

Tema 8 - Energías renovables, modelización y simulación

CATASTRO SOLAR DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

B. Pasik¹, S. Eguía², M. Persico³, G. Sanagua⁴, F. Álvarez de Celis⁵.

Dirección General de Planeamiento (DGPlan- SecPlan-MDU- GCABA)

Gerencia Operativa de Información Territorial (GOIT- SecPlan-MDU- GCABA)

Secretaría de Planeamiento-Ministerio de Desarrollo Urbano

Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Carlos Pellegrini 211-291, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Tel. +54 11 4323-8000-int. 4647 –e-mail: falvarezdecelis@buenosaires.gob.ar

bpasik@buenosaires.gob.ar

RESUMEN: Este trabajo presenta un avance en la elaboración de un mapa solar para la Ciudad de Buenos Aires, desarrollado por la Gerencia Operativa de Información Territorial y la Dirección General de Planeamiento del Ministerio de Desarrollo Urbano. El objetivo es determinar la potencialidad que presentan las cubiertas urbanas para incorporar tecnologías solares. Para elaborar el mapeo se utiliza el sistema de información geográfica ArcGis 10.1 aplicando a un Modelo Digital de Elevación de la ciudad. La herramienta Spatial Analystic de ArcGIS permite calcular la distribución de la radiación solar directa anual sobre un área geográfica en sus valores promedio y máximo, como también la cantidad de horas de sol. Los datos obtenidos se correlacionan territorialmente con la distribución de la población, el consumo de energía en gas y electricidad, y ocurrencia de cortes de energía, para identificar las áreas prioritarias. Al momento se han elaborado los mapas de las comunas 1 y 2, presentándose los resultados de los seis barrios de la Comuna 1. En esta área caracterizada por la alta densidad edificada, existe una superficie potencial para implantar sistemas solares de 10.311.053 m² consistente en cubiertas mayores a 10 m², donde la radiación media anual es superior a 3kwh/m².

Palabras clave: Mapa Solar, Sistemas de Información Geográfica; Modelización; Energía Solar

INTRODUCCIÓN

Un aspecto crítico a enfrentar en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) en el mediano y largo plazo es la transición hacia una matriz energética que incorpore un porcentaje creciente de energías limpias y renovables, contribuyendo a reducir la dependencia de fuentes fósiles y consecuentemente la producción de emisiones de gases de efecto invernadero. El sector residencial es responsable del mayor consumo energético de gas, con picos de intensidad de demanda estacional invernal, que impactan en la producción de electricidad y consumo de industrias. La CABA presenta un recurso solar invernal aprovechable en forma pasiva que podría significar una reducción significativa de la demanda de fuentes energéticas no renovables utilizadas en la producción de gas y electricidad. El estudio de la potencialidad solar urbana para la incorporación de tecnologías activas de producción de energía in situ, puede contribuir a incorporar a futuro en la matriz energética de la CABA, tecnologías solares para reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Para incrementar su resiliencia, las ciudades no sólo necesitan reducir su demanda energética, sino también comenzar a producir su propia energía. La energía solar constituye una fuente factible de aplicarse a un entorno urbano existente. Una manera de identificar y analizar el potencial solar existente como instrumento de diagnóstico y planificación, es a través del desarrollo de un catastro solar.

¹ Gerente Operativa de Información Territorial – SecPlan – MDU - GCABA

² Dirección General de Planeamiento– SecPlan – MDU - GCABA

³ Dirección General de Planeamiento– SecPlan – MDU - GCABA

⁴ Coordinadora del Equipo de Fotogrametría de la Gerencia Operativa de Información Territorial– SecPlan – MDU - GCABA

⁵ Director General de Planeamiento - - SecPlan – MDU - GCABA

El mapeo o catastro solar consiste en territorializar la irradiación incidente sobre superficies urbanas, con un Sistema de Información Geográfica (SIG). El catastro informa sobre la cantidad de energía disponible en las cubiertas de los edificios existentes, para su aprovechamiento en sistemas de energía solar térmica (ST) o fotovoltaica (PV). Muchas ciudades han desarrollado mapas solares en línea, facilitando el acceso a diferentes niveles de información a los usuarios. Entre ellas, París, Boston, Los Ángeles, Nueva York y Portland (Byrne et al, 2014) proporcionan mapas en línea que ofrecen a los propietarios una visión personalizada del potencial de sus azoteas con relación a los siguientes aspectos:

- Superficie útil del techo para instalaciones solares (m²)
- Producción de agua caliente a partir de un sistema de Energía Solar Térmica
- Producción eléctrica a partir de un Sistema Fotovoltáico (kWh)
- Ahorros anuales de electricidad y/o gas (monetario)
- Reducción en la producción de GEIs (CO₂ eq)
- Costos del sistema (monetario)
- Periodo de recuperación del sistema (años)
- Programas de incentivos

Los propósitos de un catastro solar son variados y dependen del nivel de desarrollo que los mismos alcancen para ofrecer a los usuarios, tanto propietarios como funcionarios, diversas herramientas de análisis (Chow et al, 2014). Los ejemplos mencionados, muestran una gran simplicidad de uso, permitiendo a los usuarios realizar simulaciones rápidas del potencial energético, económico en cuanto a costos y ahorros, y reducción de emisiones de CO₂ de una potencial instalación solar en sus propiedades. Los principales resultados alcanzables son:

- Distribución territorial del potencial de energía solar en azoteas, cubiertas planas o inclinadas o terrenos abiertos proporcionando información sobre los beneficios asociados.
- Generación de una mayor conciencia pública acerca de la energía solar como fuente alternativa a escala edilicia.
- Factibilidad de incorporar la energía solar en edificios existentes, funcionando como una plataforma para almacenar la información completa sobre el recurso disponible, programas de implementación o incentivos.
- Acercar herramientas a los usuarios para dibujar y evaluar los posibles sistemas a incorporar.
- Visualización del sombreado producido por edificaciones cercanas o la vegetación, lo que permite a los usuarios evaluar un espacio abierto en una propiedad, o una azotea específica, tomando en cuenta las obstrucciones que reducen la superficie útil para la colocación de un sistema.
- Determinación de resultados cuantitativos para evaluar potenciales escenarios de decisiones, tanto a nivel de funcionarios como el público en general.
- En el campo de la planificación urbana, permiten identificar las zonas de la CABA más aptas para incorporar sistemas y monitorear el logro de los objetivos de planes de energía renovable.
- Costos de instalación, las opciones de financiación, ahorros potenciales de energía, tiempos de recuperación de la inversión, requisitos de mantenimiento, vida útil, incentivos y bonificaciones.
- Los resultados permiten estimar la factibilidad de la demanda de estas tecnologías en el mercado, promoviendo el empleo verde a través de la capacitación en estas tecnologías.
- En casos más avanzados, los proveedores de servicios públicos pueden visualizar la distribución de las implementaciones dentro de un territorio, y estimar en forma anticipada la reducción de la demanda energética ante escenarios de crecimiento de instalaciones solares.

Herramientas

En el desarrollo de los mapas solares, la mayor parte de los estudios realizados utilizan métodos basados en Sistemas de Información Geográfica y como insumo imágenes LIDAR (Light Detection and Ranging), adecuadas para la estimación del área solar en azoteas (Melius et al, 2013). Estos modelos permiten determinar los efectos de sombras en edificios, combinados con la pendiente, orientación y datos de estructura de edificio, para estimar el potencial de generación de energía. La mayor parte de los mapas utilizan la herramienta Solar Analyst de ArcGIS para modelar el recurso

disponible en los techos. La herramienta permite determinar la variación horaria y estacional de la radiación en los techos, y la reducción por la presencia de obstrucciones.

Antecedentes

En Europa el programa POLIS promueve con un Plan de Acción la cooperación entre diversas ciudades europeas comprometidas con el urbanismo solar, busca promover la incorporación del recurso a nivel local. Dado que los municipios son actores esenciales en el ámbito del planeamiento urbano y en las iniciativas locales asociadas, es un aspecto esencial la participación de los Departamentos de Urbanismo de las siguientes ciudades que integran el programa: Malmö, Munich, Paris, Lyon, Vitoria-Gasteiz, y Lisboa (POLIS, 2012). Adicionalmente, el mapeo de la radiación solar en países de Europa y África, se utiliza en coordinación con PVGIS, un programa diseñado específicamente para esas regiones por el Joint Research Centre, que permite estimar el potencial de energía existente en azoteas, y la potencial producción con PVs (Santos et al, 2011). Como resultado, se determinó que podrían producirse anualmente 25 GWh de electricidad fotovoltaica, equivalente al 45% del consumo eléctrico actual de la región, en un área equivalente al 35% de los techos residenciales, y a un 59% de la totalidad de azoteas.

En nuestro continente, el caso más relevante corresponde a la ciudad de Nueva York que desarrolló el mayor mapa solar del mundo basado en LiDAR, acompañando las metas de PlaNYC para fomentar el mercado de las energías renovables. Esta iniciativa constituye una parte primordial para lograr una reducción del 30 por ciento respecto a 2005, en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año 2030. El mapa ofrece una cantidad excepcional de información específica para más de un millón de edificios. Diseñado para ser altamente interactivo y fácil de usar, posibilita agregar automáticamente los nuevos sistemas una vez que estos son presentados y aprobados por la administración. Adicionalmente, incluye una herramienta de dibujo que permite al usuario incorporar instalaciones en su propiedad y comparar las diferencias en costos y ahorros de energía de diferentes opciones de ubicación. El mapa incluye un algoritmo de sombreado, que considera a la vegetación y los edificios, así como regulaciones de la ciudad, incluyendo los códigos de zonificación. Por último, una calculadora de incentivos facilita a los usuarios estimar los beneficios ambientales y financieros de incorporar energía solar. Para contribuir al seguimiento del cumplimiento de su objetivo de incorporar energías limpias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 25 por ciento para 2020 también Boston desarrolló su catastro solar. Por otra parte, el mapa de San Francisco, desarrollado por el Departamento de Medio Ambiente tiene por objetivo promover una mayor conciencia pública sobre el uso de energía solar entre los propietarios de edificios comerciales y residenciales.

En Latinoamérica, Chile cuenta con mapas solares para las comunidades de Vitacura y Lo Barnechea desarrollados por la plataforma on-line Mapdwell Solar System. Igualmente, la ciudad de Concepción la Universidad de Bío Bío ha realizado su propio catastro. La Municipalidad de Vitacura en Santiago, posicionada como líder en temas de sustentabilidad e innovación, se encuentra trabajando en distintos proyectos energéticos concretos, implementando distintas iniciativas de Eficiencia Energética y Energías renovables No Convencionales. El mapa solar elaborado, proporciona a la comuna de Vitacura, información en línea, a través de una herramienta interactiva que calcula de forma certera el potencial energético estimado para cada edificio existente, con un margen de error de $\pm 5\%$. La misma plataforma presenta mapas solares de Washington County y Washington DC, Boston, Boulder, Cambridge y Wellfleet (Massachusetts) (Mapdwell, 2015).

Respecto a las utilidades y resultados, el catastro de Santa Clara, California permitió a funcionarios del gobierno simular y evaluar el efecto en la reducción de CO₂, de 10 zonas posibles de destino para instalaciones solares. En San Francisco el mapa informa sobre estadísticas solares de toda la ciudad, incluyendo la cantidad de energía producida, ahorro de costos energéticos anuales, y la reducción de CO₂. En San Diego, el estudio se orientó a las cubiertas planas, focalizando en las huellas edilicias de edificaciones con superficies superiores a 3.000 pies cuadrados, equivalentes a 278,90 metros cuadrados, donde se estimó que aproximadamente el 12,6% del suelo edificado es adecuado para incorporar tecnología solar en azoteas. En el marco de Polis, Lisboa, Portugal, utilizó datos LiDAR y

Solar Analyst para crear un mapa para cada mes del año aplicado en un área de estudio de unos 6 kilómetros cuadrados (Santos et al. 2011). En este caso, los parámetros límites de las azoteas adecuadas para tecnologías solares, tienen al menos 10 metros cuadrados, reciben una radiación solar superior a 1,68 megavatios-hora por metro cuadrado (MWh/m²), y tienen una pendiente menor a 45 grados. Con estas condicionantes, se determinó que el 49% de los edificios del área, tienen cubiertas adecuadas para instalar sistemas fotovoltaicos.

Objetivos

El objetivo principal del estudio es elaborar un mapa solar a escala de parcela de todo el territorio de la CABA, que refleje la variación de la incidencia de la radiación sobre las cubiertas de la ciudad a fin de determinar la potencialidad que presentan las mismas para incorporar colectores solares y/o paneles fotovoltaicos. Los resultados parciales que se presentan en este trabajo corresponden a la primera etapa, en la cual se evalúa la metodología en un conformado por los barrios de Constitución, Monserrat, San Telmo, San Nicolás, Puerto Madero y Retiro, pertenecientes a la Comuna 1, para proceder a realizar las correcciones necesarias y replicarlo en el territorio restante.

MATERIALES E INSTRUMENTOS

La obtención de la radiación solar para la confección del mapa de la CABA se realiza empleando el software de Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis, mediante la aplicación de la herramienta *Solar Radiation* presente en la extensión *Spatial Analyst tools*. El DEM generado a partir de la imagen utilizado como insumo, corresponde a un vuelo fotogramétrico color con una resolución de 10 cm, propiedad de Secretaria de Planeamiento (MDU – GCABA).

Para las correlaciones territoriales se utilizan:

- . Base de datos de edificación elaborados en la DGPlan-SecPlan-MDU-GCABA
- . Población correspondiente al censo 2010 del INDEC.
- . Consumos de gas y electricidad a escala parcelaria suministrados por las empresas Metrogas, Edesur y Edenor.

METODOLOGÍA

La metodología comprende los siguientes pasos:

- a) Mapeo de cubiertas e identificación de las correspondientes a los edificios residenciales con mayores alturas.
- b) Selección de las terrazas con superficie superior a 10 m²: a fin de desestimar sectores que no cuentan con superficie adecuada para instalar un sistema mínimamente productivo de Energía Solar Térmica o Energía Fotovoltaica.
- c) Mapeo de distribución territorial de radiación solar en las cubiertas edificadas de la CABA
- d) Identificación de los sectores con mayor radiación anual: implica determinar las áreas que presentan mejor potencial para la instalación de tecnologías solares. A tal fin se aplican tres condiciones para seleccionar las áreas: 1. Las superficies que reciben una radiación media mayor a 3kwh/m²; 2. Áreas superiores a 10 m² y 3. Selección de las máximas alturas
- e) Mapeo de la cantidad de población a cubrir en los sectores identificados.
- f) Mapeo de los consumos energéticos parcelarios en gas y electricidad: se correlacionará con el mapeo de población y de distribución de radiación solar para determinar las áreas de prioridad para incorporar sistemas solares.
- g) Mapeo de las áreas con mayor ocurrencia a los cortes de energía: se está procediendo a recabar información sobre las áreas de la CABA más afectadas a fin de obtener la correlación territorial juntamente con los mapeos a obtener en c), d) y e).

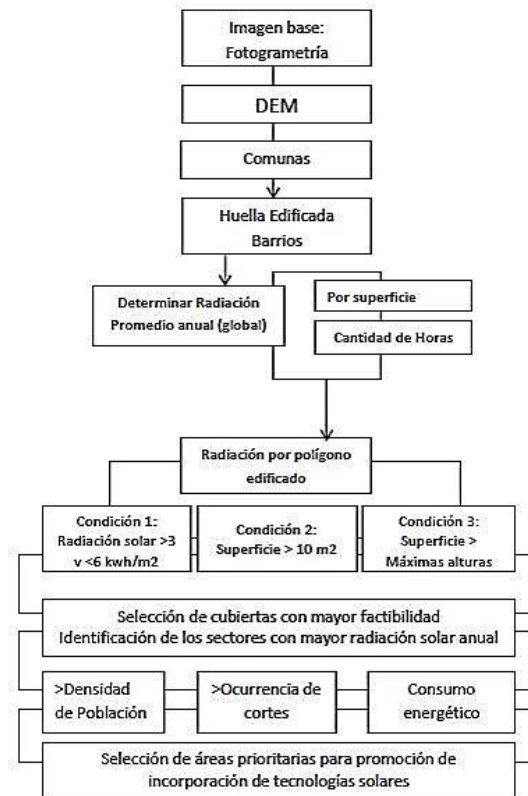


Figura 1. Metodología. Fuente: Elaboración propia, 2015

Mapeo de distribución territorial de los niveles de radiación solar en las cubiertas edificadas de la CABA.

El análisis del potencial de radiación solar para la CABA se realizó empleando un Sistema de Información Geográfica (SIG) a partir de un modelo DEM de la ciudad, que sirvió como dato base para el análisis. En dicho entorno, la herramienta Spatial Analytic permitió elaborar la distribución de la radiación solar anual sobre un área geográfica en sus valores promedio y máximo. La aplicación Solar Radiation, posibilita configurar los patrones de radiación para diversas opciones de temporalidad, así como definición de días en el calendario anual, además de intervalos en horas (ESRI, 2014).

Esta aplicación, utiliza como insumo fundamental la altimetría a partir de un DEM (Modelo Digital de Elevación) y la latitud del sector a obtener la radiación solar. Dado que la Secretaria de Planeamiento cuenta con un vuelo fotogramétrico color con una resolución de 10 cm y una superposición longitudinal de 80/60, se generó un DEM con un pixel de resolución a 1 metro.

La distancia adoptada entre punto y punto puede variar según el nivel de detalle y el tipo de superficie que se esté analizando. En este estudio y dada la envergadura del procesamiento, se definió que una malla de 1 m x 1 m era la más adecuada para la escala urbana y la desagregación de la radiación en la edificación urbana. Esto significa que la malla de puntos que conforma el DEM presenta una distancia entre punto y punto de 1m.

Tal resolución, al tener una mayor cobertura de puntos, permite evaluar con un alto nivel de precisión la incidencia de la radiación solar en la cubierta y las variaciones de su intensidad en la misma. Así se pueden aislar las áreas ocupadas por tanques de agua, salas de máquinas o zonas de sombras permanentes, y mapear la intensidad de radiación de las zonas que efectivamente presentan potencial solar para recibir instalaciones solares.

El modelo DEM es la representación de valores continuos de elevación sobre una superficie topográfica y comprende un conjunto de puntos georreferenciados que indican la altura sobre el nivel del mar para cada punto. Los modelos DEM se usan para graficar el relieve de un terreno, aunque sirven también para modelar las alturas edificadas de un área urbana. De esta forma es posible generar un modelo en tres dimensiones, apto para realizar el análisis de la radiación solar incidente sobre las cubiertas de las edificaciones (POLIS, 2012).

El conjunto de herramientas incluidas en *Solar Radiation*, permite mapear la radiación solar en un área geográfica, durante un período de tiempo específico. La herramienta requiere configurar parámetros como una hora específica de un día concreto hasta el período anual durante todo el día. El análisis es realizado para cada punto del DEM y el resultado es un archivo raster que contiene el valor de la radiancia global obtenida para cada punto. El producto por defecto es la suma de la radiación directa y difusa. No obstante el programa permite obtener ambos datos por separado. El programa calcula los valores globales en Wh/m^2 para el período seleccionado y en el valor resultante se incorporan los efectos de la atmósfera, la latitud, la elevación respecto el nivel del mar, la inclinación, la orientación respecto del norte, la inclinación de los ángulos solares y su variación durante el día, y los efectos de las sombras de la edificación circundante. La radiancia en cada punto del DEM se obtiene a partir de un análisis que consta de tres procesos iterativos para cada punto hasta completar la totalidad de los puntos del DEM (ESRI, 2014). La obtención de la radiación solar incidente en las superficies edilicias comprende los siguientes procesos:

- *Cálculo de la cuenca visual o vista de ojo de pez*: la cuenca visual es una representación raster de la porción de cielo visible u obstruido cuando se observa desde una localización particular como se ilustra en la Figura 2. Para cada punto del DEM se crea una semiesfera observada desde abajo como si se utilizara una lente ojo de pez. La cuenca visual es calculada a través de una búsqueda de obstrucciones en diferentes direcciones alrededor de cada punto del DEM, determinando el máximo ángulo de obstrucción del cielo. La imagen raster resultante de la cuenca visual se conforma de celdas que contienen un valor que indica si el cielo en esa dirección es obstruido o visible.
- *Superposición de la cuenca visual sobre la representación estereográfica de la posición del sol*: la Figura 3 muestra la representación estereográfica de la trayectoria del sol y su posición aparente a lo largo de las horas de un día y del año. El software calcula la estereográfica para cada punto DEM a partir de la latitud del lugar analizado. La estereográfica se divide en sectores y para cada uno de ellos se calcula un valor de identificación único, que tiene en cuenta la posición del sol para cada momento del día y del año analizado. Cada sector se conforma según el intervalo de análisis seleccionado, es decir cada hora, media hora, etc., y a su vez si el análisis es diario, mensual o anual. La superposición con la cuenca visual permite calcular la radiación directa para cada sector.
- *Superposición de la cuenca visual y el mapa de la bóveda celeste*: con el dato de la latitud se genera una representación hemisférica de la vista total del cielo dividido en sectores. A cada sector se asigna un valor resultante de diversos componentes atmosféricos tales como nubes y partículas estimados según la latitud que representan la claridad de la atmósfera. Este mapa, superpuesto a la cuenca visual, permite obtener la radiación difusa a partir de las condiciones atmosféricas asignadas a cada sector y los ángulos zenit y azimut sectorizados de la bóveda celeste.

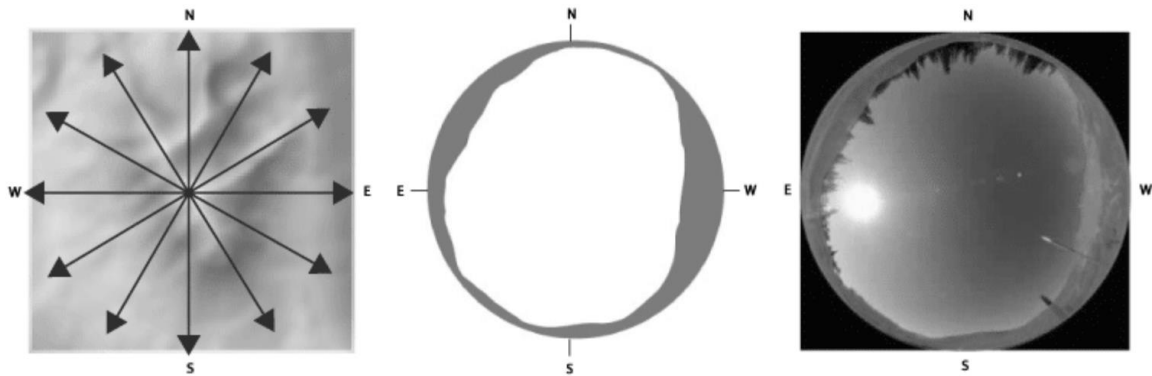


Figura 2. Representación de la cuenca visual. Para cada punto del DEM se evalúa la porción de cielo que es obstruido. Fuente: ESRI, 2014.

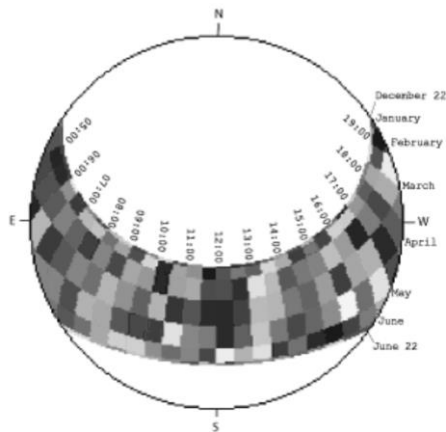


Figura 3. Modelo de estereográfica realizado por ArcGis y la diferenciación en sectores según el período de tiempo analizado. Fuente: ESRI, 2014.

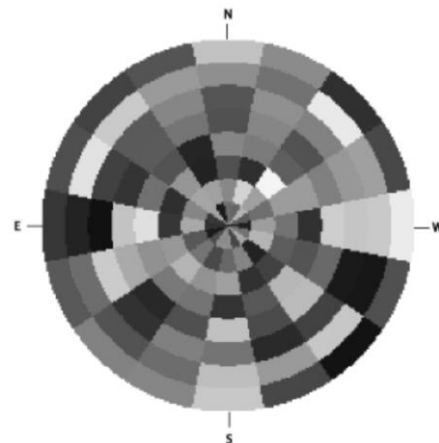


Figura 4. Mapa de la bóveda celeste generado por el software ArcGis. La radiación solar difusa es calculada para el centroide de cada sector según la latitud y la claridad del cielo. Fuente: ESRI, 2014.

RESULTADOS PRELIMINARES

El procesamiento descrito posibilita obtener un archivo raster con la radiación solar directa (Kwh/m^2) para el sector definido en el DEM, además de la duración en horas de la misma para cada celda de $1\text{m} \times 1\text{m}$ del mismo, definido como input. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la Comuna 1 compuesta por seis barrios ubicados en el microcentro de la CABA.

La superficie total de huella edificada alcanza $11.618.037\text{ m}^2$, mientras que el área de terrazas con superficies superiores a 10 m^2 con radiación superior a 3 kwh/m^2 corresponde a $10.311.053\text{ m}^2$, implicando una reducción de la totalidad del área de techo del 11%. La Tabla 1 presenta los valores de superficie de la Huella Edificada y de las terrazas con superficie mayor a 10 m^2 , juntamente al total anual promedio de radiación incidente en estas superficies. Los valores por metro cuadrado fluctúan entre 2.76 y 4 kwh . La cantidad total promedio anual diaria en el área alcanzaría los 37 Gwh . Los resultados se ilustran en las Figuras 5 a 7 y corresponden a un área del barrio de Monserrat. La Figura 5 muestra la imagen raster resultante donde se puede observar la distribución de la radiación en los techos de toda el área seleccionada. Las áreas más oscuras corresponden a las zonas sombreadas. La Figura 6 muestra un sector más reducido en un techo a fin de permitir observar la distribución de la radiación por puntos. Esta imagen puede ilustrar a un usuario sobre las zonas más convenientes para la ubicación de un sistema de captación solar, mientras que la Figura 7 muestra la variación de los valores radiación en una terraza.

Tabla 1. Datos de radiación obtenidos para la Comuna 1

Barrios	Superficie total de la Huella Edificada del barrio	Superficie terraza	Radiación		Población
		>10 m ² m ²	KwH/diario total (promedio anual)	KwH/diario/m2	Habitantes
Constitución	1.483.984	1.438.581	5.724.807	3,98	47.250
San Telmo	1.762.581	665.258	2.425.676	3,65	44.332
Montserrat	1.514.501	1.460.355	4.799.992	3,29	37.774
San Nicolás	1.589.413	1.522.888	5.814.322	3,82	27.484
Puerto Madero	1.762.581	1.759.402	4.863.260	2,76	6.726
Retiro	3.504.978	3.464.570	13.821.106	3,99	28.493
Total Comuna 1	11.618.037	10.311.053	37.449.163		192.059

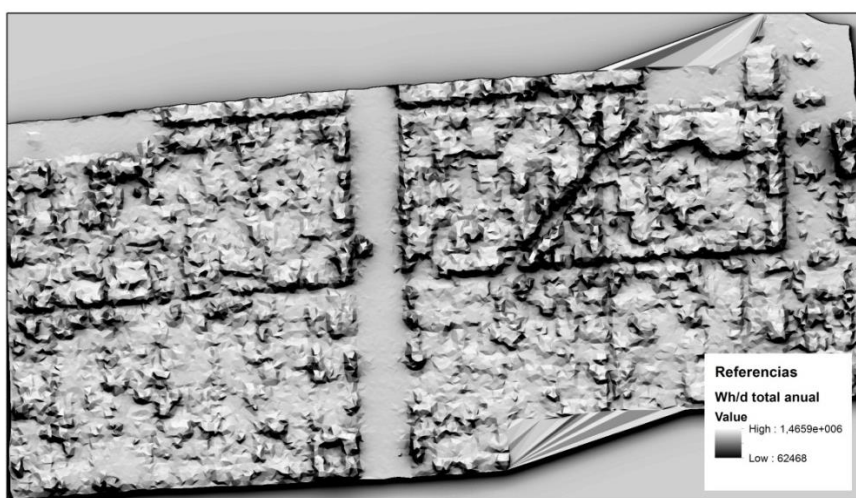


Figura 5: Barrio Monserrat. Imagen raster con la distribución de la radiación total anual en el barrio. Fuente: elaboración propia, 2015

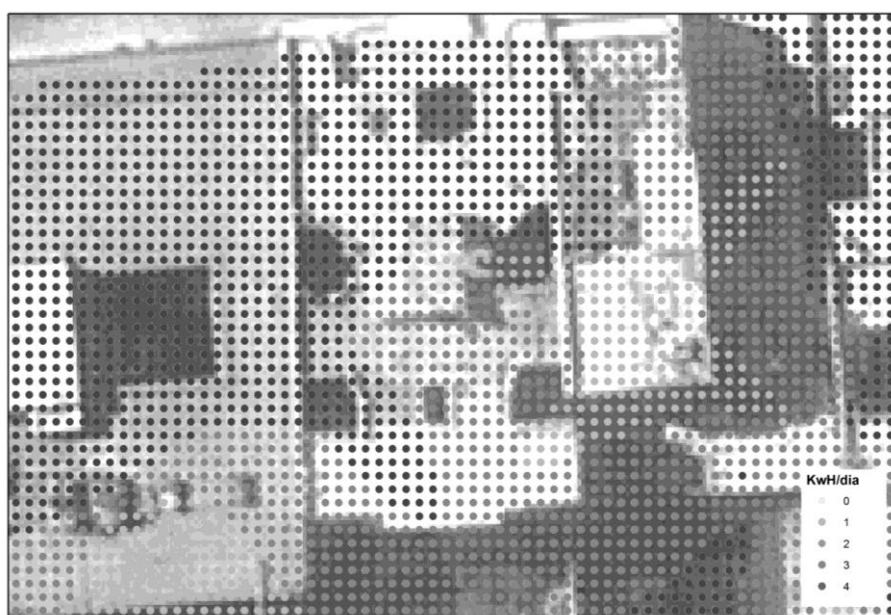


Figura 6: Barrio Monserrat. Distribución de la radiación solar por puntos en un sector de una terraza. Fuente: elaboración propia, 2015



Figura 7. Barrio Monserrat. Promedio diario anual de radiación por huella edificada. Fuente: elaboración propia, 2015

CONCLUSIONES

En esta primera etapa, la distribución de los rangos más altos de radiación indica un buen potencial de acceso solar en las dos comunas estudiadas. Las próximas tareas implican estimar el rendimiento factible de alcanzar en las cubiertas con sistemas para energía solar térmica y paneles fotovoltaicos. Esta información se correlacionará con el consumo energético de gas y electricidad y con las áreas donde se produce la mayor ocurrencia de cortes de energía, para identificar las zonas prioritarias que requieren de políticas de incentivos para la integración de energía solar como fuente complementaria. Los resultados del catastro de la CABA serán de libre acceso en un sitio web a fin de concientizar a los propietarios sobre el potencial energético renovable existente en las azoteas edilicias, la existencia de otros sistemas instalados en la zona, el rendimiento energético de una instalación y el costo. Por otra parte, el catastro solar debe contribuir a informar sobre la factibilidad de integrar instalaciones solares de producción de energía eléctrica a la red existente, y a tal fin impulsar un marco regulatorio e incentivos que acompañen y promuevan la incorporación sostenida de sistemas energéticos alternativos y renovables.

NOMENCLATURA

CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires
 DEM: siglas en inglés de Digital Elevation Model
 SIG: Sistema de Información Geográfica
 LIDAR (Light Detection and Ranging)

REFERENCIAS

Byrne, J., Taminiau J., Kurdgelashvili L., NamKim K. (2014). *A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 41(2015)830–844.

Chow A., Fung A., Li S. (2014). *GIS Modeling of Solar Neighborhood Potential at a Fine Spatio temporal Resolution*. Buildings 2014, 4, 195-206.

Kanters J., Wall M., Kjellsson E. (2014). *The solar map as a knowledge base for solar energy use*. SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry September 23 - 25, 2013, Freiburg, Germany. Disponible en línea en www.sciencedirect.com

Melius J., Margolis R., Ong S. (2013). Estimating Rooftop Suitability for PV: A Review of Methods, Patents, and Validation Techniques. *National Renewable Energy Laboratory POLIS, Identification and mobilization of solar potentials via local strategies*. Guidelines based on the experiences of pilot actions, Intelligent Energy Europe, 2012. Disponible en línea en <http://www.polis-santos.com>, Freire S., António M. Rodrigues, A. Gomes N., Brito, M., Tenedório, J. (2011). *Creating Web-based Solar Maps. Mapping Applications based on LiDAR Data*. Proceedings of 7VCT, Lisbon, Portugal, 11-13 October 2011
solar.eu/solar-urban-planning-in-polis/

ESRI. ArcGIS Help 10.1. *Understanding solar radiation analysis*. 2015. Available online: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/009z000000t8000000> (Último acceso: 26 de junio de 2015)

ESRI. ArcGIS Help 10.1. *Modelling solar radiation*. 2015. Available online: http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Modeling_solar_radiation/009z000000t9000000/ (Último acceso: 15 de julio de 2015)

ESRI. ArcGIS Help 10.1. *How Solar Radiation is calculated*. 2015. Available online: http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/How_solar_radiation_is_calculated/009z000000tm000000/ (Último acceso: 7 de julio de 2015)

Solar Briefing Papers. Solar Mapping.
<https://www.planning.org/research/solar/briefingpapers/solarmapping.htm> (Último acceso: 26 de julio de 2015)

Cambridge Solar Map. <http://web.mit.edu/SustainableDesignLab/projects/CambridgeSolarMap/> (Último acceso: 14 de julio de 2015)

Mapa Solar Concepción. <http://msc.ubiobio.cl/> (Último acceso: 8 de julio de 2015)

Mapdwell Solar Systems. <http://www.mapdwell.com/es/dc> (Último acceso: 14 de junio de 2015)

New York City Solar Map. <http://www.nycsolarmap.com/> (Último acceso: 14 de julio de 2015)

NREL, Solar maps, 2012.

PVGIS, Europe Solar Potential, in, European Commission, 2006. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

ABSTRACT: This work presents a progress report on the work carried out for developing a solar map for Buenos Aires City. The main objective is to determine the rooftops solar potential in order to value the potential contribution from solar systems. In order to compute the solar modelling and mapping process over a simulated year, a model was created in ArcGIS. The Solar Analyst tool in ArcGIS allows for the modeling, mapping and analysis of solar insolation over the rooftops for specific time frames. The results given are the amount in hours per day as well as the average and maximum in wh/m². Radiation data will be correlated geographically with the distribution of density population, energy consumption of gas and electricity, and occurrence of power outages, to identify priority on policies and incentives. The solar mapping was completed for the Communes # 1 and 2 of the city. The results obtained in the Commune #1 for its six neighbours are presented. This area, characterized by high built density, has a rooftops potential area higher than 10 m² for implementing solar systems of 10.311.053 m² where the average annual radiation exceeds 3kWh/m².

Keywords: solar mapping; solar potential; geographic information systems; computer modeling; renewable energy