

USO DE LAS TIC EN EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL EN COLOMBIA

Rubén Darío Hernández Beleño

Ingeniero Mecatrónico, Magister En Ingeniería Mecánica, Universidad Piloto de Colombia,
ruben-hernandez1@upc.edu.co

Henry Arturo Bastidas Mora

Ingeniero Electricista, Magister en Telecomunicaciones, Universidad Piloto de Colombia,
Henry-bastidas@unipiloto.edu.co

Recibido: 05-05-14, aceptado: 23-02-15, versión final: 23-02-15

RESUMEN

El cambio climático se ha convertido en una preocupación a nivel mundial que requiere de la colaboración de todos. Según los escenarios de cambio climático planteados por el IPCC¹, se pronostica que Colombia sea una de las zonas más afectadas del planeta, en especial las regiones de los Andes Colombianos, ya que la precipitación y la temperatura media son elementos climatológicos que caracterizan el estado del tiempo atmosférico. La aplicación de las TICS en esta crisis climática resultaría una buena opción, aunque estas son actualmente responsables del 2.5% de las emisiones de gases de efecto invernadero; sin embargo, podrían ayudar a reparar el cambio climático si se aprovecha sus ventajas y se producen de forma ecológica, ya que pueden predecir, identificar y medir la magnitud del cambio climático, y para el desarrollo de estrategias de respuesta eficaces que permitan adaptarse rápidamente a los efectos negativos en sectores tales como agricultura, transporte, empleo, transferencia de tecnología y el sector energético. En Colombia se han venido realizando propuestas de trabajo para la implementación de los sistemas Smart Grid, considerando las ventajas que estas redes desarrollan para el sistema de potencia y ahorro energético, generando opciones aplicables para un medio ambiente sostenible.

Palabras clave: TIC, Cambio climático, Smart Grid, Ciudades Inteligentes.

ABSTRACT

The climate change has turned into a worry on a global scale that needs of the collaboration of all. According to the stages of climate change raised by the IPCC, it is predicted that Colombia is one of the most affected areas of the planet, especially the regions of the Colombian Andes, since the precipitation and the average temperature are climatological elements that characterize the state of the atmospheric time. The application of the TICS in this climatic crisis would turn out to be a good option, although these are at present responsible for 2.5 % of the gas emission of greenhouse effect; nevertheless, they might help to repair the climate change if one makes use of its advantages and they take place of ecological form, since they can predict, identify and measure the magnitude of the climate change, and for the development of effective strategies of answer that allow to adapt themselves quickly to the negative effects of the climate change in such sectors like agriculture, transport, employment, technology transfer and the energy sector. In Colombia they have come realizing work proposals for the implementation of the systems Smart Grid, considering the advantages that these networks develop for the system of potency and energy saving, generating applicable options for a sustainable environment.

Keywords: ITC, Climate change, Smart Grid, intelligent cities.

1 IPCC [angl]: Panel Intergubernamental sobre cambio climático.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados sobre el cambio climático son cada vez más alarmantes. Esto se debe a la acumulación en la atmósfera de los GEI² que están aumentando en forma considerable en comparación a lo que se estableció en los primeros estudios mundiales. En consecuencia, ha llevado a que científicos, economistas y países industrializados tracen el objetivo para que en el futuro las emisiones se hayan reducido hasta un 20% por debajo de los niveles obtenidos en los años 90. La responsabilidad está enfocada en calcular las emisiones de GEI de las industrias y de las TIC, para desarrollar métodos que contribuyan a lograr una contextualización y una economía más eficiente que permitan mitigar los efectos del cambio climático.

El momento del cambio radica desde tres aspectos de impacto: científico, económico y político. En el aspecto científico se ha establecido mediante el informe de 2007 del IPCC que: “El calentamiento del clima es inequívoco; actualmente resulta evidente que se ha producido un incremento de las temperaturas medias mundiales del aire y de los océanos, además de los deshielos de nieve y hielo e igualmente el aumento del nivel del mar” (Pachauri, 2007).

Las situaciones presentadas por el BAU³ redicen que las emisiones globales se elevaran desde las 40 millones de toneladas (Gt) de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e), esta información incluye las emisiones de carbono como los GEI emitidas cada año, en 2002 se obtuvieron prácticamente 53 GtCO₂e con un incremento alarmante (McKinsey, 2007). Según King and Walker 2008, los estudios muestran que no existen cifras específicas que puedan considerarse aceptables de modo general, por lo que se deben generar nuevos estudios e informaciones de dichos impactos. Independientemente de los valores que se estandaricen como referencia,

la disminución en las emisiones se consideran como uno de los retos en el futuro.

En el caso económico, según el informe Stern, en 2006, señala que al ignorar el incremento de las emisiones de carbono que causan el cambio climático hoy, podrá afectar el crecimiento económico mañana. Donde se deberán tomar medidas, los costos y riesgos generales del cambio climático serán el equivalente a perder menos del 5% del PIB⁴ mundial cada año. No actuar en este momento provocaría múltiples riesgos, perjuicios y daños que podrían aumentar el 20% o más del PIB mundial. Caso contrario, si los costos derivados de actuar en busca de reducir las emisiones GEI para evitar los peores efectos del cambio climático, pueden limitarse a aproximadamente el 1% del PIB mundial cada año.

Por último, la respuesta política más relevante surge con la firma del Protocolo de Kyoto por parte de treinta y cuatro países (United Nations, 1998), el acuerdo negociado a través de la CMNUCC⁵, establece como objetivo reducir en un 5,4% las emisiones de carbono mundiales en relación a la época de los 90. En donde, las regiones y los países se han centrado en plantear sus propios objetivos para mitigar estos cambios. En 2007, la UE⁶ presentó el objetivo de reducir las emisiones en un 20% en comparación de los niveles de 1990 antes del 2020, objetivo que aumentara hasta el 30% si se llegan a nuevos acuerdos (Unión Europea, 2007). La legislación del cambio climático de California conocida como la AB 32, compromete al estado a reducir un 80% sus emisiones por debajo de los niveles de 1990 en 2050, estos son algunos de los casos más representativos en la lucha contra el cambio climático (Scott, 2004).

2 GEI: Gases de Efecto Invernadero.

3 BAU [angl]: Escenario Actual de Negocios.

4 PIB: Producto Interno Bruto.

5 CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

6 UE: Unión Europea

2. CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

De acuerdo a los escenarios de cambio climático planteados por el IPCC, se prevé que Colombia sea una de las zonas más afectadas del planeta, en especial las regiones de los Andes Colombianos (Oviedo, 2010), ya que la precipitación y la temperatura media son elementos climatológicos que caracterizan el estado del tiempo atmosférico (Montealegre, 2009).

Colombia es un país que puede verse muy afectado por los impactos del cambio climático. Dado que la mayor parte de su población está ubicada en las partes altas de las cordilleras, en donde, se pueden presentar problemas de escases hídrica, inestabilidad en los suelos y en la parte de las costas un aumento en el nivel del mar que pueden generar inundaciones que afecten los asentamientos humanos y las actividades económicas claves para el país; en la actualidad, Colombia tiene una alta recurrencia en los eventos extremos con gran incidencia de emergencia asociadas al clima. De forma que, es necesario realizar una gestión ambiental, social y de riesgo adecuada, que permita generar adaptaciones al cambio climático. Fortaleciendo el SINA⁷ y el Sistema Nacional para la Prevención y Atención a Desastres, buscando una coordinación única entre sistemas gubernamentales para evitar generar nuevas instituciones paralelas para administrar el cambio climático, cuando lo que debe buscarse es que en todo el país sus actores y sectores generen acciones para el cambio climático. Actualmente, se han mostrado avances en el logro de los objetivos de mitigación, pero estas metas no son notables debido al conflicto social con grandes inequidades regionales y brechas sociales, por el alto porcentaje de población vulnerable que pueden sufrir retrocesos en el desarrollo humano, por causa del cambio climático. Los importantes esfuerzos en busca de desarrollar políticas e iniciativas de conservación y en colocar en la agenda pública

los temas ambientales, compromete la nación en el tema de la mitigación del cambio climático teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

A. Gases de efecto Invernadero: Colombia realizó el estudio nacional de GEI para los años comprendidos entre el año 2000 a 2004, los resultados obtenidos muestran que el aporte de los sectores que más emisiones de GEI son agricultura (38%), energía (37%), cambio del uso del suelo y silvicultura (14%), seguidos por los residuos sólidos (6%) y finalmente los procesos industriales (5%). Lo que presenta que la agricultura con el cambio del uso del suelo y silvicultura tienen un aporte significativo con más de un 50% de la emisiones de los años estudiados (Ideam, 2009).

De acuerdo al estudio presentado en el año 2004, Colombia aporta el 0,37% (180.010 Gg) del total emitido en el mundo (49 Giga toneladas), y las emisiones individuales que están por debajo del valor medio mundial y muy distante de los valores registrados por Europa, Asia y Norteamérica.

B. Vulnerabilidad: La vulnerabilidad en el territorio Colombiano es el resultado de la integración de factores bióticos, sociales y físicos, permitiendo diferenciar las áreas que pueden ser prioritarias para la implementación de las diferentes medidas de adaptación en el país. Estos estudios evidencian las regiones más vulnerables, como el caso de la región Caribe y Andina en donde el estado actual de degradación de los suelos, la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura según los escenarios de cambio climático, se pueden calificar con una vulnerabilidad alta. Revelando que los ecosistemas con más vulnerabilidad son los páramos y los ecosistemas costeros. La mayoría de la población colombiana desarrolla actividades económico productivas en la región andina, debido a que en los relieves quebrados ya no es posible la agricultura intensiva, lo que conlleva a generar la agricultura en minifun-

7 SINA: Sistema Nacional Ambiental.

dios; en donde, la economía campesina será la más afectada ante estos cambios. Los estudios desarrollados por el Ideam (Ideam, 2010), presentan una vulnerabilidad media en la región pacífica debido a la tala de arboles, esto genera un aumento en la precipitación que acelera los procesos erosivos en el suelo desnudo. En la región de la Orinoquia la vulnerabilidad es baja, en estas dos ultima regiones se muestra un aumento en la precipitación con un aumento en la temperatura entre los años 2001 a 2040 y 2071 a 2100 como se presenta en las figuras 1 y 2 respectivamente (Ruiz, 2010), estableciendo que si no se toman medidas en el corto y mediano plazo en el futuro los resultados muestran que Colombia sería un país casi desértico.

compromisos internacionales para la reducción de GEI ya que no aporta una cantidad significativa (0,37% de las emisiones globales) en comparación con otros países; sin embargo, se han desarrollado políticas que buscan promover el desarrollo sostenible asociado a las bajas emisiones de dichos gases, presentando una evolución en la mitigación a nivel nacional. Las políticas asociados con la mitigación buscan abarcar los compromisos derivados de la CMNUCC y el protocolo de Kioto, en el cual se conformo MAVDT⁸ el cual se encarga de promover las acciones de mitigación con los temas de Cambio Climático a nivel nacional; los cuales son basados según el Plan Nacional de Desarrollo. Así mismo, se identificaron los sectores que desarrollan acciones frente al tema de mitigación como son el sector energético: que cuenta con planes y programas que potencialmente contribuyen con la reducción de GEI de acuerdo al Plan

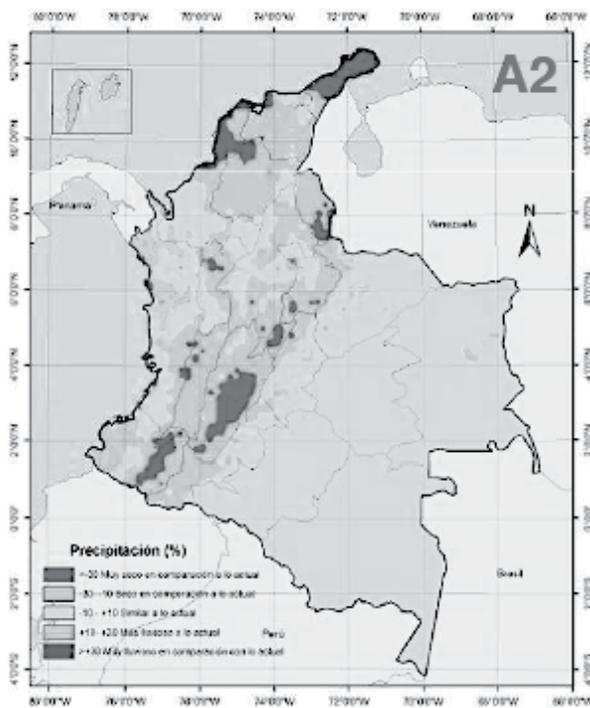


Figura 1.

Escenario de precipitación 2070 -2100 (Ruiz, 2010).

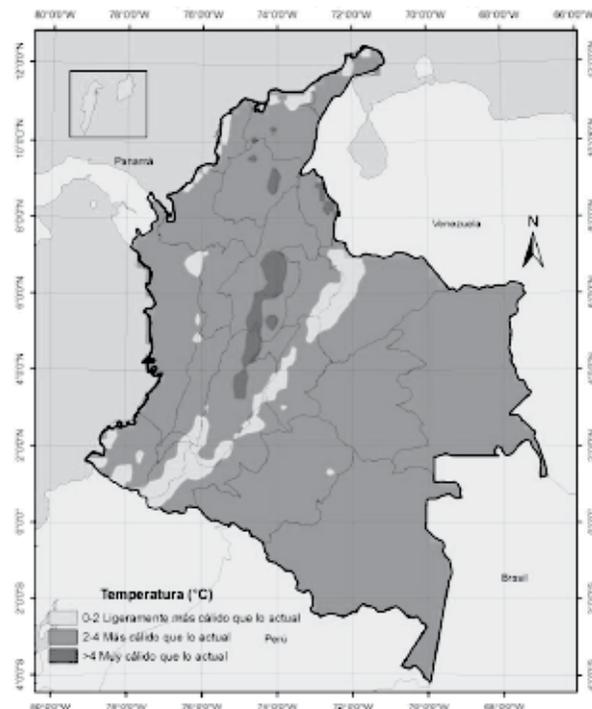


Figura 2.

Escenario de temperatura 2070 - 2100 (Ruiz, 2010).

C. Mitigación: Mitigación se define como la intervención humana para reducir los impactos de las sociedad sobre el clima a través de estrategias de reducción de las fuentes y emisiones de los GEI, buscando la conservación y restauración de los bosques. En la actualidad, Colombia no tiene

8 MAVDT: Grupo de Mitigación del Cambio Climático.

Energético Nacional 2006-2025 (UPME, 2013); el sector del transporte tiene actualmente en construcción y operación ocho SITM⁹ en las principales ciudades del país, donde se espera que en el futuro se tengan reducciones considerables en las emisiones de CO₂; En el sector industrial, se destacan el ahorro de eficiencia energética en un 90% y la sensibilización del personal en sus empresas de un 83%. Además de efectuar cambios en sus procesos productivos buscando un aporte de protección de los ecosistemas neutralizando las emisiones de carbono.

3. USO DE LAS TICS EN EL CAMBIO CLIMATICO

Las TIC en general y los sensores distantes de radiocomunicaciones en particular son las principales herramientas para la observación medioambiental, la supervisión meteorológica y a la predicción del cambio climático global. Los sistemas modernos de alerta temprana, predicción y detección de desastres son basados en la utilización de las TIC esenciales. Permitiendo que las TIC coloquen a disposición información que contribuya a mitigar los cambios del medio ambiente a las personas que requieran de dichos datos para tomar las medidas pertinentes y satisfacer sus necesidades básicas como alimento y agua. Con el objeto de conseguirlo por medio de las tecnologías ecológicas, con dispositivos móviles y estaciones base alimentadas por energía solar. Los efectos y la capacidad de afrontar estas situaciones varían según el país, pero los más vulnerables son los países en desarrollo por cuanto no disponen de los recursos tecnológicos, humanos, financieros y gubernamentales necesarios para adaptarse al cambio climático. Para poder adaptarse al cambio climático se deben tomar medidas a escala nacional. Las TIC pueden resultar esenciales para, por ejemplo, predecir, identificar y medir la magnitud del cambio climático, y para

el desarrollo de estrategias de respuesta eficaces que permitan adaptarse rápidamente a los efectos negativos del cambio climático en sectores tales como agricultura, transporte, empleo, transferencia de tecnología y el sector energético, basados en dos casos de estudio.

A. Supervisión del clima: Las consecuencias del aumento de la temperatura están distribuidas de forma desigual en las distintas regiones. Los sistemas TIC que se utilizan para la supervisión medioambiental y meteorológica de distribución de los datos y alerta temprana incluyen:

- Satélites meteorológicos que siguen el movimiento de los huracanes y tifones.
- Radares meteorológicos que siguen el avance de tornados y tormentas, así como los vertidos de volcanes y los grandes incendios forestales.
- Sistemas de radiocomunicaciones de ayuda a la meteorológica, que recaban y procesan datos meteorológicos, y que resultan imprescindibles para efectuar las actuales y futuras predicciones meteorológicas.
- Sistemas de radiodifusión de sonido y televisión y otros sistemas de radiocomunicaciones móviles que se utilizan para avisar al público de fenómenos meteorológicos peligrosos y a los pilotos aéreos brindarles información de tormentas y turbulencias.
- Sistemas de satélite que también se utilizan para la difusión de información relativa a catástrofes naturales y artificiales.

Los sistemas anteriormente nombrados forman el GOS¹⁰ que se presenta en la figura 3. Principalmente el GOS es la fuente de información técnica sobre la atmósfera del mundo y es un sistema completo de métodos, técnicas e instalaciones para medir los parámetros meteorológi-

9 SITM: Sistema Integrados de Transporte Masivo.

10 GOS [angl]: Sistema Mundial de Observación.

cos y medioambientales de regiones específicas (UIT, 2013).

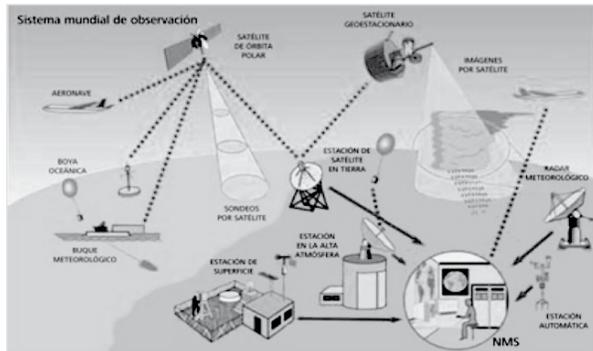


Figura 3.
Sistema Mundial de Observación (GOS)
de la Organización Meteorológica Mundial
(Ruiz, 2010) (UIT, 2013).

B. Sector Energía: Según los estudios realizados por el IPCC, el suministro de energía es el mayor emisor de GEI aportando un 26% de las emisiones mundiales y con la poca probabilidad de que estas emisiones se reduzcan en el mediano plazo, ya que la demanda de combustibles seguirá en aumento impulsado por el desarrollo de las naciones, ya que el crecimiento de la población mundial seguirá impulsando la demanda de energía. Una de las propuestas es el uso de la tecnología Smart Grid. En Colombia y en el mundo se han propiciado políticas y acciones que estimulen la creación de conciencia social respecto a las problemáticas del medio ambiente, principalmente con la emisión de CO₂, en donde la producción y el uso de la energía supone la principal causa junto con el transporte; este hecho se demuestra con el aumento en el consumo de energía eléctrica según EPM¹¹, donde una persona promedio consume 38KWh (Kilovatios hora mes) y según estudios de la empresa XM, filial de la estatal ISA¹², entre julio de 2011 y junio de 2012 la demanda de energía eléctrica creció 3,1%, mientras que en los prime-

ros seis meses de 2012 registró un crecimiento de 2,7% (Semana, 2013). Por lo que las tecnología Smart Grid se comienza a incorporar en el sistema de potencia colombiano, contribuyendo a la disminución de contaminación ambiental y obteniendo el mayor provecho de los recursos energéticos disponibles. Hoy en día las fuentes renovables de energía son de alta aplicabilidad en el mundo, como la generación eólica y solar, es por ello que el Smart Grid permite que las energías renovables participen de forma activa en la generación de electricidad como se observa en la figura 4, aún cuando la demanda sea poca la energía es almacenada para los momentos de mayor consumo; según Díaz, 2011, la energía eléctrica no se puede almacenar en grandes cantidades, lo que implica que su producción y consumo deben ser igual en todo momento, existiendo un equilibrio constante de la producción con la demanda, para ello se debe tener centros de control que monitorizan en tiempo real el estado y los parámetros de la red eléctrica, a través de una red de telecomunicaciones. Es por ello que el concepto general de las redes Smart hacen referencia a una red de energía eléctrica avanzada en una ciudad o región inteligente. Una "red inteligente" es un conjunto de software y herramientas de hardware que permiten a los generadores de potencia, una ruta más eficiente, reduciendo la necesidad de exceso de capacidad y permitiendo una red de dos vías para el intercambio de información en tiempo real con sus clientes para la gestión de la demanda (Vojdani, 2013).

Algunos métodos de almacenamiento que se proponen en Smart Grid es la implementación de baterías, pero también se debe tener en cuenta el almacenamiento con aire comprimido, volantes de inercia, súper-condensadores y métodos de almacenamiento de energía solar. Una de las ideas de la energía solar termoeléctrica es el almacenamiento donde se funden sales por medio de una torre recolectora de

¹¹ EPM: Empresas Publicas de Medellín.

¹² ISA: Interconexión Eléctrica S.A

calor; permitiendo así generar energía cuando el sol se haya ocultado (Battaglini, 2013).

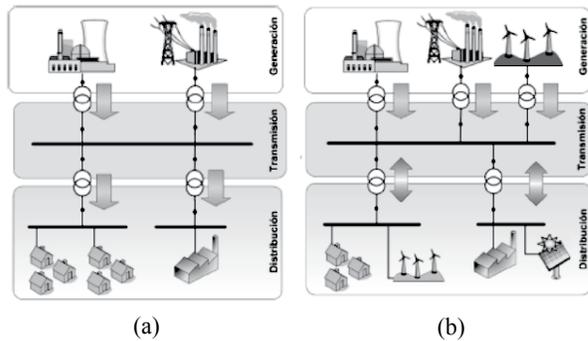


Figura 4.

Sistema de energía tradicional (a) Vs. Redes Smart Grid (b) (Coll-Mayor, 2009).

En Colombia se han venido realizando propuestas de trabajo para la implementación de los sistemas Smart Grid, considerando las ventajas que estas redes desarrollan para el sistema de potencia y ahorro energético, conformado por pequeños sistemas de potencia conectados a un sistema principal, interrelacionado con todo el país, como se observa en la figura 5. Según Díaz, 2011, se han realizado varias propuestas de incorporación de la red Smart Grid, entre las más relevantes se encuentra la construcción de parques de generación eólica y solar en la Guajira, mientras en Antioquia se han considerado la generación hidráulica, así como el potencial de generación solar en los hogares por medio de paneles en los techos entre otros. Por lo que estos sistemas generen un flujo de potencia bidireccional, es decir que un usuario no solo será consumidor, sino que también podrá ser generador de electricidad e incluso entregar la energía excedente al sistema, con estas técnicas se podrán disminuir los GEI y la demanda de energía eléctrica generando un cuidado al medio ambiente y un aire al planeta.

4. CIUDADES INTELIGENTES

El término “edificios inteligentes” describe un conjunto de tecnologías utilizadas para hacer

el diseño, construcción y operación de edificios más eficientes, aplicable a las propiedades existentes y de nueva construcción. Estos podrían incluir sistemas de gestión de edificios (BMS) que ejecutan los sistemas de calefacción y refrigeración de acuerdo a las necesidades, o el software que apaga todos los ordenadores personales y monitores después de que todos los ocupantes se han ido. Los datos BMS se pueden utilizar para identificar oportunidades adicionales para mejorar la eficiencia.



Figura 5.

Esquema de los Sistemas Smart Grid en Colombia (Díaz, 2011).

El consumo de energía en los edificios es impulsado por dos factores - la intensidad energética y el tamaño de la superficie. Herramientas de monitoreo basados en las TIC, retroalimentación y optimización se pueden utilizar para reducir tanto en cada etapa del ciclo de vida de un edificio, desde el diseño y la construcción de usar y demolición. Los edificios son a menudo mal diseñados desde el principio, con

poca consideración por cómo sus usos pueden cambiar con el tiempo. Aunque la eficiencia energética se ha incorporado en la salida, el rendimiento real de energía de un edificio puede verse afectada si los constructores se desvían de los planes o si los ocupantes no operan al BMS según los planos o especificaciones. Suponiendo que el edificio ha sido diseñado y construido con las especificaciones, la mala puesta en marcha (asegurando los sistemas del edificio funcionan como se especifica), el cambio constante de uso y mantenimiento deficiente pueden reducir significativamente la eficacia de cualquier BMS. La sostenibilidad ya no habla solo de medio ambiente. El nuevo concepto de triple sostenibilidad también abarca aspectos sociales y económicos. Un claro ejemplo de la evolución de este término son las ciudades sostenibles. Cuando lo utilizamos no solo nos referimos a que tengan un gran número de espacios verdes y una política de reciclaje desarrollada. También buscamos que se centren en la eficiencia energética de su urbe, en una red de movilidad automatizada, en un sistema de seguridad integrado y en redes inteligentes como se muestra en la figura 6.

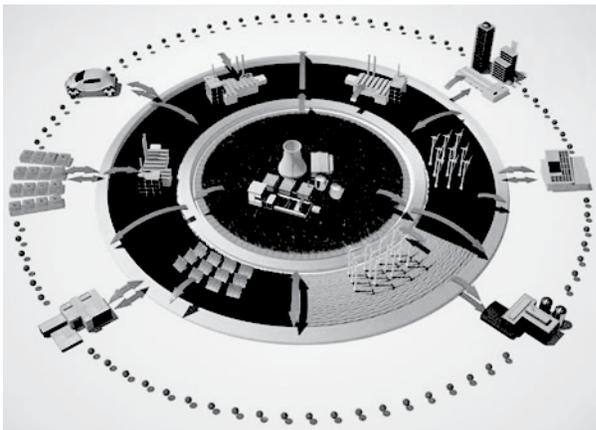


Figura 6.

Smart City, "Ciudad Inteligente Siemens" (Siemens, 2013)

ciada para introducir este término en todos sus ámbitos. "Al fin y al cabo es un compromiso ético que permite asegurar que las generaciones futuras tengan la misma calidad de vida y oportunidades que las actuales", según palabras de José Bolaños representante Siemens España,

5. CONCLUSIONES

Con el presente artículo podemos concluir que la crisis climática por la que están pasando los países de primer mundo y en desarrollo, en especial Colombia, muestra una buena oportunidad para que las TIC sean un elemento importante en la lucha contra el cambio climático, caracterizándola como una herramienta importante que ayuda a limitar y reducir las emisiones en otros sectores económicos, gracias al desarrollo e introducción de dispositivos y redes energéticamente eficaces que interactúen de manera ecológica sin afectar al medio ambiente. La tecnología de las ciudades inteligentes permitirá que vehículos y edificios consuman o aporten energía a la red en momentos adecuados para minimizar la demanda, mejorando la eficiencia de la generación y facilitando la integración de sistemas renovables o que alguno de los electrodomésticos de la casa se conecten automáticamente en el momento en que el costo de la electricidad sea más económico. Una ciudad sostenible es aquella que se considera con la capacidad de integrar en su funcionamiento elementos que produzcan el mínimo impacto sobre su entorno, potencien el ahorro u no afecten a la calidad de vida de la gente, con la implementación de medidas que reduzcan la contaminación y mejoren la eficiencia en las zonas urbanas. Además, con el estudio presentado se obtiene que los sistemas basados en Smart Grid permiten avanzar en la construcción de entornos sostenibles que mejoren la calidad de vida de las personas sin afectar el medio ambiente.

Ser sostenible es una manera de hacer las cosas y una ciudad sostenible debe estar concien-

REFERENCIAS

- Battaglini A., Lilliestam J., Haas A., Patt A, Development of SuperSmart Grids for a more efficient utilisation of electricity from renewable sources, *Journal of Cleaner Production*, Volume 17, Issue 10, July 2009, Pages 911-918, ISSN 0959-6526, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.02.006>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652609000249>)
- Coll-Mayor, D. (2009). Overview of strategies and goals of Smart Grid in Europe. Documento presentado en: R&D Collaboration for DG-ready grid architecture, pre-conference workshop, 4º international conference on integration of renewable and distributed energy resources of energy. Obtenido de: <http://www.4thintegrationconference.com/downloads>
- Cumbre de primavera de la UE, Bruselas (Marzo de 2007)
- Díaz, D & Hernández, J. (2011). Smart Grid: Las TIC y la modernización de las redes de energía eléctrica - Estado del Arte. *Revista S&T*, 9(18), 53-81. Cali, Colombia.
- Diaz D., González J., Cardona H., Isaac I., López G., (2011). Esquema de incorporación de las smart grids en el sistema de potencia colombiano. *Revista Investigaciones Aplicadas*. Vol 5, Nº. 1 Enero - Junio. Medellín, Colombia.
- Esmartcity, (2013). "Siemens en las ciudades inteligentes" obtenido de: Esmartcity, Todo sobre ciudades inteligentes: <http://http://www.esmartcity.es/profesionalesDetalle.aspx?idm=120&pat=120&id=20>
- IDEAM. (2009). *Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero* Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos>.
- IDEAM. (2010). *Segunda Comunicación Nacional ante la convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.cambioclimatico.gov.co/convencio.html#ratificacion>
- ITU (2008). *Use of Radio Spectrum for Meteorology: Weather, Water and Climate Monitoring and Prediction*. Obtenido de Unión internacional de telecomunicaciones: <http://www.itu.int/pub/R-HDB-45/en>
- King D. and G. Walker (2008), The Hot Topic: How to Tackle Global Warming and Still Keep the Lights On; Hansen J., M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling., V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M. Raymo, D. Royer and J. Zachos (2008); Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim?, http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/TargetCO2_20080331.pdf

- McKinsey, (2007). "Análisis de McKinsey basado en el IPCC (2007)", Cuarto informe de Evaluación y Agencia Internacional de Energía (AEI), Perspectivas de la energía mundial.
- Montealegre E. (2009) Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Nota Técnica IDEAM. IDEAM-METEO/022-2009, Bogotá D.C.
- Oviedo, B. (2010) Generación de escenarios de cambio climático regionales y locales a partir de modelos globales - guía para tomadores de decisiones. Nota Técnica IDEAM. IDEAM-METEO/050-2010, Bogotá D.C.
- Organización de Naciones Unidas. (2010). United Nations Framework Convention on Climate Change. Obtenido de Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático: <http://unfccc.int/resorce/docs/convkp/kpspan.pdf>.
- Pachauri, R.K. and A. Reisinger (eds.) (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III en el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, Ginebra, Suiza.
- Stott P, Stone D. A, Allen, M.R. (2004) Human contribution to the European heatwave of 2003, Nature 432, 610-614.
- Ruiz F (2010) Cambio Climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (Panorama 2011 -2100). Nota Técnica IDEAM, IDEAM-METEO/05-2010. Bogotá D.C.
- Semana (2013). "Abuso de energía eléctrica causa daños a medio ambiente". Obtenido de Revista Semana Sostenible: <http://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/abuso-energia-electrica-causa-danos-medio-ambiente/28974>
- UPME (2013). *Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico Colombiano*. Obtenido de unidad de planeación minero energética: <http://www.siel.gov.co/portals/0/boletin-marzo%202013.pdf>
- Vojdani, A. (2013) IEEE. Smart integration S Obtenido de: <http://ieeexplorer.ieee.org/Xplore>