



# Morfología arquitectónica y uso potencial de energías renovables a escala urbana y de edificios.

## Architectural morphology and potential use of renewable energies at urban and building scale.

### Raúl F. Ajmat

Filiación: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.  
Dirección: Av. Kirchner 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina CP 4000.  
Correo: rfajmat@hotmail.com

### María Victoria Longhini

Filiación: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.  
Dirección: Av. Kirchner 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina CP 4000.  
Correo: victoria\_longhini@hotmail.com

### José D. Sandoval

Filiación: Instituto de Luz, Ambiente y Visión, Universidad Nacional de Tucumán.  
Dirección: Av. Independencia 1800, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina CP 4000.  
Correo: jsandoval@herrera.unt.edu.ar

**Manuscript Code:** XXX (esto no debe llenarse)

**Date of Acceptance/Reception:** 06.07.2018/31.05.2018 (esto no debe llenarse)

### Resumen

El presente trabajo es un estudio conceptual-experimental de simulación de los efectos del entorno urbano construido sobre la incidencia de la luz natural en los patios interiores de edificios, insertos en la trama urbana de la ciudad de San Miguel de Tucumán (SMT). Se busca mostrar la importancia de la simulación en las etapas tempranas del diseño urbano-arquitectónico y su interacción con el entorno inmediato, apuntando a las consecuencias que puedan producirse en términos de disponibilidad de luz natural. En particular en este trabajo se toman dos escenarios como áreas de estudio, se plantean situaciones actuales y reales, confrontándolas con situaciones extremas de explotación de las posibilidades que brinda hoy el código urbano de SMT, donde se estudia el impacto del Código de Planificación Urbano (CPU) en su relación con el entorno construido desde el punto de vista morfológico con un lenguaje formal compatible, y también desde el respeto por el acceso a radiación solar y luz natural en patios interiores.

**Palabras claves:** Simulación; Luz natural; Morfología; Urbano; Patios de luz.

### Abstract

This work is a simulation-experimental study of the effects of the urban environment on the incidence of natural light in the multi storey buildings courtyards, within the urban plot of the city of San Miguel de Tucumán (SMT). It seeks to illustrate the importance of simulation in the early stages of urban-architectural design and its interaction with the immediate environment, investigating the consequences that may occur in terms of availability of natural light. Some scenarios are taken as areas of study, current and real situations are posed, confronting them with extreme situations of exploitation of the possibilities allowed by the urban code of SMT, where the impact of the Urban Planning Code is studied in its relationship with the built environment from the morphological point of view and also with respect for access to solar radiation and natural light in buildings' courtyards.

**Keywords:** Simulation; Daylight; Urban Morphology; Buildings' courtyards.

## Introducción

El desarrollo sostenible y una planificación urbana eficiente son dos de los temas más preocupantes, desarrollados y estudiados en relación a los procesos de cambio climático inminentes. Los profesionales que estudiamos la ciudad, debemos plantearnos un nuevo tipo de planificación urbana que beneficie a quienes la habitan, así podemos hablar por ejemplo, de un nuevo concepto como el de Planificación Urbana Solar, que apunta a cuestiones climático-ambientales pero que impacta sobre cuestiones morfológicas-urbanas, tema sobre el que muchos autores han trabajado; y por otro lado, evaluar los efectos ambientales sobre los edificios existentes, a fin de proporcionar directrices para evaluar el Potencial de uso de energía limpia -Potencial de radiación solar- en áreas urbanas. Ésta sería una herramienta útil en las primeras fases del diseño para urbanistas, arquitectos y afines, pudiendo prever así los efectos de la morfología urbana o las modificaciones en la geometría de los edificios respecto de captación de luz natural o radiación en superficies o ámbitos urbanos.

La Ciudad requiere que los planificadores, arquitectos y diseñadores cumplan con los códigos, legislaciones y pautas de diseño referidas a acceso solar y del derecho a la luz, y que los mismos puedan evaluar el impacto de los nuevos edificios en los edificios circundantes; que aún hoy son incipientes o casi inexistentes en numerosas ciudades del mundo, sobre todo en países latinoamericanos.

“Es necesario proporcionar la información solar y de disponibilidad diurna requerida para cualquier área urbana, de una manera visualmente significativa, de manera que se pueda hacer una evaluación rápida tanto para los edificios existentes como para los no construidos. El acceso solar y la regulación del derecho a la luz pueden imponer limitaciones específicas a la geometría de un esquema. Particularmente durante las primeras fases de diseño, es necesario utilizar herramientas de simulación dinámica para evaluar el potencial solar y de luz del día de un sitio, incluso antes de que se diseñe un edificio.” (Lobaccaro & Francesco Frontini, 2013)

Diversos estudios apuntan hacia la optimización de la morfología edilicia para maximizar el acceso solar, estudiando todas las variables intervinientes, ya sean morfológicas, climáticas, legales, etc. Así como evaluar el potencial solar sobre edificios futuros y existentes, en conjunto con su interacción con el medio urbano directo.

## Estado del arte del problema

Frente a la creciente demanda energética a nivel mundial, y las limitaciones de los sistemas tradicionales para cubrir esta demanda es que surgen una serie de nuevas alternativas referidos a las energías renovables en relación con la morfología urbana y la capacidad de captación solar de la ciudad, para que mediante nuevos proyectos incentivar la producción de energías renovables como políticas de estado en la planificación urbana, llamada: passive solar urban design. Podemos hablar de una revolución energética-urbana, que debe ir sorteando una serie de transiciones políticas, económicas, culturales.

Cabe mencionar el papel importante que juega a nivel mundial el concentrarse en estudios sobre el crecimiento de la población urbana a cerca de cuestiones relacionadas con el consumo energético, seguridad energética, cambio climático y apoyo institucional para llevar a cabo las propuestas y apoyar el cambio. El buen uso de las simulaciones de escenarios, actuales y futuros es una muy buena herramienta para apoyar estos estudios. La modelización como herramienta para cálculo y visualización de las diversas alternativas o situaciones climáticas potenciales o actuales de una ciudad respecto de potencial de energía limpia solar o de acceso a luz natural en patios de luz de edificios o centros de manzanas, son objeto de estudio actualmente en busca de una solución eficaz para resolver el problema. Se busca principalmente un modelo sistemático aplicable a cualquier unidad urbana existente o a desarrollar para poder definir en él pautas dinámicas con el fin de comprender los factores y parámetros que determinan la potencialidad solar de esa unidad de estudio y así llegar a conclusiones que permitan desarrollar lineamientos para su concreción, siempre apoyados por entidades de gestión que colaboren al cumplimiento de estos objetivos.

“Uno de los principales problemas es el complejo y dinámico efecto de eclosión sobre las superficies de los edificios. Algunos análisis preliminares durante las primeras fases del diseño podrían evitar el efecto de la reducción de la disponibilidad solar, lo que influye en el potencial de los sistemas solares, así como en la luz del día y el rendimiento térmico de los edificios.” (Sauchelli, Lobaccaro, Masera & Fiorito, 2013)

“La simulación es valiosa en la escala de construcción y ciudad con el fin de evaluar la influencia que tiene la forma en la disponibilidad de superficie para la captura de energía solar. En ambos casos, construcción y ciudad, las operaciones morfológicas permiten a los diseñadores aumentar la posibilidad de un mayor y mejor uso de la energía solar ya sea por aumento de superficie o por el estudio de las sombras que los edificios se arrojan entre sí.” (Kamal & Smiriti, 2014)

El diseño asistido por computadora nos muestra el proceso completo de fabricación de un determinado producto con todas y cada una de sus características como tamaño, contorno, etc. Las muchas posibilidades que nos ofrece para el diseño fomentan la creatividad y la experimentación.

Arquitectura y diseño digital se complementan y se unen al generar un objeto utilizando técnicas y herramientas digitales. Así, las Técnicas Digitales resultan de gran ayuda en las distintas instancias del diseño arquitectónico, como herramienta para la formalización de ideas, complementándose con otra muy potente: la geometría. Así también, se plantea una mirada crítica respecto de otros ejemplos, que carecen de soluciones arquitectónicas, funcionales y ambientales y donde el diseño no tiene el estudio suficiente para satisfacer las demandas del medio.

Es de suma importancia poder generar sistemas inteligentes de cálculo y modelado que permitan conectar y gestionar datos para poder obtener de manera rápida y sencilla valores que permitan tomar decisiones de diseño con base científica.

“Estas herramientas se pueden aprovechar para el modelado durante las fases tempranas del diseño arquitectónico e incluso para dar forma a la morfología de las ciudades del mañana. Durante las etapas tempranas de diseño tienen el potencial de impactar directamente en el consumo de energía a largo plazo estudiando el posible de uso de la irradiación para la generación de energía limpia, y de previsualizar que el crecimiento desmedido y no planificado de la ciudad condiciona la disponibilidad de luz natural a lo largo de los años, reduciendo la disponibilidad lumínica de patios interiores y centros de manzana”. (Longhini & Ajmat, 2017)

## Simulación y experimento

El punto de partida de esta metodología es la generación de geometrías mediante software apropiados (Revit y SketchUp, en conjunto con Unity) optimizados para trabajar el modelado de escenarios morfológicos y volumétricas; a continuación, el procesamiento de la incidencia de la radiación en las superficies (Insight) y finalmente el post-tratamiento de los resultados con la ayuda de hojas de cálculo y de interfaz gráfico (Excel) para la presentación de datos. Una vez que se generan geometrías representativas de cada escenario, el potencial de la radiación solar en las fachadas de los edificios se determina utilizando un gráfico - modelo computacional que funciona sobre la base de los datos climáticos por hora. (Figura 5). El rendimiento solar para diferentes escenarios se puede estudiar todo el año o a lo largo de un día típico en cada temporada. Por lo tanto, la influencia de la altura en la calidad del medio ambiente generada debido a cada edificio o un grupo de ellos hacia los espacios urbanos dentro y por fuera se puede analizar fácilmente. Para las simulaciones presentadas en el trabajo se consideran las situaciones más desfavorables, referidas a morfología, orientación y clima.

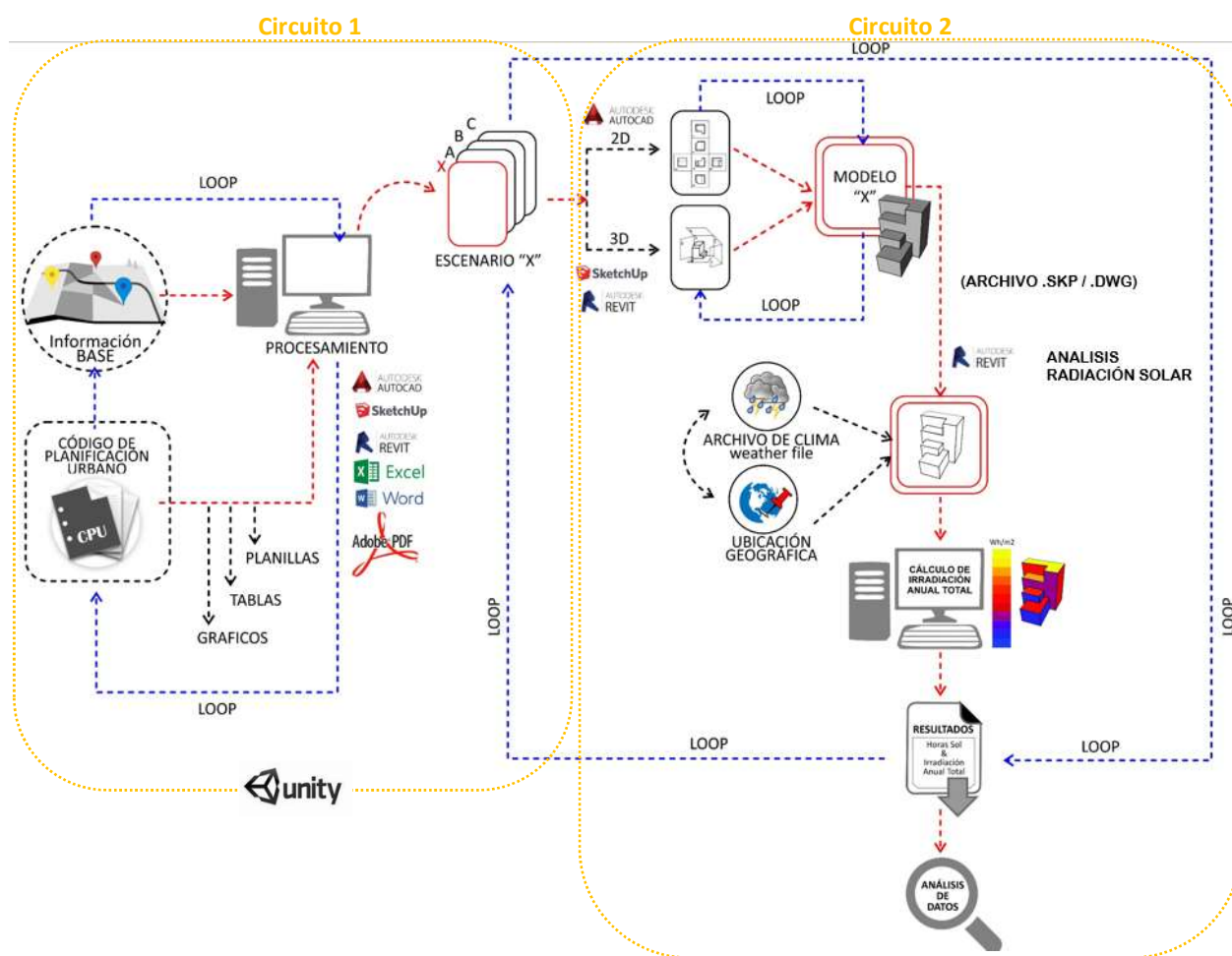


Figura 5. Proceso de simulación, sistematización de base de datos y procesamientos de datos para resultados. Fuente: Propia, 2017.

El proceso de simulación propuesto está conformado de dos grandes circuitos. Por un lado, el circuito de carga de datos y generación sistemática morfológica parametrizada. Por otro lado, el circuito de simulación de los distintos escenarios generados y la capacidad de potencial de producción de energía limpia basado en la captación de radiación solar simulada en cada morfología propuesta.

Inicia con la carga de datos en el Software Unity para la generación morfológica de los distintos escenarios. Se trabaja con un archivo base generado por nosotros llamado "edificador" que cuenta con una base programada en base a simplificaciones y requerimientos reales del CPU SMT actual. Las simplificaciones radican en racionalizar las manzanas

respecto de sus medidas, así como sistematizar y sintetizar tipologías de lotes, teniendo en cuenta retiros y centros de manzana. Esto facilita la carga de datos dentro del “edificador”.

Se trabaja con una medida normalizada de manzana (120 x 120 m) con retiros de frentes (5 m) y con medidas de centro de manzana (para la de 120\*120m corresponden 35m). Los lotes se simplifican en 5 tipologías (de ancho constante, pero de profundidad variable) y se suma a ellas la tipología en esquina. Se trabaja también con volúmenes entrantes y salientes (voladizos y patios de luz).

De esta manera el “edificador” queda conformado, con previo análisis de todas las variables que contempla el CPU de SMT. Sobre este se cargan los datos requeridos para conformar los diferentes escenarios propuestos un lote, una cuadra, una manzana o un sector de la ciudad. Pueden generarse aleatoriamente algunos parámetros como la altura o las dimensiones de los patios de luz y dar lugar a una imagen más realista de los posibles escenarios urbanos.

Hasta aquí se generan mediante un proceso sistematizado y de programación los diferentes escenarios posibles para caso de estudio propuesto.

Una vez que obtenemos la maqueta deseada para el escenario correspondiente se inicia el proceso de exportación de datos como una “mesh” de la volumetría generada. Se convierte a .FBX el archivo .UNITY mediante un software de conversión, para luego importar este archivo el software REVIT que realizará el cálculo de radiación con un plugin INSIGHT. Este último pasaje entre programas está en proceso de automatización mediante línea de comandos se espera poder programar y sistematizar el proceso de cálculo.

Dentro de REVIT – INSIGHT cargamos el escenario propuesto y seleccionamos allí la base de datos climático a utilizar, el tipo de salida de datos, unidades y configuración de escala gráfica. Procedemos al cálculo y obtenemos una imagen degradada con escala gráfica correspondiente y el listado de datos calculados en forma de planillas para procesamiento posterior mediante programas de análisis gráficos o plantillas de cálculo como por ejemplo EXCEL.

## Resultados

En particular en este trabajo se toman tres escalas de estudio y su proyección en el tiempo para generar los diferentes escenarios: 1) Lote (Figura 1); 2) Manzana (Figura 2); 3) Cuadra (Figura 3); 4) Sector Ciudad (Figura 4).

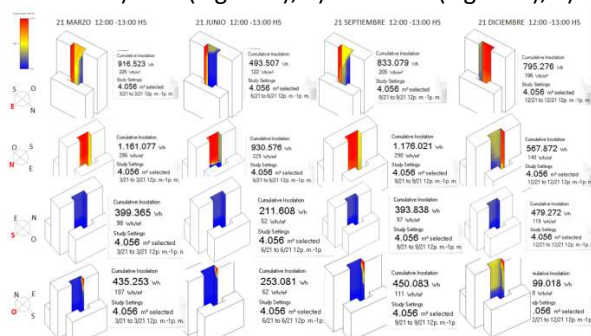


Figura 1. Caso de estudio por LOTE. Simulación de captación de radiación solar para 21 de marzo, 21 junio, 21 septiembre y 21 de diciembre en las 4 orientaciones, 12.00hs. Fuente: Propia, 2016.

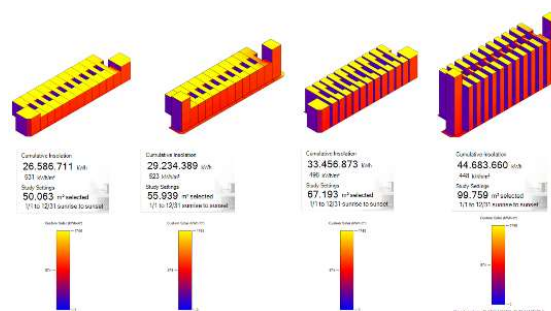


Figura 2. Caso de estudio por CUADRA. Simulación de captación de radiación solar anual para Escenarios 1,2,3,4 propuestos. Fuente: Propia, 2017.

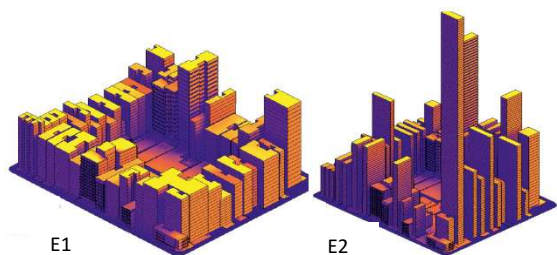


Figura 3. Caso de estudio por MANZANA. Simulación de captación de radiación solar anual para Escenario 1 – máxima superficie y mínima altura edificable - ; y Escenario 2 – mínima superficie y máxima altura edificable. Fuente: Propia, 2016.

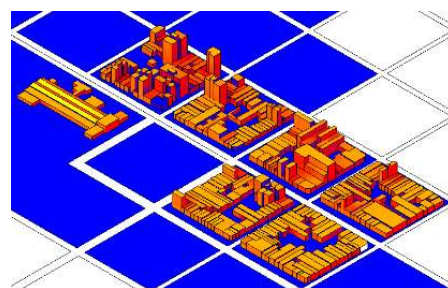


Figura 4. Caso de estudio SECTOR CIUDAD. Simulación de captación de radiación solar anual para área definida de San Miguel de Tucumán. Fuente: Propia, 2017.

Se plantean situaciones actuales y reales, confrontándolas con situaciones extremas de explotación de las posibilidades que brinda hoy el código urbano de SMT, donde se estudia el respeto de los edificios patrimoniales, en su relación con el entorno construido desde el punto de vista morfológico con un lenguaje formal compatible, sino también desde el respeto por el acceso a la luz natural en patios interiores.

Las siguientes variables se utilizan para definir las áreas de estudio:

### 1) Variables Urbanas:

- Forma (volumen) y la orientación.
- Calles, ancho.
- Distancia entre los edificios y calles.
- Reglamento Particular urbanos correspondientes a la zona, la viabilidad de los usos del suelo de acuerdo con las actividades.

### 2) Variables de Construcción:

- Diferentes factores urbanos: FOT (Factor de Ocupación Tierra), FOS (Factor de uso de la tierra), FAV (Factor Asoleamiento Volumétrico), FAU (Factor Asoleamiento Urbano), PAE (Potencial Área Energética), FF (Factor Forma). (De Schiller, S.; 2002).

Teniendo en cuenta las propuestas vigentes del Código de Planificación Urbano (CPU), se estudiaron dos posibles escenarios aplicados a las tres escalas de estudio: A) Máxima aérea de construcción por superficie y mínima altura edificable; B) Mínima aérea de construcción por superficie y máxima altura edificable.

## Caso de estudio 1. Lote.

Se plantea un proceso de simulación para estudiar diferentes escenarios sobre una misma fachada de edificio existente. Revisar cuáles son sus posibilidades reales de captación de radiación solar para una morfología determinada en las cuatro estaciones del año. Se confrontan dos escenarios sobre un mismo lote donde las morfologías resultantes son producto de la interpretación actual del código de planificación urbanos de SMT. Escenario 1 Lote (Figura 6): edificio con máxima ocupación de la superficie del lote con patio interno entre medianeras y mínima altura edificable. Escenario 2 Lote (Figura7): edificio con mínima ocupación de la superficie del lote exento y máxima altura edificable.

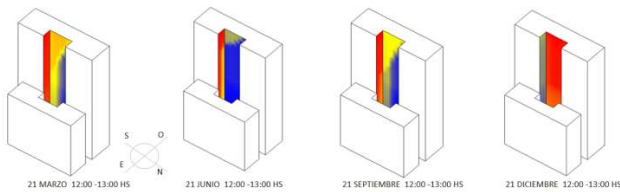


Figura 6. Escenario 1 Lote: edificio con máxima ocupación de la superficie del lote con patio interno entre medianeras y mínima altura edificable. Fuente: Propia, 2016.

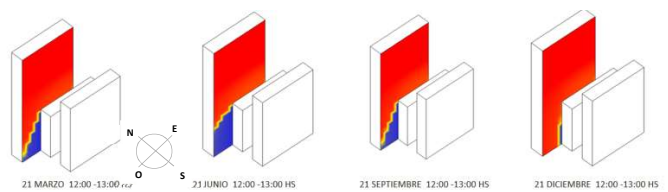


Figura 7. Escenario 2 Lote: edificio con mínima ocupación de la superficie del lote exento y máxima altura edificable. Fuente: Propia, 2016.

Tabla 1. Escenario 1 Lote. Fuente: elaboración propia, 2016.

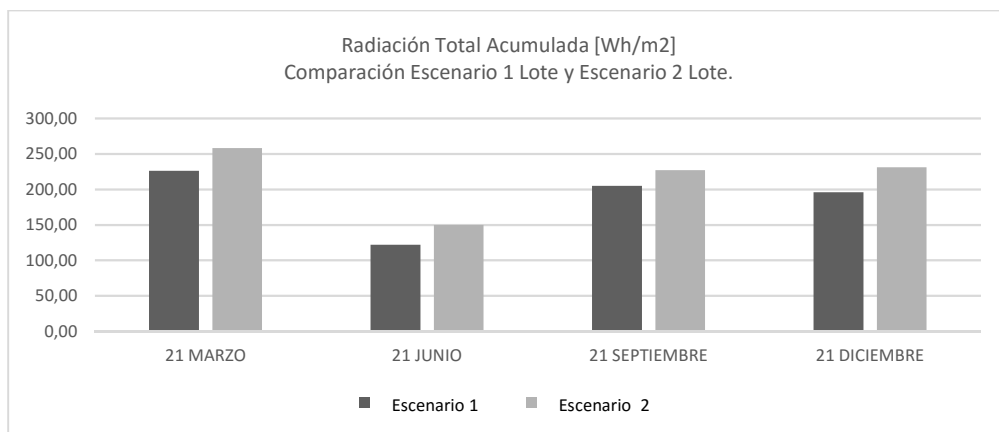
Fecha	Radiación Total Acumulada	
	[WH/m <sup>2</sup> ]	[WH]
21-mar	226,00	916.523,00
21-jun	122,00	493.507,00
21-sep	205,00	833.079,00
21-dic	196,00	795.276,00
TOTAL RADIACIÓN	749,00	3.038.385,00
TOTAL ÁREA [M <sup>2</sup> ]	4.055,56	

Tabla 2. Escenario 2 Lote. Fuente: elaboración propia, 2016.

Fecha	Radiación Total Acumulada	
	[WH/m <sup>2</sup> ]	[WH]
21-mar	258,00	3.065.680,00
21-jun	150,00	1.782.069,00
21-sep	227,00	2.697.895,00
21-dic	231,00	2.737.617,00
TOTAL RADIACIÓN	866,00	10.283.261,00
TOTAL ÁREA [M <sup>2</sup> ]	11.870,00	

En ambos escenarios E1L y E2L la simulación arroja que el período de mayor acceso de radiación solar es 21 de marzo, y el de menor acceso es el periodo invernal 21 de junio (Tabla 1 y 2). Para una misma orientación y época del año, la morfología es determinante en la accesibilidad solar, para todas las estaciones la morfología E2L supera en un 12.4% a la E1L (Gráfico 1).

Gráfico 2. Comparación Escenario 1 Lote y Escenario 2 Lote. Fuente: elaboración propia, 2016.



### Caso de estudio 2. Cuadra.

Para el caso dos el estudio de los diferentes escenarios sobre la morfología de una cuadra en base a modificaciones formales que permite el código de planificación. La simulación de captación de radiación solar es anual para Escenarios 1,2,3,4 propuestos. Se confrontan los escenarios propuestos para identificar cual es la alternativa morfológica que más se adapta a los requerimientos de asoleamiento y captación solar óptimos.

Se considera como área de estudio la zona R1 (residencial 1 del CPU). Casos: 1) entre medianeras; 2) Retiro 5m de frente; 3) Semi perímetro libre; 4) Perímetro libre; 5) Combinatoria casos 1,2,3,4. (Figura 8)

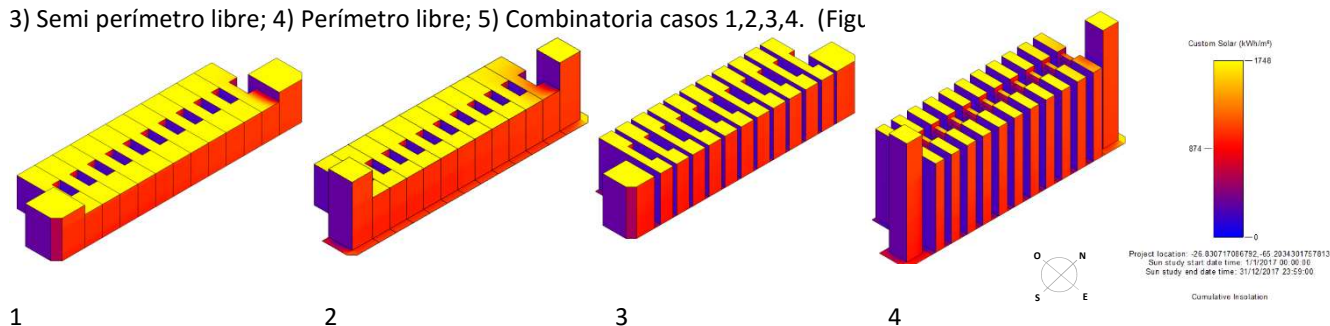
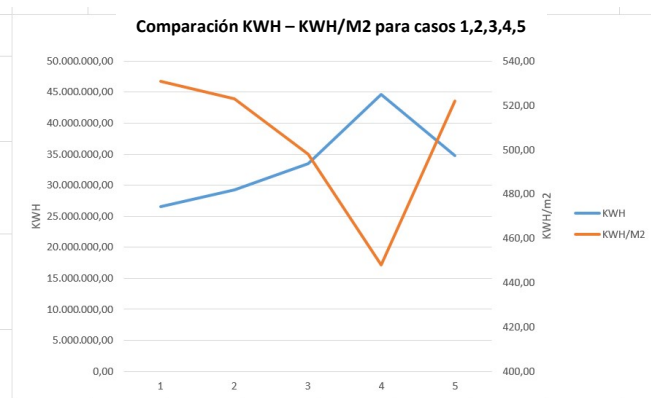


Figura 8. Casos: 1) entre medianeras; 2) Retiro 5m de frente; 3) Semi perímetro libre; 4) Perímetro libre. Fuente: Propia, 2017.

Tabla 3. Comparación Estudio CUADRA. Casos 1; 2; 3; 4; 5. Fuente: elaboración propia, 2017.

Nº	Escenario	KWH	M2	KWH/M2
1		26.586.711,00	50.063,00	531,00
2		29.234.398,00	55.939,00	523,00
3		33.456.873,00	67.193,00	498,00
4		44.683.660,00	99.759,00	448,00
5		34.787.554,00	66.590,00	522,00

Gráfico 2. Comparación Estudio CUADRA. Casos 1; 2; 3; 4; 5. Fuente: elaboración propia, 2017.



Tomando como base una cuadra, se desarrollan 5 casos de estudios que toman el máximo de área edificable en planta con mínima altura y se va disminuyendo esta relación hasta reducir al mínimo la ocupación del terreno y conseguir la máxima altura posible según las limitaciones del CPU SMT para restricciones de superficies, retiros y alturas; casos 1,2,3,4; el 5º caso es una combinatoria de los anteriores para simular una alternativa “realista”. (Tabla 3)

Notamos entonces que si bien al aumentar la superficie edificable M2, aumentan KWH; debido a las obstrucciones que los mismos volúmenes generan entre si la relación KWH/M2 disminuye a medida que aumentan los M2. (Gráfico 2) es así que se busca una opción morfológica que combine las diversas situaciones para que regule estas obstrucciones y recomponga la relación KWH/M2. No siempre un edificio que tenga mayor superficie será óptimo para captación solar.

### Caso de estudio 3. Manzana – Sector Ciudad.

El caso de estudio 3 corresponde al caso de estudio de simulación por MANZANA-SECTOR. Se realiza una simulación de captación de radiación solar anual para Escenario 1 – máxima superficie y mínima altura edificable - ; y Escenario 2 – mínima superficie y máxima altura edificable. Se confrontan los resultados para comparar e identificar cual es la alternativa formal que responde mejor a los fines de captación de radiación solar para potencial producción de energía limpia.

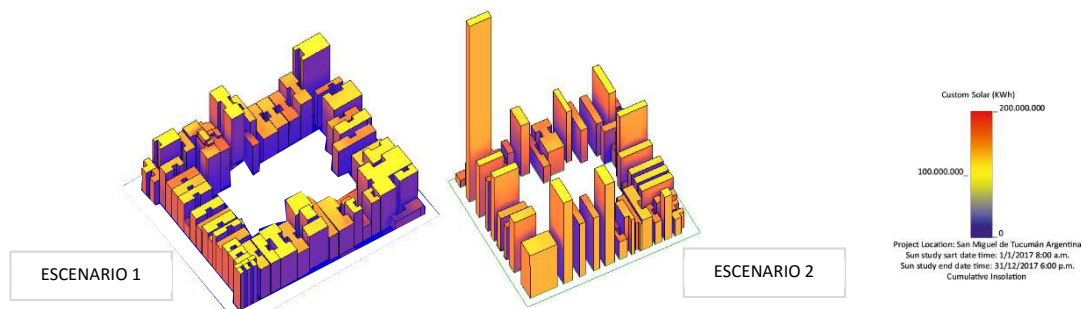


Figura 9. Caso de estudio por MANZANA. Simulación de captación de radiación solar anual para Escenario 1 – máxima superficie y mínima altura edificable - ; y Escenario 2 – mínima superficie y máxima altura edificable. Fuente: Propia, 2016.

Se consideran dos escenarios: Escenario 1) máxima superficie construida – mínima altura; Escenario 2) mínima superficie construida – máxima altura. Ambos basados en información base y predicciones supuestas a partir de datos reales de la ciudad de San Miguel de Tucumán y legislación actual del Código de Planificación Urbano actual.

Ambas propuestas son suposiciones límite de lo que potencialmente podría ocurrir de seguir con la normativa vigente. En base a estas modelizaciones se procede a cargar los datos geográficos y de clima. Luego se procede al cálculo de irradiación. Para este caso se considera un período desde el 1/01/2017 al 31/12/2017 con un rango horario de 8:00 am a 18:00 pm.

En cuanto al área en m<sup>2</sup> considerada para ambos casos obtenemos que el E2 es un 14% mayor en superficie que el E1 (Tabla 4). Esta consideración se hace ya que, a mayor superficie, mayor cantidad de radiación acumulada puede obtenerse, pero deben considerarse las obstrucciones de la morfología de los edificios de cada una de las propuestas, siendo así que no siempre se cumple la condición de que, a mayor superficie, mayor irradiación acumulada. Al analizar los resultados por m<sup>2</sup> el E2 supera en un 6% al E1 respecto de cantidad de radiación solar acumulada por m<sup>2</sup>. Podemos decir mediante estas comparaciones que para el caso estudiado el E2 supera al E1 en un 19% respecto de su capacidad de captación de radiación anual desde el punto de vista de la morfología.

Tabla 4. Comparación de Resultados de estudio Escenario 1 Y 2 Manzana valores de. Fuente: elaboración propia, 2017.

	ESCENA	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Valor Promedio Radiación solar	Valor total Radiación Solar
			[KWh/m <sup>2</sup> ]	[WH]
ESCENA 1 Mínima altura		506,116.57	224.34	113,541,961.94
ESCENA 2 Máxima altura		587,776.40	238.53	140,201,310.76
Diferencias %	-	13.89%	5.95%	19.02%

## Discusión y Conclusiones

El modo de habitar la tierra y la matriz energética mundial están cambiando. El uso y generación de energías renovables-limpias, es crucial para este cambio. La ciudad se encamina a ser un sistema sostenible en sí mismo.

El proceso hacia el desarrollo de energías renovables, limpias, como la captación solar, entre otras, es una solución factible, viable y a desarrollar para recurrir a la energía que la naturaleza nos brinda en el día a día.

Aprovechar este recurso natural será una de las pautas definitorias para el desarrollo de las políticas y toma de decisiones en la planificación de las ciudades, ya sea para adaptación de los territorios consolidados o de las nuevas extensiones urbanas. En ambos casos aprovechar el recurso de la radiación solar e iluminación natural, beneficia a todos los habitantes, tanto en aspectos económicos como de salubridad.

El planeamiento urbano debe ser el medio por el cual diseñadores, urbanistas, y arquitectos, solucionen situaciones urbanas conflictivas en pos del bienestar común y no sólo respondiendo a reglamentación y cumplimientos netamente de sentido legal, sino, por interés de la comunidad y la necesidad de atender los problemas urbanos para resolver las necesidades básicas de la población.

También es importante que los desarrolladores de bienes raíces estén bien informados sobre las últimas tecnologías y precios, ya que son un factor muy importante en el proceso de decisión. "En una situación ideal, un actor en el proceso de diseño debe realizar las simulaciones y cálculos sobre el potencial solar. La planificación urbana es un proceso en el que intervienen muchos factores. La energía solar es sólo uno de estos componentes que los planificadores urbanos tienen que tomar en cuenta. Los planificadores urbanos deben ser informados acerca de las consecuencias de la distribución de los bloques de edificios sobre el potencial de captación solar." (Kanters & Horvat, 2012) El estudio del diseño arquitectónico y la planificación urbana reflejan en primera instancia, si hablamos de la morfología de la ciudad, la aplicación directa del estudio de posibilidades de diseño y soluciones de un muestrario de casos, para determinar cuál es el escenario que mejor se adapta al aprovechamiento, conservación y generación de energía.

El crecimiento excesivo e inevitable de las ciudades resulta, en la mayoría de las áreas centrales urbanas, en edificios de gran altura. Estos edificios reunirán: posibilidades de vivienda de alta densidad, y a su vez, limitaciones de acceso de luz natural en los pisos bajos de apartamentos y las cuestiones relacionadas con la explotación de la radiación solar para fines de energías renovables.

Notamos una gran carencia de áreas verdes en zonas urbanas, o bien, falta de condiciones de habitabilidad en los recintos de edificios, que lleva a la búsqueda de mejores condiciones ambientales hacia el exterior de los mismos, con esto se hace referencia a la falta de regulación sobre los patios de aire y luz, reglamentaciones sobre derecho a la luz y acceso a ella. A ello podríamos sumarles el estudio de fachadas y cubiertas de edificios para el aprovechamiento de energía limpia para consumo.

Reconocemos así una serie de dificultades no resueltas en la ciudad, que necesitan de la intervención de profesionales entendidos en el tema para poder subsanar estas carencias, producto de una alta densidad junto con el crecimiento poblacional, y una reglamentación pobre o mal implementada, que no permite un crecimiento urbano planificado y una eficiencia energética urbana adecuadas.

En síntesis, la Planificación Urbana, de cualquier ciudad, para poder optimizar sus recursos ambientales, económicos, políticos y de habitabilidad; debiera:

- Constar de un planteo consciente de la problemática urbana real.
- Interpretar la problemática de manera real, basados en la experiencia histórica.
- Reflejar el principio de solidaridad.
- Tener fundamentos teóricos – científicos probados y validados para la toma de decisiones.
- Claridad y facilidad de interpretación.
- Ser factible de llevarse a la práctica con todos los instrumentos de gestión y control necesarios articulados entre sí.
- Debe estar preparado para ser desarrollado y ejecutado con agilidad.
- Debe favorecer el bienestar general.
- Pensado para poner en práctica soluciones estratégicas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Agencia Nacional para la promoción de la ciencia y la tecnología, el Consejo Nacional de Investigación y la Universidad de Tucumán, Argentina por su constante apoyo y financiamiento para este trabajo de investigación.





## Referencias

- Amado, M. P., The Operative process in Sustainable Urban Planning, in Sustainable Development and Planning II, A.G.Kungolos and others (eds): WIT Press, Vol. 1 (2005) pp. 181-191.
- De Schiller, S.; 2002.De Schiller, Silvia. "Transformación urbana y sustentabilidad"; publicación Revista Urbana; 2002.
- Kamal, M.; Smiriti, S 2014 emerging trends in tall buildings design. Environmental Sustainability through Renewable Energies Technology; Civil Engineering & Architecture Vol 2, N°3, pg 116-120.
- Kanters Jouri, Horvat Miljana. Solar energy as a design parameter in urban planning; Energy Procedia 30 (2012) 1143 – 1152; SHC 2012; [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- Lobaccaro Gabriele, Francesco Frontini; SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry September 23-25, 2013, Freiburg, Germany.
- Longhini, V & Ajmat, R., 2017; Architectural Morphology and potential use of renewable energy at urban and building scale. ISES Solar World Congress SWC 2017.
- Sauchelli M, Lobaccaro G, Masera G, Fiorito F, Smart (2013) Solutions for Solar Adaptive Façade Preliminary studies for an innovative shading device. Proceedings of the XIX IAHS World Congress, Milan, Italy, September 2013.