

SIMULACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN PATIOS DE LUZ: CÓDIGO DE PLANIFICACION Y MORFOLOGIA

Maria Victoria Longhini (1,2); Raul F. Ajmat (1,2); José D. Sandoval (2)

(1) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

(2) Instituto de Luz, Ambiente y Visión, Universidad Nacional de Tucumán.

victoria_longhini@hotmail.com; rfajmat@hotmail.com; jsandoval@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

El uso de herramientas de simulación que evalúen el impacto de la morfología edilicia urbana en aspectos climático-ambientales, puede ser una nueva forma de controlar y colaborar con la planificación urbana de la ciudad. Las herramientas de simulación disponibles hoy, se pueden aprovechar para el modelado energético durante las fases tempranas del diseño arquitectónico e incluso para dar forma a las ciudades del mañana.

Los códigos de edificación y planificación urbanos, pueden ser entendidos como lineamientos directrices para la aplicación directa de soluciones basadas en estudios de diferentes escenarios posibles y alternativas, para la toma de decisiones respecto de conservación y generación de energías limpias. Este trabajo apunta hacia una mirada sobre las consecuencias en términos de potencial uso de la irradiación para la generación de energía limpia, y para el aprovechamiento de luz natural a través de "patios de luz" internos. En los resultados obtenidos mediante simulación, los gráficos muestran una clara tendencia de disminución de acceso solar en los meses de invierno, y hacia el verano, si bien muestra un aumento en el porcentaje tanto de radiación solar como de disminución de superficie sombreada, las diferencias entre una estación y otra no son muy pronunciadas. A partir de los resultados obtenidos podemos verificar la importancia que posee la morfología urbana y por lo tanto la influencia de los códigos de planificación de la ciudad, en términos de disponibilidad de luz natural y el potencial uso de la irradiación para la generación de energía. Las posibilidades que brinda la simulación como herramienta de predicción son significativas; simulaciones energéticas realizadas durante las etapas iniciales de diseño tienen el potencial para impactar sobre el consumo de energía a largo plazo.

Palabras clave: simulación, entorno urbano, radiación solar, patios de luz.

ABSTRACT

Early stages of architectural design that include the use of simulation tools to review the impact of building morphology on the city, from climatic-environmental aspects, can be a new way of controlling and collaborating with the urban planning of the city. Nowadays available simulation tools can be leveraged for energy modeling during the early phases of design and even shaping the cities of tomorrow.

Urban building and planning codes can be understood as guidelines for the direct application of solutions based on studies of different scenarios for decision-making regarding conservation and clean energy generation. This work aims to look at the consequences in terms of the potential use of irradiation for the generation of clean energy, and natural light in internal "courtyards". In the results obtained, the graphs show a clear tendency of decrease of solar access in the winter months, and towards the summer, although it shows an increase in the percentage of both solar radiation and decrease of shaded surface, the differences between one station and another are not very pronounced. From the results obtained we can verify the importance of the urban morphology and therefore the influence of the city planning codes, in terms of the availability of natural light and the potential use of irradiation for the generation of energy. The possibilities offered by simulation as a prediction tool are significant; energy simulations performed during the initial design stages have the potential to impact on long-term energy consumption.

Keywords: simulation, urban environment, solar radiation, courtyards.

1. INTRODUCCIÓN

Perspectivas hacia una nueva forma de Planificar la Ciudad.

Los procesos de cambio climático inminentes han dado lugar a la necesidad de poner énfasis en los estudios para dar solución a los problemas que este conlleva. El desarrollo sostenible y planificación urbana eficiente son dos de los temas más desarrollados y estudiados. Los procesos de planificación pueden aportar grandes resultados si se integran otros campos de conocimiento referidos a temas energéticos y tecnológicos, pudiendo lograr grandes progresos en la medida que estas disciplinas trabajen en conjunto.

Los Códigos de Planificación juegan un papel decisivo en la regulación del desarrollo de los entornos urbanos. Las regulaciones de planificación urbana y gestión ambiental del suelo urbano y otros derechos deben garantizar a los ciudadanos el derecho a la luz natural, como derecho humano básico. (BAUTISTA, 2012). Hay una carencia de teoría que nos ayude a evaluar si una determinada forma urbana contribuye a los objetivos y agenda de desarrollo sostenible. (JABAREEN, 2010).

Sus capacidades predictivas se han reflejado en muchas áreas del diseño y la evaluación de la energía arquitectónica de edificios y entornos urbanos. (AJMAT, 2008).

Este documento tiene como objetivo explorar el potencial de ahorro de energía y la producción de energía procedente de la radiación solar con la aplicación del actual Código de Planeamiento Urbano de Tucumán bajo diferentes escenarios propuestos. La energía solar juega un papel importante en la sustitución de combustibles fósiles para generar electricidad sin emitir contaminantes y sin necesidad de combustible. (LI, 2014).

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.

Para este estudio se analizó en la primera etapa la legislación medio ambiental actual a fin de saber cómo y en qué medida la densidad de construcción de la ciudad afecta o disminuye las posibilidades de capturar la radiación solar, así como la generación de nuevas políticas apropiadas para un mejor uso de la tierra. Por ejemplo consideramos la morfología de una fachada solar como componente de construcción factible de generar energía y que permite la entrada de luz diurna en los espacios interiores, un aspecto clave del diseño de tales fachadas es la determinación de los beneficios energéticos totales. (Li & LAM, 2008).

Se necesitan esfuerzos más agresivos para mejorar el rendimiento energético de los edificios, minimizar el consumo de recursos energéticos y promover una mejor comprensión de cómo nuestros edificios consumen realmente energía, existen variables que afectan el uso de la energía en los edificios son no espaciales e incluyen cambiar el diseño del edificio. (YEKANG KO, 2015).

A medida que las personas cambian sus ciudades, estas ciudades simultáneamente cambian a la gente. Esta última interacción proviene del hecho de que cada experiencia humana modifica la organización del lugar donde realiza sus actividades (VANDERBURG, 2014).

En los últimos tiempos ha habido una expansión urbana condicionada más por cuestiones de carácter económico que de planificación. Particularmente la ciudad de San Miguel de Tucumán ha crecido en la periferia de manera sistemática pero no controlada, en el sentido que las nuevas urbanizaciones que se han ido planteando son producto de intereses inmobiliarios y necesidad de la población no resueltas por las entidades gubernamentales que debieran ocuparse de tema vivienda y ciudad. Es así como áreas antes utilizadas para cultivo agro industrial, caña de azúcar, limón, o áreas linderas a rutas, se han convertido en los únicos emplazamientos factibles para desarrollar emprendimientos de viviendas que sean accesibles económicamente. Este desarrollo territorial es el que promueve al estudio de este trabajo.

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es simular y comparar diferentes escenarios que permitiría el Código de Planificación de la Ciudad de San Miguel de Tucumán en términos del potencial uso de la irradiación para la generación de energía limpia, y para el aprovechamiento de luz natural en “patios de luz” internos.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo cuenta con una base previa de información, base generada y procesada para poder obtener los distintos escenarios propuestos.

Se selecciona el sector a trabajar, se generan las propuestas morfológicas y se procede a la simulación de radiación por superficie. El punto de partida de esta metodología es la generación de geometrías mediante software apropiados; a continuación, el procesamiento de la incidencia de la radiación en las superficies y finalmente el post- tratamiento de los resultados con la ayuda de hojas de cálculo y de interfaz gráfica para la presentación de datos.

3.1. Selección del Área de análisis, caso de estudio San Miguel de Tucumán

Esta zona central de estudio, ubicada en San Miguel de Tucumán, Argentina: Latitud: 26°49'26" S; Longitud: 65°13'21"O; altitud sobre el nivel del mar: 452 m, se estudia como un caso de prueba para proponer una metodología que puede aplicarse a cualquier área de la misma. Esta zona de la ciudad es considerada como representativa desde dos puntos de vista: su morfología urbana y sus intereses inmobiliarios. (Figura 1 y 2). En la figura 1 se muestra diferenciado por color (5 colores diferentes, correspondientes a 5 tipos morfológicos de parcela) el área total que cubre cada tipología representada.

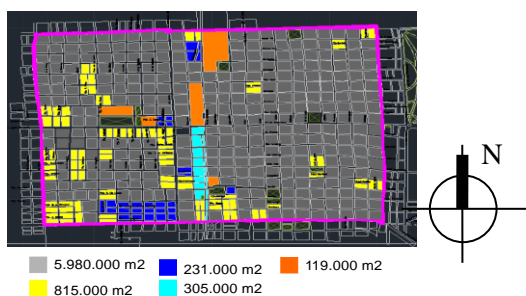


Figura 1 – Morfología urbana. Clustering: superficie similar y morfología de los bloques. Área gris tipología 1; área amarilla tipología 2, área azul tipología 3, área cian tipología 4, área naranja tipología 5. Cada color responde a una tipología de manzana cuya discriminación se realiza por forma y área.

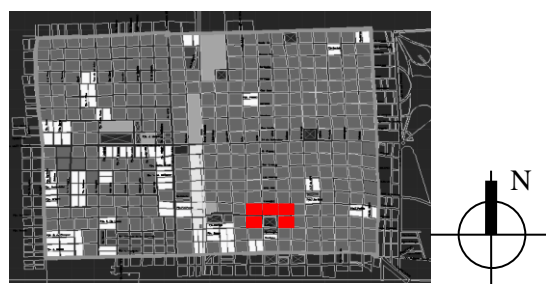


Figura 2 – Selección de grupo de manzanas para el análisis.

4. SIMULACIÓN Y EXPERIMENTO.

Teniendo en cuenta las propuestas vigentes del CPU (Código de Planificación Urbano), se estudiaron dos posibles escenarios: 1) Máxima aérea de construcción por nivel por parcela; 2) Mínima aérea de construcción por nivel por parcela. (Figura 5 y 6).



Figura 3 – Imagen Satelital del área estudiada.

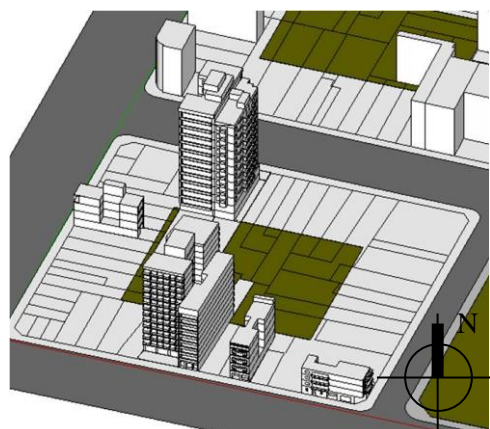


Figura 4 – Imagen simulada de la situación actual, eliminando edificios de hasta 3 niveles, factibles de crecer en altura por interés inmobiliario.

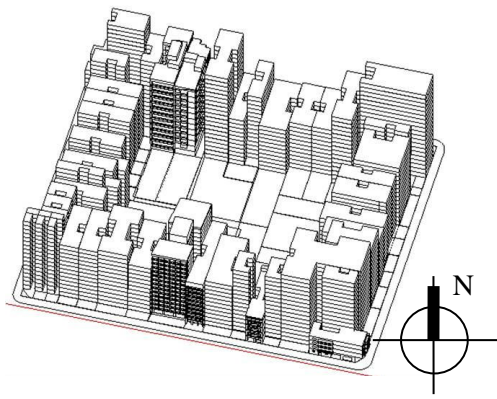


Figura 5 – Imagen Simulada. Máxima área de construcción por nivel por parcela. **MaACNPP**

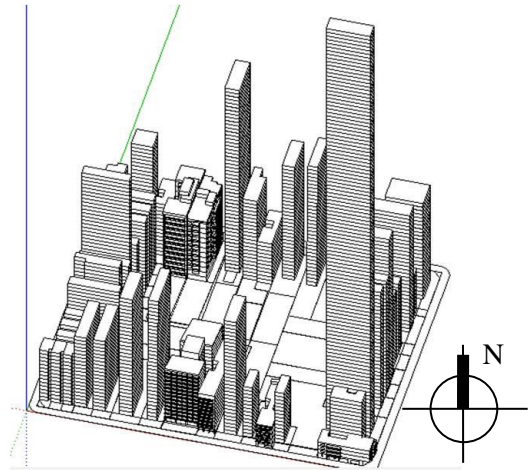


Figura 6 – Imagen Simulada. Mínima área de construcción por nivel por parcela. **MiACNPP**

Se ha estudiado una sistematización del proceso de simulación para poder automatizar el modelado y la obtención de datos. Así puede aplicarse esta metodología para diversos casos de estudio de cualquier ciudad. 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.

También es posible estudiar cualitativamente la penetración solar en los patios (permitido por la CPU) a través de la geometría solar. Se trabaja sobre la base de cada uno de los escenarios modelados propuestos, estableciendo el modelo de localización geográfica, la hora, el día y la estación del año

El Proceso de Simulación propuesto (Figura 7) se basa en una secuencia de datos que puede ser modificada en diferentes puntos, permitiendo la obtención de datos de diversos escenarios o tipologías simultáneamente.

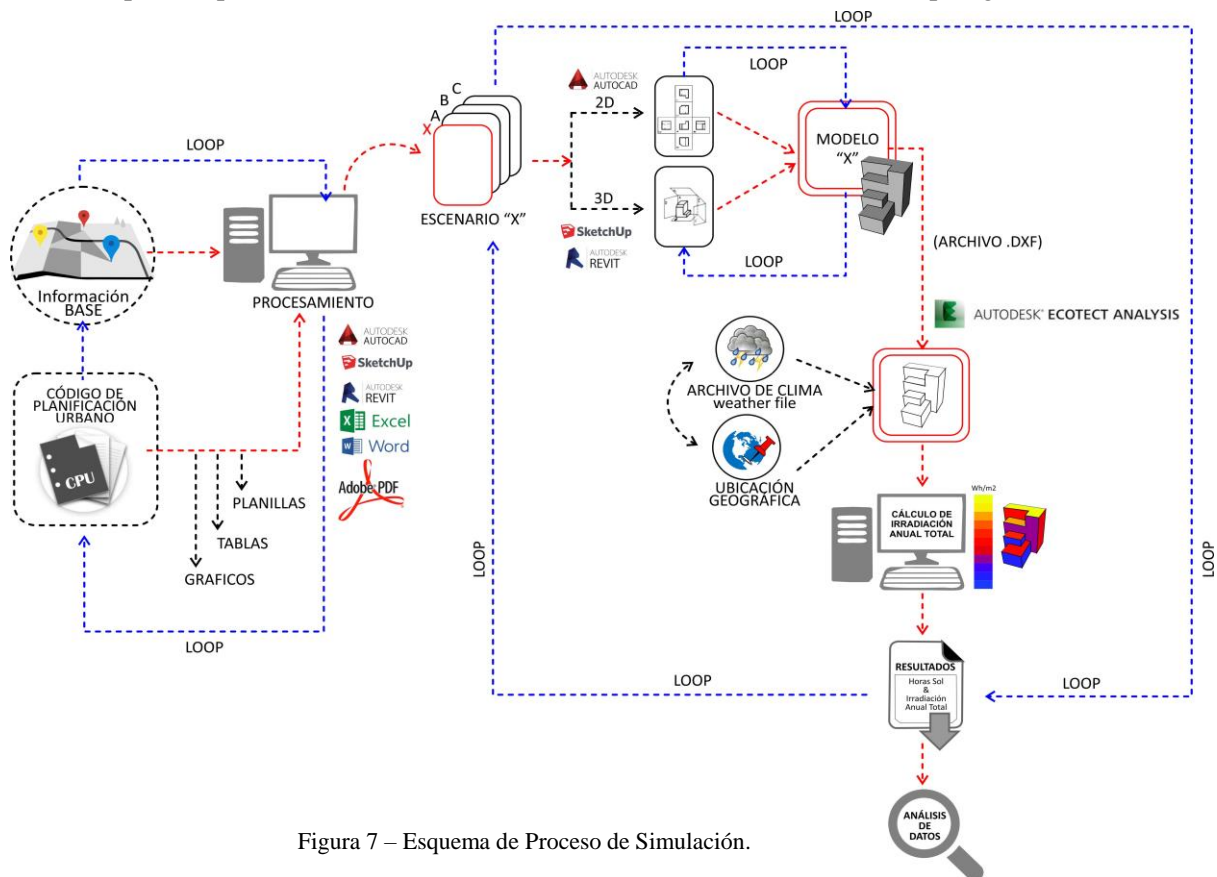


Figura 7 – Esquema de Proceso de Simulación.

Se analiza en un primer paso la información base que se tiene de la cuadrícula de la ciudad, esta información se cruza con lo que propone el CPU para cada sector de la ciudad y así mediante un procesamiento de ésta con diferentes softwares podemos llegar a obtener la cantidad de escenarios necesarios para realizar un estudio exhaustivo sobre la morfología de la ciudad o sector de ciudad seleccionado. Una vez obtenida la información necesaria para cada escenario, se procede al modelado del mismo, tanto en 2D como en 3D (en este punto existe un Loop respecto de modificaciones que se pueden realizar sobre la información base del modelo que deviene en cambios automáticos sobre la morfología 3D del mismo). Por último se realiza el análisis respecto de cálculo de radiación solar y sombras del modelo 3D; en esta instancia interviene como información adicional el archivo de clima de la ciudad estudiada y su ubicación geográfica. Una vez obtenidos los resultados podemos revisar el modelo inicial y realizar modificaciones para obtener distintas alternativas morfológicas para un mismo escenario y así comparar distintos resultados.

4.1. Comparación de escenarios propuestos

Si bien en trabajos previos se toman para el estudio manzanas completas y sectores de la ciudad, para simplificar el proceso de cálculo y acortar los tiempos a fines de este estudio se selecciona una porción de manzana significativa de cada caso y se procede a simular radiación solar sobre la envolvente.

Se toma el patio interno con orientación Norte. Se simula las 4 estaciones del año (21 enero, 21 marzo, 21 junio, 21 diciembre)

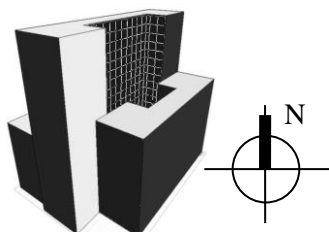


Figura 8 – Imagen Simulada. SECTOR Máxima aérea de construcción por nivel por parcela. MaACNPP

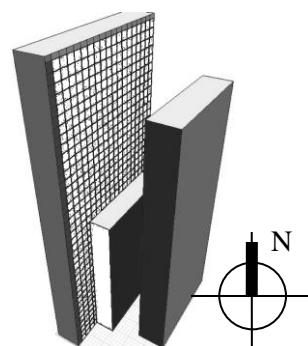


Figura 9 – Imagen Simulada. SECTOR Mínima aérea de construcción por nivel por parcela. MiACNPP

4.1.1. Estudio de patios de luz. Cálculo de porcentaje de área sombreada en patios internos de edificios y centro de manzana para el caso situación actual de manzana EIMaACNPP completa.

Estudio de Geometría Solar				
fecha	Área Sombreada m2	%	Área Soleada m2	%
21 junio	5318,17	91,93	466,87	8,07
21 diciembre	4703,92	81,33	1079,66	18,67

Tabla 1 – Estudio de Centro de Manzana.

Geometría solar para 21 junio y 21 de diciembre, comparación áreas sombreadas EIMaACNPP completa.

La situación frente al acceso solar **en patios de luz** respecto de una situación de edificación compacta resulta desfavorable en los aspectos referidos a saneamiento ambiental por acceso al sol. Se visualiza que lo que el CPU entiende como locales habitables con acceso solar, no cumple con lo que se espera a nivel urbano.

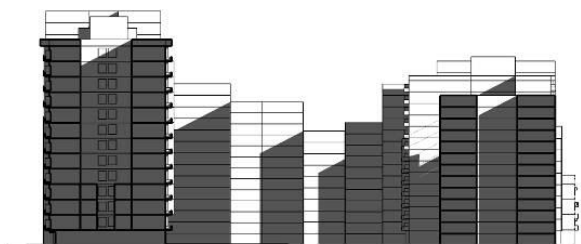


Figura 10 – Estudio de Centro de Manzana. Geometría solar para 21 junio. EIMaACNPP completa.

4.2.1. Cálculo de Radiación solar para Escenario 1: Máxima aérea de construcción por nivel por parcela. MaACNPP

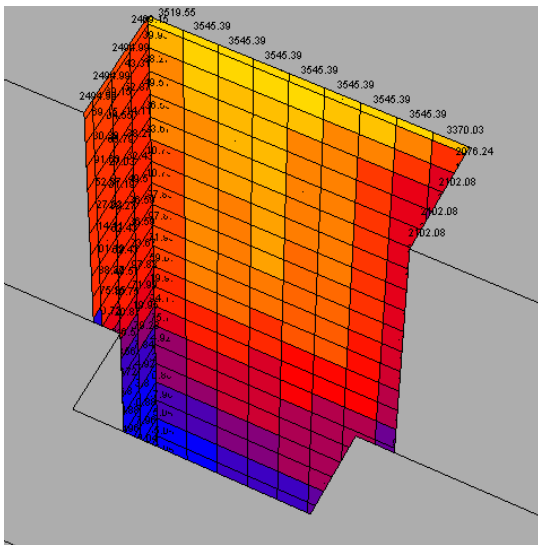


Figura 11 – Máxima – 21 marzo

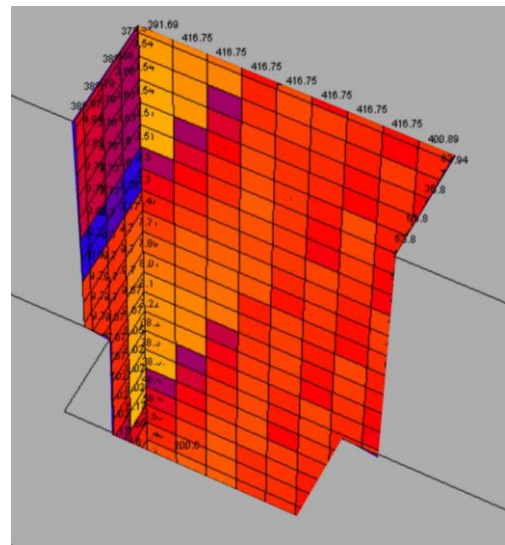


Figura 12 – Máxima – 21 junio

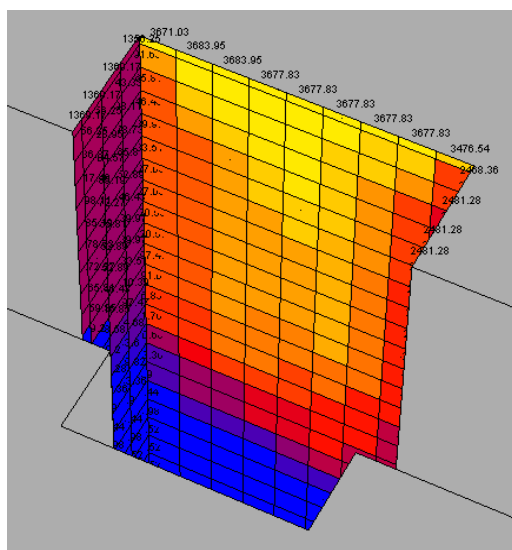


Figura 13 – Máxima – 21 septiembre

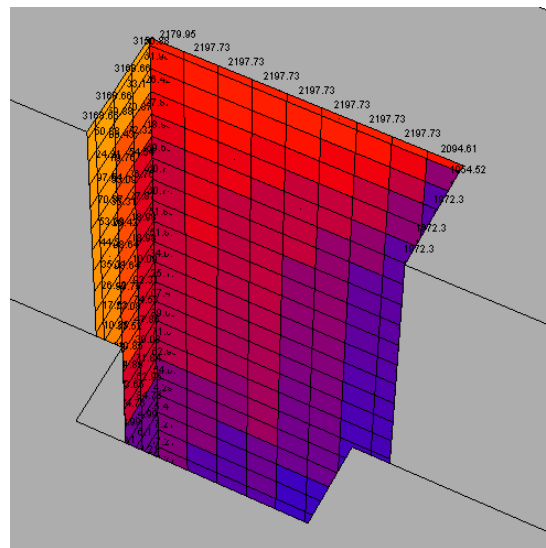


Figura 14 – Máxima – 21 diciembre

Simulamos sobre un mismo escenario, en este caso el Escenario 1: Máxima aérea de construcción por nivel por parcela. MaACNPP, para un día específico, las cuatro estaciones del año. Así obtenemos los resultados de Radiación Total acumulado para cada uno de estos períodos. Podemos observar en los gráficos (Figura 10, 11, 12, 13) como hacia el interior del patio de luz, es decir, hacia los niveles más bajos del edificio, como disminuye claramente la influencia de radiación solar y asimismo el acceso a luz natural llegando a niveles muy bajos (incluso menores al 10% de los valores pico para cada caso).

Radiación Total Acumulada Wh/m2	
fecha	E 1 - MaACNPP
21 marzo	644.384.375
21 junio	289.978.656
21 septiembre	608.123.188
21 diciembre	745.210.123
total de radiación W/m2	2.287.696.342

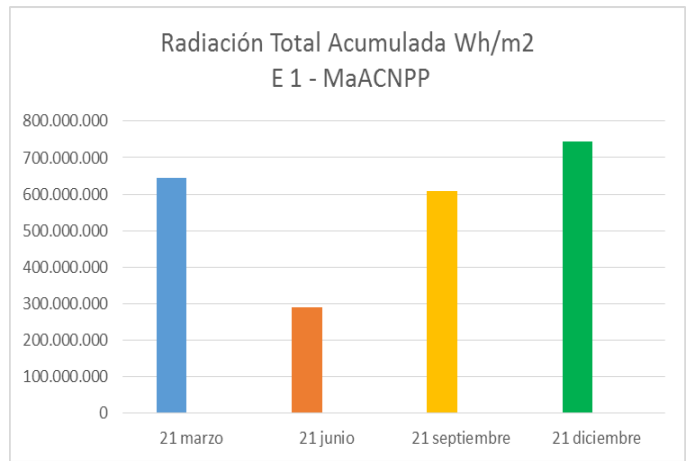


Tabla 2– Escenario 1 MaACNPP:
Total de radiación en las cuatro estaciones del año.

Figura 15 – Radiación Total Acumulada Wh/m2
E1 MaACNPP

Una vez obtenidos los valores totales, se grafican los mismos para comparar las 4 estaciones del año. (Tabla 1, Grafico 1) Para las estaciones de verano y otoño se encuentran los valores más altos, cae en invierno y aumenta nuevamente en primavera. Para el 21 de junio entonces encontramos el valor mínimo que resulta un 38 % del valor máximo alcanzado para diciembre. En la tabla numero 2 podemos ver el extendido anual de los niveles de radiación a lo largo del año, para todos los meses de la propuesta de escenario 1. Luego también podemos analizar qué porcentaje de área sombreada tiene esta superficie o “patio de luz” (tabla 3) alcanzando entre un 53 % para meses de verano a un 69% para meses de invierno, de área sombreada.

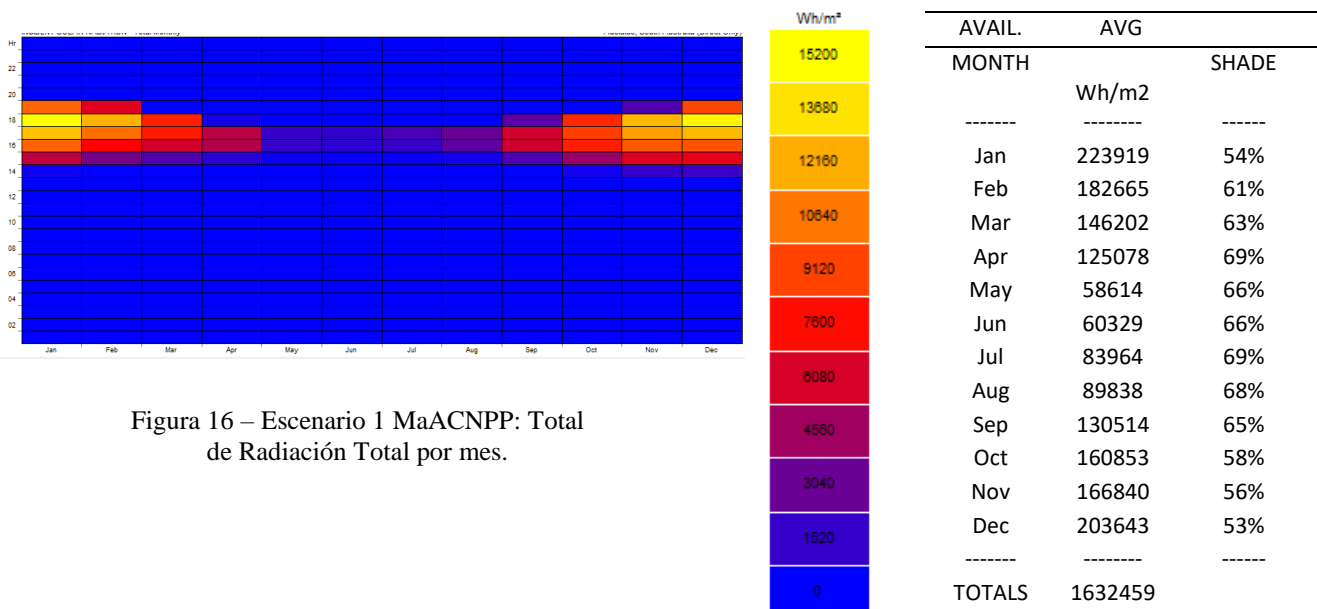


Figura 16 – Escenario 1 MaACNPP: Total de Radiación Total por mes.

Tabla 3 – Escenario 1 MaACNPP: Total de Radiación por mes y porcentaje de superficie sombreada.

3.2.2. Cálculo de Radiación solar para Escenario 2: Mínima aérea de construcción por nivel por parcela. MiACNPP.

De aquí en adelante analizaremos el Escenario 2: Mínima aérea de construcción por nivel por parcela. MiACNPP.

Simulamos entonces cuatro días específicos del año, 21 de marzo, 21 de junio, 21 de septiembre y 21 de diciembre y obtenemos los valores de radiación para cada estación. (tabla 4 y grafico 2).

Podemos ver que para esta propuesta los valores máximos se dan en otoño y primavera, disminuyendo en verano, el mínimo valor 54 % lo obtenemos para los meses de invierno, respecto de la máxima para septiembre. En la tabla numero 5 podemos ver el extendido anual de los niveles de radiación a lo largo del año, para todos los meses de la propuesta de escenario 2.

Luego también podemos analizar qué porcentaje de área sombreada tiene esta superficie o “patio de luz” (tabla 5) alcanzando entre un 72 % para meses de verano a un 70% para meses de invierno, de área sombreada.

Radiación Total Acumulada Wh/m2	
fecha	E 2 - MiACNPP
21 marzo	978.321.333
21 junio	590.379.857
21 septiembre	998.746.111
21 diciembre	870.258.857
total de radiación	3.437.706.158
W/m2	

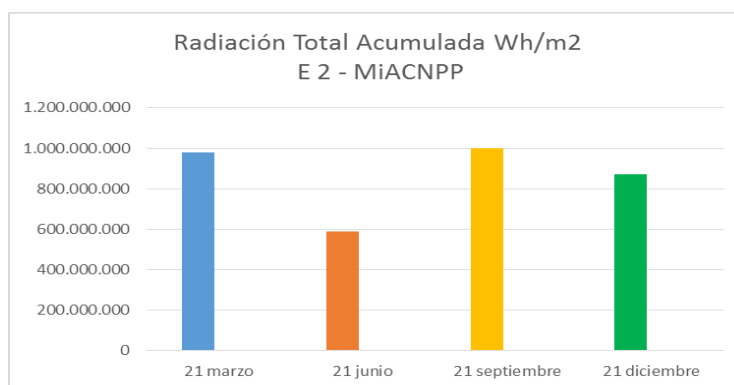


Tabla 4– Escenario 2 MiACNPP: Total de radiación en las cuatro estaciones del año.

Figura 17 – Radiación Total Acumulada Wh/m2 E2 MiACNPP

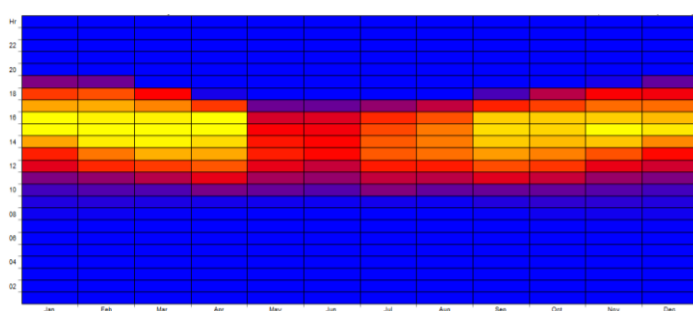
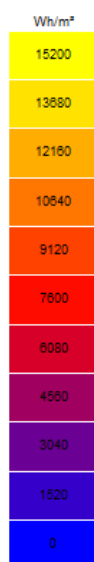


Figura 18– Escenario 2 MiACNPP: Total de Radiación Total por mes.



AVAIL.	AVG	
MONTH	Wh/m2	SHADE
-----	-----	-----
Jan	225479	72%
Feb	184561	72%
Mar	150132	71%
Apr	124601	72%
May	62113	70%
Jun	59053	70%
Jul	83209	71%
Aug	88203	71%
Sep	126525	71%
Oct	159315	71%
Nov	175180	72%
Dec	202172	72%
-----	-----	-----
TOTALS	1640543	

Tabla 6 – Escenario 2 MiACNPP: Total de Radiación por mes y porcentaje de superficie sombreada.

Una vez obtenidos valores para ambos escenarios se grafican y comparan.

La propuesta formal 1 muestra valores más bajos de radiación que la propuesta formal 2, esto puede deberse a que la radiación recibida en el escenario 1 se ve afectado por la morfología (resolución formal más compacta) impidiendo el acceso hacia los niveles más bajos. También el aumento de radiación de la propuesta formal 2 puede deberse al aumento de superficie (área de fachada de edificios exentos y con mayor altura) al tener mayor superficie, pueden recibir mayor cantidad de radiación. Queda estudiar si un amanzanamiento completo de estos edificios en altura arrojaran grandes áreas de sombra sobre ellos mismos, o sobre la manzana linderas.

Radiación Total Acumulada Wh/m2		
	E 1 - MaACNPP	E 2 - MiACNPP
21 marzo	644.384.375	978.321.333
21 junio	289.978.656	590.379.857
21 septiembre	608.123.188	998.746.111
21 diciembre	745.210.123	870.258.857
total de radiación W/m2	2.287.696.342	3.437.706.158

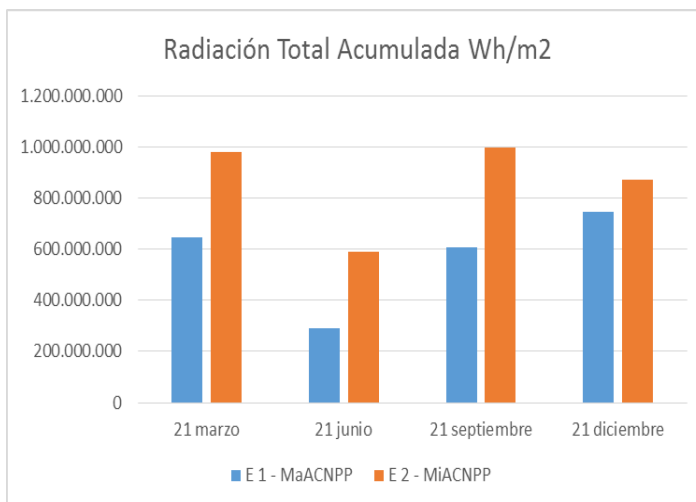


Tabla 7 – Comparación Escenario 1 MaACNPP y Escenario 2 MiACNPP

Figura 19 – Radiación Total Acumulada Wh/m2 comparativa de ambos escenarios E1 MaACNPP y E2 MiACNPP

4. RESULTADOS

En los resultados obtenidos mediante simulación, los gráficos muestran una clara tendencia de disminución de acceso solar en los meses de invierno, y hacia el verano, si bien muestra un aumento en el porcentaje tanto de radiación solar como de disminución de superficie sombreada, las diferencias entre una estación y otra no son muy pronunciadas.

La situación frente al acceso solar **en patios de luz** respecto de una situación de edificación compacta (Escenario 1) o retranqueada en las medianeras (Escenario 2) es variable, debido a la permeabilidad que se produce al despegar un edificio del otro. La Radiación Total anual que recibe una propuesta compacta y baja, donde se respeta una altura homogénea de edificación es mucho más desfavorable que una situación de edificios retranqueados con alturas mucho más variables (y desmedidas en algunos casos), respecto de la factibilidad de captación de radiación solar para la producción de energía limpia.

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos podemos verificar la importancia que posee la morfología urbana y por lo tanto la influencia de los códigos de planificación de la ciudad, en términos de disponibilidad de luz natural y el potencial uso de la irradiación para la generación de energía.

Este planteo surge desde la búsqueda de soluciones estratégicas, ante la necesidad de generar condiciones de habitabilidad en áreas de desborde así como en el interior/exterior de los edificios que hoy parece carecer de soluciones efectivas. Por lo tanto, un proceso simplificado que facilite la vía hacia conclusiones valiosas que unen la morfología y el tamaño de las futuras construcciones es un objetivo valioso buscado por diseñadores. Las posibilidades que brinda la simulación como herramienta de predicción son significativas; simulaciones energéticas realizadas durante las etapas iniciales de diseño tienen el potencial para impactar sobre el consumo de energía a largo plazo.

Los resultados muestran una variedad de circunstancias al relacionar los diferentes escenarios posibles con la irradiación solar. El desarrollo sin restricciones de altura y compacidad afecta el potencial de usar la

radiación solar para diferentes propósitos como la generación de energía; Además afecta particularmente al derecho a la luz natural ya que la mayoría de las superficies de patios recibirán bajos porcentajes de sol en invierno siendo el caso que San Miguel de Tucumán no está lejos del trópico.

Un proceso de simulación sistematizado para analizar las consecuencias de la densificación, producto de la industria de la construcción en curso, aplicando una metodología para investigar los efectos reales de la puesta en práctica de las normas urbanísticas permiten:

- El análisis del potencial de producción de energía limpia a partir de “patios de luz”.
- Pre visualización y estudio de la habitabilidad de las situaciones particulares (patios de edificios de gran altura).
- Verificar que las legislaciones necesitan ser revisadas para poder dar una solución real y efectiva a problemas de diseño y habitabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJMAT, R; 2008 “Precision daylight and thermal modeling of shading devices” PhD Thesis. Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University, Reino Unido, 2007.

BAUISTA, G 2012 Los derechos ciudadanos, Editorial El Ateneo, Buenos Aires 2012.

DANNY HW LI , BEN LP CHONG¹, WILCO WH CHAN² AND JOSEPH C LAM “An analysis of potential applications of wide-scale solar energy in Hong Kong” General Research Fund from the Grant Council of the Hong Kong Special Administrative Region, China [Project no. 9041777 (CityU 116312)]. 2014.

DHWLI * AND TNT LAM “Ananalysis of building energy performances and benefits using solar façades” Building Energy Research Group, Department of Building and Construction, City University of Hong Kong, Hong Kong SAR, People’s Republic of China 2006 – 2008.

WILLEM H. VANDERBURG “Knowledge Infrastructures for Solar Cities” director of the Centre for Technology and Social Development at the University of Toronto, Canada. 2014

YOSEF RAFAQ JABAREEN, “Sustainable Urban Forms Their Typologies, Models, and Concepts” . Journal of Environmental Planning and Management 47 (4): 632-42.

YEKANG KO “Urban Form and Residential Energy Use: A Review of Design Principles and Research Findings” Assistant Professor in the City and Regional Planning Program at the School of Urban and Public Affairs, University of Texas, Arlington. 2015.