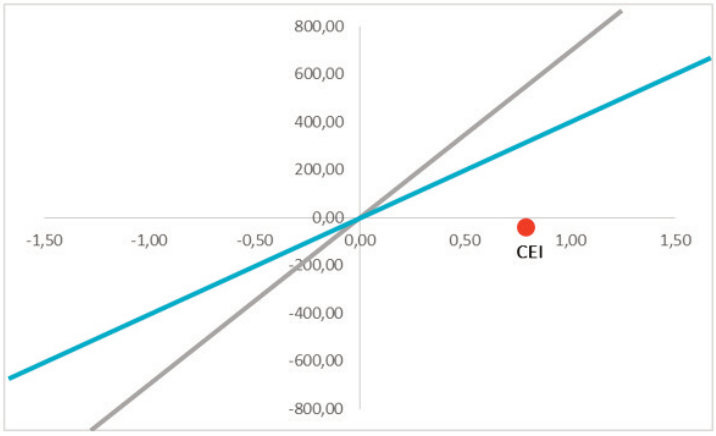


Figura 16. Plano de costo-efectividad (Escenario 3)



* * *

VI. Referencias

Albino, V., Umberto, B., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities : definitions , dimensions , and performance. Journal of Urban Technology, 1723–1738.

Anheier, H. K., Krlev, G., Preuss, S., Mildenberger, G., Bekkers, R., Mensink, W., … Adelaja, B. (2014). Social Innovation as Impact of the Third Sector. European Commission – 7th Framework Programme. Brussels: European Commission, DG Research.

Anthopoulos, L. & Fitsilis, P. (2010). From Digital to Ubiquitous Cities: Defining a Common Architecture for Urban Development. In the Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent EnvironmentsIE'10, Malaysia 2010, IEEE, 301-306.

Bai, A., Wu, F., & Chen, X. (2015). Online Planning for Large Markov Decision Processes with Hierarchical Decomposition. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 6(4), 45:1--45:28.

Belissent, J., Mines, C., Radcliffe, E. & Darashkevich, Y. (2010). Getting Clever About Smart Cities: New Opportunities Require New Business Models. Cambridge, MA: Forrester Research.

Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2009). Smart Cities in Europe. 3rd Central European Conference in Regional Science.

CITYkeys. (2016). Deliverable 3.3. Recommendations for a smart city index.

CITYkeys. (2017). CITYkeys indicators for smart city projects and smart cities.

European Commission. (2014). PART I - Counterfactual impact evaluation handbook. Mireia (Measuring the Impact of eInclusion Actors in Europea).

European Parliament. (2014). Mapping Smart Cities in the EU. Brussels: European Parliament, Directorate General for internal policies policy.

EY. (2016). Italia smart. Rapporto Smart City Index 2016.

Garcia Arias, C. (2007). Sistemas de indicadores de Smart Cities. Universidad de Santiago de Compostela, 1–19.

Gibson, D.V., Kozmetsky, G. & Smilor, R.W. (eds.) (1992). The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks. Lanham, MD: Rowman & Littlefield Publishers.





Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). Smart cities Ranking of European medium-sized cities. Centre of Regional Science, Vienna UT.

Giuliani, M., Galelli, S., & Soncini-Sessa, R. (2014). A dimensionality reduction approach for many-objective Markov Decision Processes: Application to a water reservoir operation problem. Environmental Modelling & Software, 57, 101–114.

IE, & PWC. (2015). Smart Cities: Transformación digital de las ciudades, 113–117.

ITU-T. (2015). ITU-T Rec. L.1440 (10/2015). Methodology for environmental impact assessment of information and communication technologies at city level.

JRC. (2015). A Smart Grid for the city of Rome - A Cost Benefit Analysis. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Kourtit, K., Nijkamp, P., & Arribas, D. (2012). Smart cities in perspective – a comparative European study by means of self-organizing maps. Innovation: The European Journal of Social Sciences, 25(2), 229–246.

Lazaroiu, G. C., & Roscia, M. (2012). Definition methodology for the smart cities model. Energy, 47(1), 326–332.

Lewis, M. J. (2013). Hierarchical decision making. STIDS 2013 Proceedings Page, 162–165.

Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., & Yousef, W. (2012). Modelling the smart city performance. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 25(2), 137–149.

Misuraca, G., Centeno, C., & Torrecillas, C. (2014). Measuring the Impact of eInclusion Actors : Impact Assessment Framework. Annex-the MIREIA eI2-IAF Toolkit. JRC Scientific And Policy Reports. European Commission - Joint Research Centre (JRC).

Mora, L., Bolici, R., & Deakin, M. (2017). The First Two Decades of

Smart-City Research: A Bibliometric Analysis. Journal of Urban Technology.

Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research Conceptualizing, 282--291.

Odendaal, N. (2003). Information and Communication Technology and Local Governance: Understanding the Difference Between Cities in Developed and Emerging Economies. Computers, Environment and Urban Systems 27 (6), 585–607.

Paskaleva, K.A. (2009). Enabling the Smart City: The Progress of City E-governance in Europe. International Journal of Innovation and Regional Development 1(4), 405–422.

Robinson, R. (1993). Costs and cost-minimisation analysis. BMJ, 307, 726–728.

Siebert, U., Alagoz, O., Bayoumi, A. M., Jahn, B., Owens, D. K., Cohen, D. J., & Kuntz, K. M. (2012). State-Transition Modeling: A Report of the ISPOR-SMDM Modeling Good Research Practices Task Force-3, 15, 812–820.

Sonnenberg, F. A., & Beck, J. R. (1993). Markov models in medical decision making: A practical guide. Medical Decision Making, 13(4), 322–338.

UCLG. (2012). Smart Cities Study: International study on the situation of ICT, Innovation and Knowledge in Cities. Bilbao: The Committee of Digital and Knowledge-based Cities of UCLG.

Washburn, D., & Sindhu, U. (2009). Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives. Forrester.

* * *





VII. Anexos

Anexo 1. Indicadores de Smart Economy

Smart Economy	
Inputs	Inversión necesaria para implementar el proyecto
	Empresas certificadas implicadas en el proyecto
	Costos periódicos del proyecto
	Costos del personal implicado en el proyecto
Outputs	Desarrollo de parques tecnológicos y científicos
	Número de centros de innovación en la ciudad, públicos o privados, por 100,000 habitantes
	Medidas para promover la colaboración entre empresas y centros de conocimiento
	Número de incubadoras de empresas
	Extensión del servicio de pago electrónico
	Plan de acción para apoyar el espíritu emprendedor
	Estrategia internacional para promocionar la ciudad
	Número de proyectos emblemáticos para el posicionamiento internacional de la ciudad
	Tener agencias locales de desarrollo
	Participación de la ciudad en redes internacionales
	Número de visitantes al sitio físico o web del proyecto que alberga la Ciudad Inteligente
Outcomes/ Impactos	Valor actual neto (VAN) del proyecto
	Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto
	Número de puestos de trabajo creados
	Tasa de paro
	PIB por persona empleada
	Mediana de la renta familiar disponible (US$/hogar)
	Número de nuevas empresas por 100,000 habitantes
	Porcentaje de trabajadores autónomos
	Número de nuevas *Startups* por año
	Número de nuevas patentes por 100,000 habitantes
	Gasto en I+D por % del PIB
	Exportaciones tecnológicas sobre el PIB de la ciudad
	Tasa de empleo en sectores de tecnología alta y creativos
	Tasa de empleo en sectores intensivos en conocimiento
	Tasa de empleo en sectores de energías renovables y sistemas de eficiencia energética
	Ratio de empleo relacionado con servicios medioambientales
	Porcentaje de empresas con Internet
	Porcentaje de empresas con página web
	Porcentaje de empresas con ordenadores
	Porcentaje de empresas que hacen como mínimo el 5% de sus ventas por Internet
	Porcentaje de empresas que hacen como mínimo el 5% de sus compras por Internet
	Porcentaje de impuestos recaudados sobre los impuestos facturados
	Transporte aéreo de mercancías
	Número de asistentes a congresos y ferias internacionales
	Resultado monetario del ahorro de tiempo
	Porcentaje de las subvenciones sobre el inversión total del proyecto
	Ahorro total de costos por hogar y año

Anexo 2. Indicadores de Smart Governance

Smart Governance	
Inputs	Tiempo necesario para implementar el proyecto
	Personal necesario para implementar el proyecto
	Grado de participación de los distintos actores en el diseño, implementación y evaluación del proyecto
Outputs	Número de servicios online ofrecidos por la administración (ej. Solicitudes de certificados de impuestos, registros de quejas, pedir cita en el ayuntamiento)
	Cantidad de información disponible online para los ciudadanos (ej. sobre regulaciones municipales, presupuesto, planes municipales, etc.)
	Porcentaje de servicios a que los ciudadanos pueden acceder a través de la web o Smartphone
	Uso de herramientas de Internet para la participación de los ciudadanos (ej. E-mail, cuestionarios online, redes sociales, etc.)
	Uso de encuestas online como plataforma electrónica para la participación ciudadana
	Uso de chats/fórums como plataforma electrónica para la participación ciudadana
	Existencia de una plataforma on-line para la participación ciudadana
	Implementación de un sistema de votación electrónico
	Implementación de un sistema de firma electrónica
	Presencia de sistemas avanzados para la identificación de ciudadanos online
	Implementación de un sistema electrónico para pedir certificados
	Implementación de un sistema electrónico para el pago de impuestos
	Existencia de un sistema de pago electrónico de las prestaciones (ej. Seguridad social)
	Número de infraestructuras con sensores instalados: tráfico, demanda de transporte público, parking, calidad del aire, residuos, agua, alumbrado público
	Número de servicios integrados en un único centro de operaciones que utiliza datos en tiempo real (servicios de ambulancia, fuego, respuesta a emergencias, policía, tiempo meteorológico, tránsito, calidad del aire)
	Disponer de un plan de acción en e-gobierno
	Organización de eventos de sensibilización y promoción de las TIC y la innovación
	Existencia de una política de privacidad oficial para proteger los datos confidenciales de los ciudadanos
	Gestión eficaz del proyecto con una ventanilla única para el suministro de información, orientación, apoyo práctico y asistencia, evaluación de programas
Outcomes/ Impactos	Número de procesos de participación pública por 100,000 habitantes por año
	Participación electoral en elecciones municipales
	Actividad política de los habitantes
	Participación en voluntariados
	Porcentaje de proyectos en los que han participado ciudadanos
	Importancia de la política según la población
	Número de condenas por corrupción
	Nivel de satisfacción con la lucha contra la corrupción
	Porcentaje de mujeres entre los representantes de la ciudad
	Número de actividades de compromiso cívico ofrecidas por el municipio el año pasado
	Porcentaje de la población (16-74 años) que ha utilizado el Internet en los últimos 3 meses para relacionarse con la administración
	Porcentaje de la población que participa en plataformas online
	Porcentaje de conjuntos de datos abiertos por 100,000 habitantes
	Calidad de los datos abiertos producidos (en estrellas)
	Número de aplicaciones móviles disponibles basadas en datos abiertos
	Porcentaje del personal de la administración que utiliza ordenadores con Internet
	Porcentaje de la contratación pública que utiliza criterios medioambientales
	Grado en que el proyecto ha contribuido o inspirado al desarrollo de nuevas formas de financiación
	Grado en que el proyecto ha contribuido o inspirado a nuevas formas de procedimientos de contratación pública
	Grado en que el proyecto ha contribuido o inspirado cambios en las leyes y regulaciones
	Grado en que el proyecto ha mejorado la flexibilidad en los servicios de entrega
	Grado en que el proyecto ha mejorado el acceso a los servicios en línea proporcionados por la ciudad
	Gasto municipal por residente





Anexo 1. Indicadores de Smart Economy

Smart Economy	
Inputs	Inversión necesaria para implementar el proyecto
	Empresas certificadas implicadas en el proyecto
	Costos periódicos del proyecto
	Costos del personal implicado en el proyecto
Outputs	Desarrollo de parques tecnológicos y científicos
	Número de centros de innovación en la ciudad, públicos o privados, por 100,000 habitantes
	Medidas para promover la colaboración entre empresas y centros de conocimiento
	Número de incubadoras de empresas
	Extensión del servicio de pago electrónico
	Plan de acción para apoyar el espíritu emprendedor
	Estrategia internacional para promocionar la ciudad
	Número de proyectos emblemáticos para el posicionamiento internacional de la ciudad
	Tener agencias locales de desarrollo
	Participación de la ciudad en redes internacionales
	Número de visitantes al sitio físico o web del proyecto que alberga la Ciudad Inteligente
Outcomes/ Impactos	Valor actual neto (VAN) del proyecto
	Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto
	Número de puestos de trabajo creados
	Tasa de paro
	PIB por persona empleada
	Mediana de la renta familiar disponible (US$/hogar)
	Número de nuevas empresas por 100,000 habitantes
	Porcentaje de trabajadores autónomos
	Número de nuevas *Startups* por año
	Número de nuevas patentes por 100,000 habitantes
	Gasto en I+D por % del PIB
	Exportaciones tecnológicas sobre el PIB de la ciudad
	Tasa de empleo en sectores de tecnología alta y creativos
	Tasa de empleo en sectores intensivos en conocimiento
	Tasa de empleo en sectores de energías renovables y sistemas de eficiencia energética
	Ratio de empleo relacionado con servicios medioambientales
	Porcentaje de empresas con Internet
	Porcentaje de empresas con página web
	Porcentaje de empresas con ordenadores
	Porcentaje de empresas que hacen como mínimo el 5% de sus ventas por Internet
	Porcentaje de empresas que hacen como mínimo el 5% de sus compras por Internet
	Porcentaje de impuestos recaudados sobre los impuestos facturados
	Transporte aéreo de mercancías
	Número de asistentes a congresos y ferias internacionales
	Resultado monetario del ahorro de tiempo
	Porcentaje de las subvenciones sobre el inversión total del proyecto
	Ahorro total de costos por hogar y año

Anexo 4. Indicadores de Smart Environment

Smart Environment	
Inputs	Energía y recursos necesarios para implementar el proyecto
	Proporción de materiales reciclados o reutilizados usados en el proyecto
	Proporción de materiales renovables usados en el proyecto
Outputs	Número de farolas inteligentes
	Monitoreo de tormentas e inundaciones a través de las TIC
	Control de contaminación del agua a través de las TIC
	Número de centros de seguimiento de las condiciones ambientales de la ciudad
	Presencia y volumen de calefacción urbana
Outcomes/ Impactos	Consumo total de energía per cápita (kWh/año)
	Uso eficiente de la energía (uso/PIB)
	Horas de interrupción del servicio eléctrico por hogar
	Extensión de la red de alumbrado público
	Gasto por punto de luz de la red de alumbrado público
	Consumo total de agua per cápita (litros/día)
	Uso eficiente del agua (uso/PIB)
	Porcentaje población con acceso a agua potable
	Porcentaje de consumo de agua procedente de fuentes locales
	Horas de interrupción del servicio de agua por hogar
	Porcentaje de pérdidas de agua sobre el total consumido
	Porcentaje de la energía consumida por la ciudad que proviene de fuentes renovables
	Producción de bioenergía
	Producción de energía solar
	Producción de energía hidroeléctrica
	Producción de energía eólica
	Porcentaje de residuos sólidos de la ciudad que se reciclan
	Generación de residuos peligrosos per cápita
	Porcentaje de los residuos de la ciudad que se gestionan a través de las TIC
	Porcentaje de la población con recogida regular de los residuos sólidos
	Porcentaje de la población con acceso a la recogida de las aguas residuales
	Porcentaje de las aguas residuales que no se ha tratado
	Porcentaje de agua de lluvia y de aguas grises que se re-utilizan para agua potable
	Emisiones de CO_2 en toneladas per cápita
	Emisiones de gases efecto invernadero (toneladas per cápita)
	Porcentaje de la población urbana expuesta a polución del aire (microgramos por m^3)
	Concentración de partículas (PM10) en el aire
	Concentración anual de elementos contaminantes en el aire
	Nivel de contaminación acústica
	Número de enfermedades respiratorias crónicas por habitante
	Proporción de edificios inteligentes
	Porcentaje de viviendas con medidores inteligentes
	Porcentaje de edificios comerciales e industriales con medidores inteligentes
	Porcentaje de edificios nuevos y renovados en los que se ha examinado su sostenibilidad
	Porcentaje de edificios que cumplen los estándares mínimos
	Redes inteligentes (Smart Grids): proporción de nodos que se controlan de forma remota
	Porcentaje de la red municipal de energía que da información en tiempo real a los consumidores
	Hectáreas de espacio verde por 100,000 habitantes
	Porcentaje de áreas verdes y azules
	Opinión sobre la importancia de la protección del medioambiente
	Cantidad de material utilizado en la ciudad (toneladas/cápita/año)
	Porcentaje de consumo de alimentos locales





Anexo 5. Indicadores de Smart People

Smart People	
Inputs	Personal necesario para implementar el proyecto
Outputs	Programas de formación online
	Número de cursos que se pueden descargar directamente de Internet
	Acciones para desarrollar la tecnología digital en las escuelas
	Número de ordenadores por estudiante
	Número de pizarras interactivas por estudiante
	Número de pizarras interactivas por aula
	Porcentaje de escuelas conectadas a Internet
	Porcentaje de aulas con conexión LAN y WiFi
	Acciones para atraer y retener el talento y promover la creatividad
	Porcentaje de residentes con Smartphone
Outcomes/ Impactos	Tasa de escolarización
	Tasa de abandono escolar
	Porcentaje de la población con grados universitarios
	Número de universidades en la ciudad
	Ratio alumno/profesor en la educación primaria
	Grado de accesibilidad a los recursos educativos
	Nivel de satisfacción con el acceso al sistema educativo
	Nivel de satisfacción con la calidad del sistema educativo
	Participación en formación continua (en %)
	Participación en formación lingüística (en %)
	Habilidades en lengua extranjera
	Adecuación de la oferta formativa a las demandas del mercado laboral
	Habilidades TIC
	Grado de alfabetización digital de la sociedad
	Porcentaje de maestros que utilizan las TIC para fines educativos
	Densidad de población: número de personas por km^2

Anexo 6. Indicadores de Smart Living

Smart Living	
Outputs	Oferta de servicios sanitarios online (ej. solicitud de cita médica, receta digital, informes médicos, etc.)
	Existencia de la tarjeta de salud electrónica
	Implementación de un programa de inclusión digital para grupos con riesgo de exclusión
	Número de tecnologías actualmente en uso para prevención del crimen (cámaras de vídeo en vivo, etc.)
	Apps de taxi, tecnologías de software predictivas del crimen
	Red de telecomunicaciones utilizada para fines de seguridad (fibra óptica, WiFi, Simulcast, Tetra)
	Sistema de monitoreo sísmico
	Sistema de video vigilancia en espacios públicos
Outcomes/ Impactos	Porcentaje de pacientes que son supervisados con monitorización remota o un sistema de alarmas
	Número de residentes con la historia clínica unificada
	Accesibilidad a los servicios básicos de salud
	Número de camas hospitalarias por paciente
	Tiempo de espera en los centros médicos
	Tiempo de espera para citas médicas
	Número de médicos por habitante
	Satisfacción con la calidad del sistema de salud
	Esperanza de vida
	Mortalidad de menores de 5 años por 1,000 nacimientos
	Tasa de suicidio por 100,000 habitantes
	Tiempo de respuesta de los servicios de emergencia desde la llamada inicial
	Tiempo de respuesta del departamento de incendios desde la llamada inicial
	Tiempo de respuesta del departamento de policía desde la llamada inicial
	Nivel de ciberseguridad
	Tasa de crímenes violentos por 100,000 habitantes
	Tasa de crímenes contra la propiedad por 100,000 habitantes
	Número de muertes relacionadas con el fuego por 100,000 habitantes
	Número de muertes relacionadas con desastres naturales por 100,000 habitantes
	Nivel de crimen
	Número de homicidios por 100,000 habitantes
	Satisfacción con la seguridad personal
	Coeficiente GINI de desigualdad
	Porcentaje de la población viviendo en pobreza
	Número de personas sin hogar por 100,000 habitantes
	Percepción del riesgo de pobreza
	Porcentaje de la población que vive en barrios marginales
	Porcentaje de habitantes con deficiencias en la vivienda en alguna de las siguientes áreas: agua potable, salubridad, superpoblación, materiales de calidad deficiente, falta de electricidad
	Porcentaje de la renta de los hogares que se destina a la vivienda
	Satisfacción con la situación personal respeto a la vivienda
	Porcentaje de hogares que no pueden pagar los niveles básicos de energía
	Índice de pobreza energética
	Participación de los grupos menos representados en la sociedad
	Actitud frente a la inmigración
	Calidad de vida
	Espacio público recreativo al aire libre (m^2 per cápita)
	Espacio público recreativo interior (m^2 per cápita)
	Porcentaje del presupuesto municipal destinado a la cultura
	Préstamos de libros por residente



cet.la
Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina



ASIET
Telecomunicaciones de América Latina
Telecomunicações da América Latina

El Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina es una iniciativa de ASIET.