

INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO Y EL ENTORNO URBANO DE EDIFICIOS ALTOS EN APARTAMENTOS DEL P.H. CALETA Y DELUXE RESIDENCES

Mariana Cadavid ^{1a}, Ivana de León ^{1b}, Angel Mendieta ^{1c}, Angie Villarreal ^{1d}, Jorge Isaac Perén ^{1,2e}

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño – FADUP, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá.

² Sustainable Building and City Research Group – SusBCity, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá.

^{1a} marianavalentinacavid1999@gmail.com; ^{1b} ivanadeleon12@gmail.com; ^{1c} angelmendieta05@gmail.com;

^{1d} avillarrealq2210@gmail.com; ^{1,2e} jorge.peren@up.ac.pa

RESUMEN: La ventana es uno de los componentes fundamentales de la envoltura de un edificio, ya que establece el nivel de habitabilidad, porque brinda energía, iluminación y ventilación; convirtiéndose así en parte imprescindible de un sistema de acondicionamiento pasivo. El presente trabajo realiza una evaluación de las condiciones de iluminación natural en un apartamento del piso 12 de los edificios P.H. Caleta y Deluxe Residences, a través de simulaciones de asoleamiento. Los resultados indican que el impacto de la radiación solar directa dentro de los ambientes estudiados está altamente influenciado por parámetros de diseño, como los porcentajes de relación ventana-pared recomendados, la notable falta de estrategias de protección solar en sus fachadas y, especialmente, el efecto del entorno urbano en su confort térmico y lumínico. Considerando estos factores, el P.H. Caleta recibe la mayor radiación solar directa, especialmente en sus fachadas principales, orientadas en dirección este-oeste. Además, ambos edificios exceden el porcentaje recomendado por el RES 2019 respecto a la relación ventana-pared.

PALABRAS CLAVES: Desempeño térmico, eficiencia energética, geometría de la ventana, iluminación natural, simulación climática, ventana.

ABSTRACT: The window is one of the fundamental components of the envelope of a building, since it establishes the level of habitability, because it provides energy, lighting and ventilation; thus becoming an essential part of a passive conditioning system. The present work carries out an evaluation of the natural lighting conditions in an apartment on the 12th floor of the P.H. Caleta and Deluxe Residences, through sunning simulations. The results indicate that the impact of direct solar radiation within the studied environments is highly influenced by design parameters, such as the excess of the recommended window-wall ratio percentages, the notable lack of solar protection strategies on their facades and, especially, the effect of the urban environment on its thermal and light comfort. Considering these factors, the P.H. Caleta receives the most direct solar radiation, especially on its main facades, oriented in an east-west direction. In addition, both buildings exceed the percentage recommended by the RES 2019 regarding the window-wall ratio.

KEYWORDS: Thermal performance, energy efficiency, window geometry, natural lighting, climate simulation, window.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño no óptimo de iluminación natural en edificios residenciales puede aumentar en gran medida el consumo de energía de iluminación y afectar la calidad ambiental interior, así como la salud física y mental de los residentes [1]. Generar viviendas bajo la necesidad de garantizar mejores condiciones de rendimiento y habitabilidad ha inclinado los esfuerzos hacia el estudio de estrategias pasivas como el correcto diseño de la envoltura del edificio. Investigaciones [2] afirman que las ventanas, además de permitir la luz natural del día y las vistas al exterior, representan la parte menos eficiente térmicamente

de la envoltura del edificio y, por lo tanto, pueden ser una fuente de luz solar directa no deseada y deslumbramiento incómodo asociado.

Autores internacionales como Amaral et al [3] y Acosta et al [4] demuestran que la calidad ambiental interior se puede mantener proporcionando una ventilación adecuada, a través de parámetros de diseño como la correcta orientación, dimensión, tipo de apertura y forma de la ventana; la topografía del edificio circundante [5]; la relación ventana-pared [6]; entre otros.

El presente estudio nace de la inquietud de ampliar el campo de estudio centrado en la importancia de estos criterios para determinar los niveles de confort ambiental interior de edificios en la ciudad de Panamá; entendiendo que se logró encontrar poca referencia literaria nacional [7-8].

El objetivo general del trabajo es, evaluar y comparar dos edificios en la ciudad de Panamá y sus desempeños con relación a la iluminación natural y radiación solar directa. Evaluar en base a los parámetros establecidos en el Reglamento de Edificación Sostenible para la república de Panamá (RES) aprobado en el 2019 posterior a la construcción de los edificios estudiados. Para esto se describirán las tipologías de ventanas utilizadas en los edificios seleccionados, se estudiarán parámetros de diseño como relación ventana-pared, existencia de elementos de protección solar, y se evaluará el impacto de la radiación solar en ambientes de un apartamento de ambos edificios, de manera aislada y considerando el entorno urbano.

2. METODOLOGÍA

2.1 Selección de edificios a estudiar

El estudio está enfocado en el impacto de la radiación solar en edificios residenciales, de los cuales nos centramos en el P.H. Caleta y Deluxe Residences, en función de:

- Acceso a planos arquitectónicos
- Ubicación en el mismo corregimiento (San Francisco) (ver Figura 1)
- Similar cantidad de recámaras

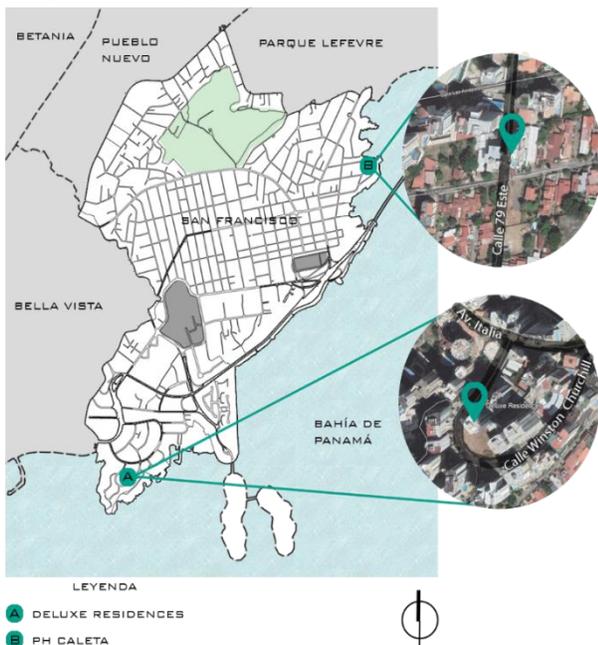


Figura 1. Localización regional del P.H. Caleta y Deluxe Residences

Ubicados ambos en el corregimiento de San Francisco Distrito de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá. Localizado en el sur de la ciudad, con una escasa altitud, colindante con la bahía de Panamá desde el noreste hasta el suroeste, una topografía con poca variación, y vientos predominantes desde el nornoreste (NNO), temperatura media de 29°C durante el año.

El P.H. Caleta es un edificio multifamiliar de 17 pisos, ubicado en Coco del Mar, entre la calle Esther Neira de Calvo y la calle 79 este (ver Figura 2).

Mientras que el Deluxe Residences es un edificio multifamiliar de 42 pisos, ubicado en el centro de Punta Pacífica, en la calle Winston Churchill (ver Figura 2).



Figura 2. Vistas de edificios estudiados

2.2 Descripción y análisis de ventanas

Se elaborará una tabla con base en la clasificación de ventanas de Fenelly y Perry [9], donde se describirá la tipología de las ventanas en los diferentes ambientes de los apartamentos estudiados, elementos de protección de la incidencia solar, el factor de protección que generan, y su relación ventana/pared tomando como base los valores estipulados en el RES 2019 como parámetro inicial de evaluación y análisis.

2.3 Producción de modelados 3D en computadora

Utilizando como referencia las plantas y secciones disponibles vía web en el Archivo Digital Arquitectura Panamericana y fotografías realizadas por el fotógrafo Fernando Alda, se modelaron ambos edificios en el programa de modelado 3D Google Sketchup instalado en una computadora de uso personal con las siguientes especificaciones: Laptop Asus K556U, CPU Intel Core i7-7500u, 12gb de memoria RAM, GPU NVidia 940mx; Cabe recalcar que no se contaba con tablas de especificaciones de ventanas; por ende, el trabajo de modelado fue guiado

mayormente por la interpretación de planos y la referencia de fotografías recuperadas en internet.

Se realizó, además, un estudio de los parámetros de diseño en los edificios como: relación ventana-pared, factores de protección y presencia de quiebra soles, basados en las variables utilizadas en el estudio de Chi et al [10] y las recomendaciones incluidas en el Reglamento de Edificación Sostenible de Panamá de 2019, aun cuando esta sea aplicada solamente en edificaciones nuevas. Resulta necesario destacar, además, que el RES 2019 no exige factor de protección solar en fachadas norte y este; sin embargo, en este estudio sí se tomaron en cuenta ya que se consideran necesarias.

2.4 Simulación de asoleamiento

Guiados por el trabajo de Salih et al. [7], se produjeron simulaciones mediante el uso del software Andrew Marsh - 3D Sun Path, para evaluar el comportamiento del sol dentro de un apartamento en diferentes horas del día, realizando una comparación entre una simulación de la incidencia solar del apartamento aislado con una simulación que considerara el entorno urbano de los edificios y su impacto de la radiación solar dentro del apartamento. Para la validación de dicha metodología y su correcta geolocalización se realizaron fotografías a los edificios estudiados y se comparó con los modelos 3D generados utilizados para comparar las sombras proyectadas en el día y hora de la captura de la foto.

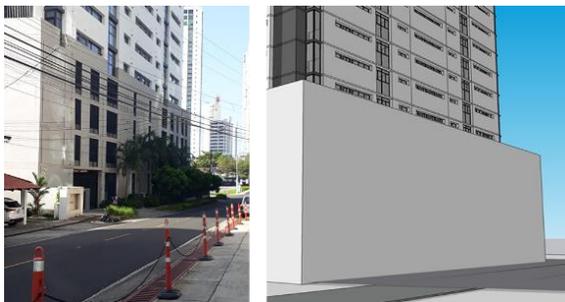


Figura 3. Validación de simulación de sombras del P.H. Caleta



Figura 4. Validación de simulación de sombras del Deluxe Residences

3. RESULTADOS

3.1 Implantación y orientación del P.H. Caleta y Deluxe Residences

La optimización de la orientación e implantación de un edificio para aprovechar y controlar los recursos naturales disponibles como el viento, el sol y la lluvia es una estrategia fundamental de cara a la reducción de los consumos energéticos y la mejora del desempeño térmico.

El P.H. Caleta se encuentra ubicado paralelo a la parte frontal del terreno. Sus fachadas principales están ubicadas en dirección este y oeste, siendo estas las que reciben mayor incidencia solar y, las que mayor cantidad de ventanas tienen. En cambio, las fachadas laterales, más angostas, están orientadas en dirección norte y sur (ver Figura 5).

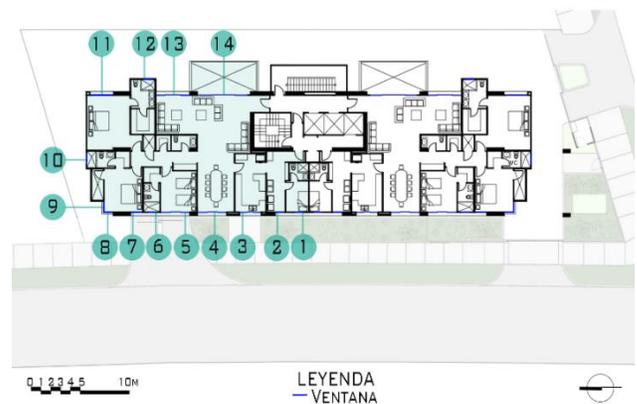


Figura 5. Localización general del P.H. Caleta

A diferencia del P.H. Caleta, las fachadas principales del Deluxe Residences son las más angostas y están ubicadas en dirección noroeste y sureste, las fachadas laterales, más largas, están orientadas en dirección noreste y suroeste, siendo estas las más expuestas a la radiación solar (ver Figura 6).



Figura 6. Localización general del Deluxe Residences

3.2 Análisis de ventanas de un apartamento del P.H. Caleta y Deluxe Residences

El comportamiento de las ventanas, en cuanto a sus características (forma, dimensionamiento, sistema de apertura) y las variables que entran en juego en estas (orientación, posición y materialidad) es información a tener en cuenta a la hora de realizar un estudio sobre el confort térmico de un edificio.

La mayoría de ventanas del apartamento estudiado del P.H. Caleta, ubicado en el piso 12, se encuentran en dirección este-oeste, siendo estas las que reciben mayor incidencia solar. Estas corresponden a las zonas de estar y de descanso (ver Figura 7).

Analizando la descripción de las ventanas (ver Tabla 1), encontramos que las correspondientes a los espacios comunes, como sala de estar y sala-comedor, son las de mayor dimensión. La sala-comedor presenta ventilación cruzada gracias al uso de ventanas en paredes opuestas. Se puede apreciar el uso de ventanas de tipología mixta. En cuanto a diseño arquitectónico, no se implementó el uso de quiebra soles, y la gran mayoría de los aleros son de muy pequeñas dimensiones.

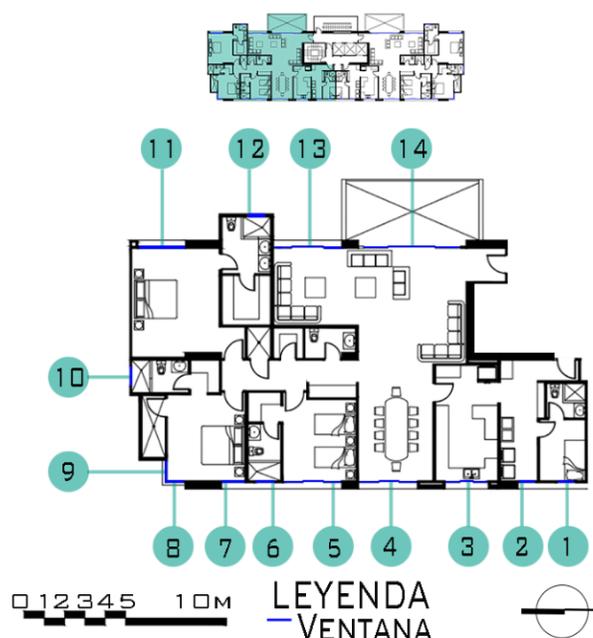


Figura 7. Localización de ventanas del P.H. Caleta

Tabla 1. Descripción de ventanas del P.H. Caleta

Apartamento 12, Edificio PH Caleta, Orientación N													
# DE VENTANA	VENTANAS					ELEMENTOS DE SOMBRA					RELACIÓN VENTANA/PARED		
	TIPO	DIMENSIÓN	ORIENTACIÓN	AMBIENTE	VENTILACIÓN CRUZADA	QUIEBRA SOLES	ALERO	BALCON	DIMENSIÓN DE ALERO O BalcÓN	FACTOR DE PROTECCIÓN (alero/altura de sombra)	ÁREA DE PARED(m)	ÁREA DE VENTANA (m)	PORCENTAJE área de ventana/área de pared
1	Guillotina	0.60 x0.95	O	CTO SERV	NO	NO	SÍ	NO	0.35 m	0.36	2.95	0.57 m	0.19%
2	Corrediza	0.60 x0.93	O	LAVANDERÍA	NO	NO	SÍ	NO	0.35 m	0.37	2.84 m	0.55 m	0.19%
3	Corrediza con paños fijos	0.60 x2.16	O	COCINA	NO	NO	SÍ	NO	0.35 m	0.16	6.60 m	1.29 m	0.19%
4	Corrediza	3.06 x2.92	O	COMEDOR	SÍ	NO	SÍ	NO	0.35 m	0.12	11.26 m	8.93 m	0.79%
5	Corrediza	.60 x 2.91	O	REC TERC	NO	NO	SÍ	NO	0.30 m	0.10	8.90 m	1.74 m	0.19%
6	Guillotina	.60 x 1.00	O	BAÑO REC SEC	NO	NO	NO	NO	0.30m	0.30	5.81 m	0.60 m	0.10%
7	Guillotina	.60 x 1.17	NO	REC SEC	NO	NO	SÍ	NO	.30 m	0.26	3.58 m	0.70 m	0.19%
8	Fija	3.06 x 1.10	NO	REC SEC	NO	NO	SÍ	NO	0.13 m	0.11	3.36 m	3.36 m	1%
9	Fija	3.06 x 1.10	N	REC SEC	NO	NO	SÍ	NO	0.13 m	0.11	3.36 m	3.36 m	1%
10	Guillotina	.60 x 1.00	N	BAÑO REC SEC	NO	NO	NO	NO	--	--	6.40m	0.60 m	0.10%
11	Guillotina con paño fijo	3.06 x 2.35	NE	REC PPAL	NO	NO	SÍ	NO	0.35m	0.14	13.15m	7.19 m	0.54%
12	Guillotina	.60 x 1.00	E	BAÑO REC PPAL	NO	NO	NO	NO	--	--	23.25m	0.60 m	0.02%
13	Corrediza con paño fijo	3.06 x 3.37	NE	SALA	SÍ	NO	SÍ	NO	0.35 m	0.10	10.3m	10.31 m	1%
14	Corrediza	3.06 x 4.80	NE	SALA	SÍ	NO	SÍ	SÍ	3.30 m	0.1	21.9m	14.68 m	0.60%

En el caso del apartamento ubicado en el piso 12 del edificio Deluxe Residences, las ventanas de mayor tamaño del apartamento corresponden a la sala-comedor y la recámara principal. Las ventanas de la sala están ubicadas en dirección noreste, siendo estas las más impactadas por la incidencia solar; mientras que las de la recámara principal están ubicadas en dirección sureste (ver Figura 8).

Analizando la descripción de las ventanas (ver Tabla 2), encontramos que las ventanas de la mayoría de las zonas son de tipo corredizas, y las de mayores dimensiones se encuentran en la sala de estar, sala-comedor, y recámara principal. La sala-comedor cuenta con ventilación cruzada gracias al uso de ventanas adyacentes. En su diseño arquitectónico se destaca el uso de balcones lo que brinda cierta protección contra la incidencia solar del edificio. No se implementó el uso de quebra soles.

Las conexiones de ventana a pared son especialmente importantes y pueden contribuir hasta en un 40% de la pérdida total de calor causada por los puentes térmicos en la envolvente del edificio [6].

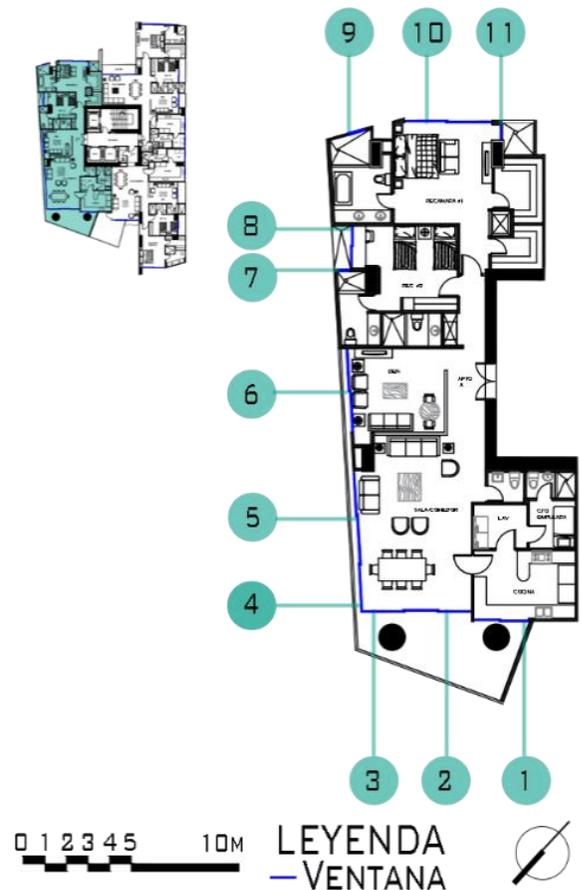


Figura 8. Localización de ventanas del Deluxe Residences

Tabla 2. Descripción de ventanas del Deluxe Residences

Apartamento 12, Edificio Deluxe Residence, Orientación NE													
# DE VENTANA	VENTANAS					ELEMENTOS DE SOMBRA				FACTOR DE PROTECCIÓN (alero/altura de sombra)	RELACIÓN VENTANA/PARED		
	TIPO	DIMENSIÓN	ORIENTACIÓN	AMBIENTE	VENTILACIÓN CRUZADA	QUIEBRA SOLES	ALERO	BALCÓN	DIMENSION DE ALERO O BALCÓN		ÁREA DE PARED(m)	ÁREA DE VENTANA (m)	PORCENTAJE área de ventana/área de pared
1	Corrediza	2.54 x 1.30	NO	COCINA	NO	NO	SÍ	NO	2.50	1.92	8.04	3.31	0.41%
2	Corrediza con cristal fijo superior	3.10 x 3.00	NO	COMEDOR	SÍ	NO	NO	SÍ	2.98	0.98	9.30	9.30	1%
3	Fija	2.00 x 3.00	NO	COMEDOR	SÍ	NO	NO	SÍ	2.05	0.10	6.00	6.00	1%
4	Fija	2.10 x 2.60	NE	SALA	NO	NO	NO	SÍ	0.31	0.10	5.46	5.46	1%
5	Corrediza	4.40 x 2.60	NE	SALA	NO	NO	NO	SÍ	0.26	0.10	11.44	11.44	1%
6	Corrediza	3.89 x 3.00	SE	SALA DE ESTAR	NO	NO	NO	NO	0.26	0.10	17.04	11.67	0.68%
7	Corrediza	0.62 X 1.15	E	BAÑO REC SEC	NO	NO	SI	NO	0.80	0.69	2.31	0.71	0.30%
8	Corrediza	1.95 x 1.50	E	REC SEC	NO	NO	SI	NO	0.83	0.55	5.85	2.92	0.49%
9	Corrediza	0.84 x 1.15	SE	BAÑO REC PPAL	NO	NO	NO	NO	--	--	6.72	0.97	0.14%
10	Corrediza con cristal fijo inferior	4.05 x 3.00	SE	REC PPAL	NO	NO	NO	NO	--	--	15.30	12.15	0.79%

La Figura 9 y la Figura 10 muestran la relación ventana-pared de los edificios. Encontramos que la fachada oeste (frontal) del PH. Caleta donde se concentran los espacios sociales de los apartamentos posee la mayor cantidad de área vidriada, en comparación a la fachada norte (lateral). El RES 2019 dicta que la proporción de ventana-pared no debe exceder el 40% para edificios residenciales; por lo cual la fachada oeste excede el nivel recomendado en un 17.68% (ver Figura 9).

Mientras que, la fachada noroeste (frontal) del Deluxe Residences es la que mayor cantidad de ventanas tiene, con relación a la fachada noreste (lateral), sobrepasando el 40% de área vidriada recomendada por el RES 2019 en un 14.33% (ver Figura 10).

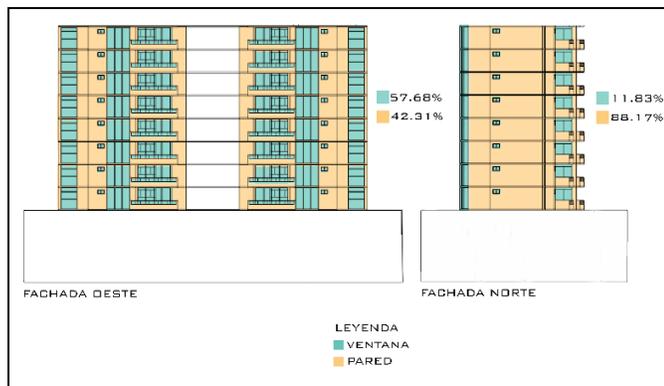


Figura 9. La relación de ventana-pared del P.H. Caleta

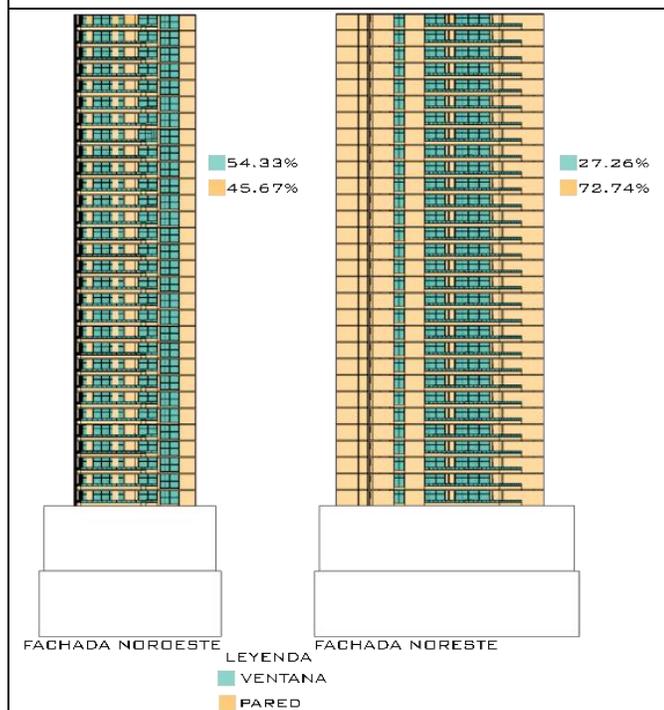


Figura 10. La relación de ventana-pared del Deluxe Residences

3.3 Estudio de la incidencia solar en un apartamento de los edificios

A través de los modelos 3D generados por computador geolocalizados y las simulaciones de asoleamiento realizadas con el software 3D Sun-Path del Dr. Andrew J. Marsh, se realizó un estudio de la incidencia solar en dos apartamentos en el piso 12 de ambos edificios, basado en dos variables importantes: efecto del sol en el apartamento analizado de manera aislada y considerando el entorno urbano, para evaluar el efecto que tienen los edificios adyacentes en el confort térmico de los ambientes. Las simulaciones se realizaron tomando con fecha el día 21 de julio de 2021 .

3.3.1 P.H. Caleta

En el período de la mañana (8:00 a.m.), las sombras dentro del apartamento aislado, en el piso 12, se generan hacia las recámaras secundarias, comedor y áreas de servicios; mientras que la recámara principal y la sala reciben mayor incidencia solar (ver Figura 11). Sin embargo, si consideramos el entorno urbano durante esta misma hora, el apartamento estudiado, ubicado en dirección norte, recibe sombra del edificio adyacente, disipando la entrada de luz directa. (ver Figura 12).

En el período del mediodía, (12:00 m.d.), en el apartamento aislado en el piso 12, existe poca entrada de luz directa. Las sombras generadas cubren la mayoría del apartamento, pues el sol se posiciona justo sobre la torre en esa hora (ver Figura 11).

De igual manera, considerando el entorno urbano a esta misma hora, hay poca entrada de luz directa hacia el interior del apartamento estudiado y ninguna sombra generada por parte de los edificios adyacentes en el piso estudiado (ver Figura 12).

En el período de la tarde (4:00 p.m.), las sombras dentro del apartamento aislado, en el piso 12, se generan hacia las zonas de descanso; mientras que la mayor incidencia solar la recibe el comedor (ver Figura 11). Si realizamos el estudio, considerando el entorno urbano, a esta misma hora, la fachada norte, donde se ubica el apartamento estudiado, no recibe luz solar directa gracias a la influencia de su entorno. (ver Figura 12).

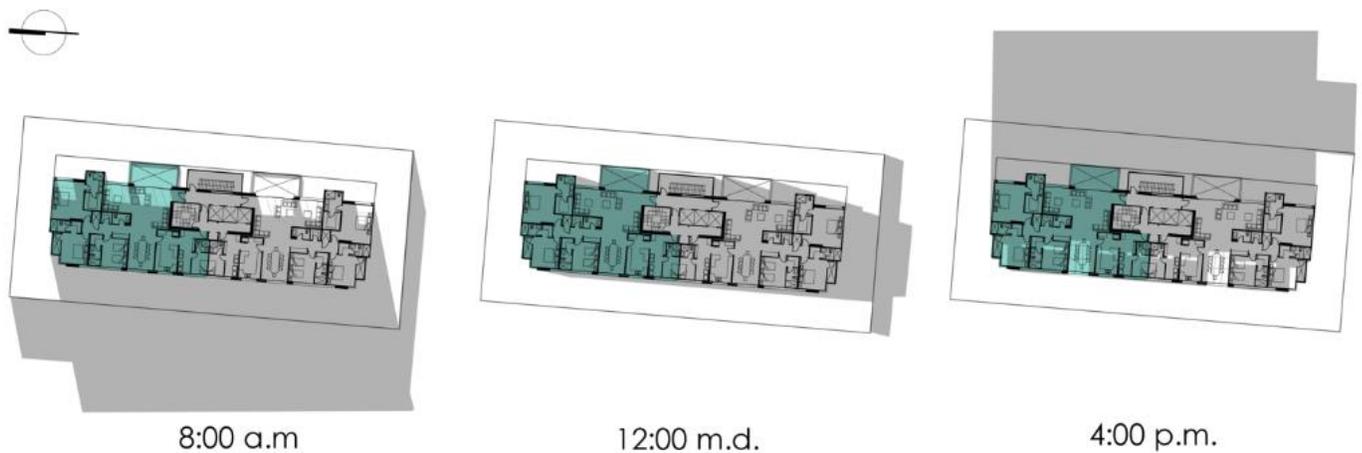


Figura 11. Sombras dentro del apartamento aislado (piso 12) del P.H. Caleta en diferentes horas del día

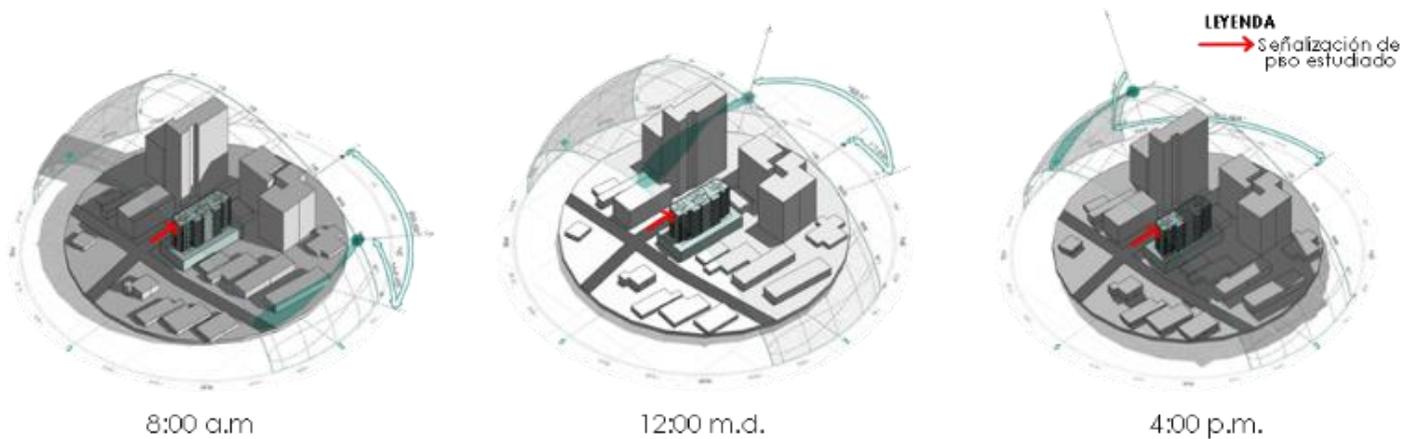


Figura 12. Soleamiento del P.H. Caleta considerando entorno urbano en diferentes horas del día

3.3.2 Deluxe Residences

En el período de la mañana (8:00 a.m.), las sombras dentro del apartamento aislado, en el piso 12, se generan hacia la recámara secundaria, áreas de servicios, baños; mientras que la recámara principal, las salas, comedor y balcón reciben mayor incidencia solar (ver Figura 13). Sin embargo, si consideramos el entorno urbano durante esta misma hora, el impacto solar hacia el apartamento estudiado, orientado en la fachada noreste, es obstruido por los edificios del entorno, ya que este se encuentra ubicado en niveles inferiores (ver Figura 14).

En el período del medio día (12:00 m.d.), las sombras dentro del apartamento aislado, en el piso 12, se generan en la totalidad del apartamento, ya que el sol se posiciona justo sobre la torre en esa hora. (ver Figura 13). De igual manera, considerando el entorno urbano a esta misma hora, el Deluxe

Residences y los edificios contiguos reciben gran parte de la incidencia solar en el techo. De esta manera, se genera poca entrada de luz directa hacia el interior del apartamento estudiado (ver Figura 14).

En el período de la tarde (4:00 p.m.), las sombras dentro del apartamento aislado, en el piso 12, se generan hacia las zonas de descanso y de servicio; mientras que la mayor incidencia solar la recibe el comedor y el balcón (ver Figura 13) . Si realizamos el estudio, considerando el entorno urbano, a esta misma hora, la fachada noreste donde se ubica el apartamento estudiado no recibe la entrada de luz directa, la cual es generada desde el oeste y es obstruida por las torres vecinas (ver Figura 14).

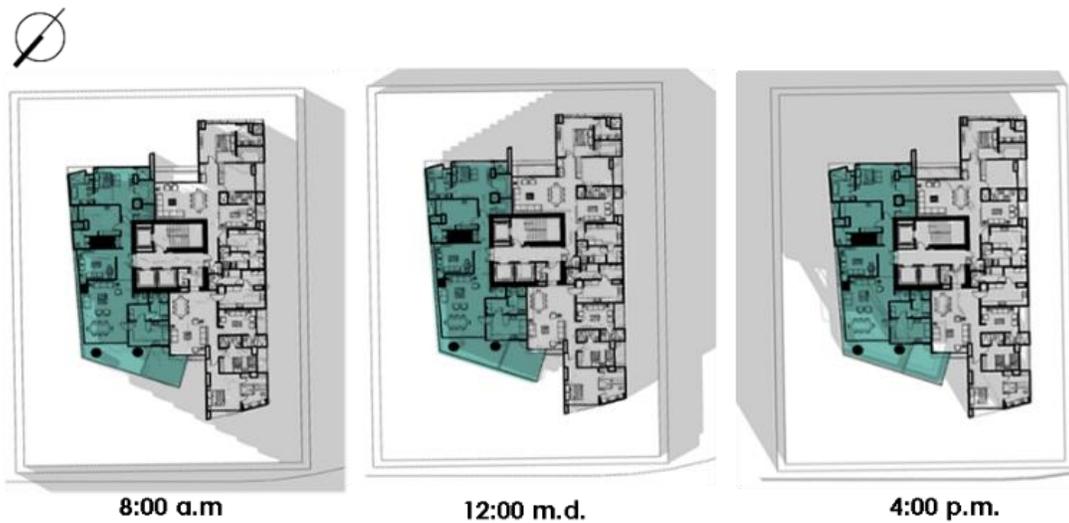


Figura 13. Sombras dentro del apartamento aislado (piso 12) del Edificio Deluxe Residences en diferentes horas del día

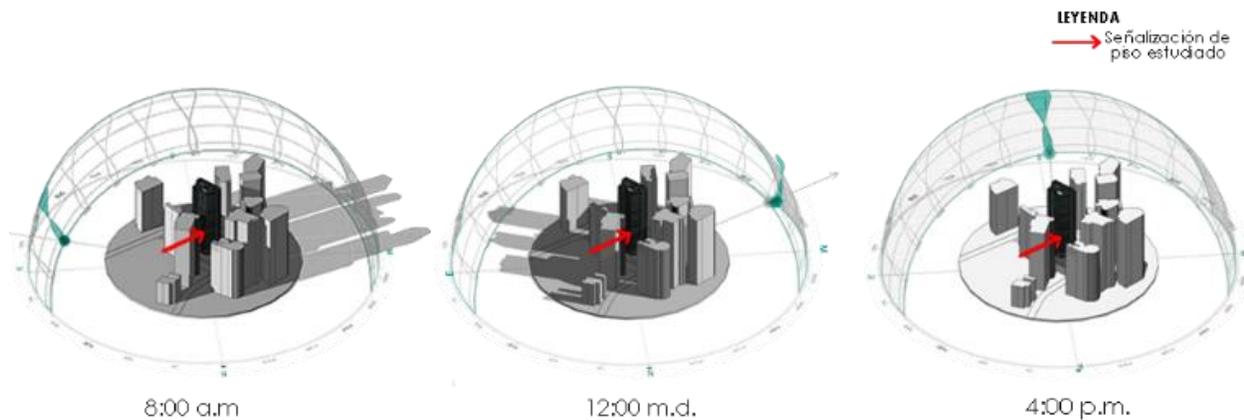


Figura 14. Soleamiento del Edificio Deluxe Residences considerando entorno urbano en diferentes horas del día

3.3.3 Estudio de la incidencia solar en un ambiente de los apartamentos estudiados

Estudiando la proyección de luz solar dentro de la recámara principal del apartamento estudiado en el P.H. Caleta se observa que solo a las 8:00 a.m. y 10:00 a.m. los rayos del sol logran entrar a la habitación. En el resto de las horas del día no recibe entrada de luz directa. (ver Figura 15).

Mientras que en la habitación del Deluxe Residences se observa que a las 8:00 a.m. se da la entrada de luz dentro de la habitación, mientras que en las horas siguientes el sol cambia su posición y no incide dentro del espacio (ver Figura 16).



Figura 15. Proyección de luz solar dentro de la habitación principal del apartamento estudiado - PH Caleta



Figura 16. Proyección de luz solar dentro de la habitación principal del apartamento estudiado - Deluxe Residences

4. DISCUSIONES

El entorno urbano resultó de gran influencia en el estudio del impacto de la radiación solar. El P.H. Caleta se encuentra en una zona con edificaciones de baja y mediana altura con pocos edificios altos. Mientras que el Deluxe Residences se encuentra rodeado de edificios de gran altura. Es por esta razón, que en comparación con el Deluxe Residences, el P.H. Caleta recibe la mayor incidencia solar directa en sus fachadas.

Se pudo observar que las fachadas de mayor tamaño recibían el impacto de la radiación solar en las mañanas y que el entorno urbano afectaba positivamente el confort térmico de ambos edificios, ya que brindaba sombra a los espacios que recibirían incidencia solar en los apartamentos estudiados. No se utilizó ningún tipo de elemento de protección solar en las fachadas, sin tomar en cuenta el clima del área de emplazamiento de los edificios, donde la incidencia solar es alta. Se sugiere para futuros diseños de edificaciones tomar en cuenta la inclusión de elementos de protección solar para mejorar el confort térmico de los usuarios y reducir el consumo energético generado por sistemas de climatización.

Cuando se realizó la descripción de ventanas de los edificios estudiados, no hubo acceso a cuadro de especificaciones de ventanas. Además, no se obtuvo acceso a información de la mano de residentes o resultados basados en estudios de campo. Por esto se recomienda la debida continuación a estudios de impacto de radiación solar, ventilación y mediciones de luminosidad, que puedan reforzar las conclusiones realizadas.

5. CONCLUSIONES

- El PH. Caleta recibe mayor incidencia solar en su fachada frontal y posterior este-oeste. En ninguna de estas se implementan criterios de diseños de protección solar directa, principalmente en la fachada frontal. Mientras que, en las fachadas laterales, que son las que menos radiación solar reciben, tienen una relación ventana-pared baja.
- Las fachadas del Deluxe Residences con mayor incidencia solar son las laterales, ubicadas en dirección noreste-suroeste. A estas se le implementaron pequeños aleros y paredes sobresalientes, que no logran cumplir con su función de estrategia de protección.
- Ambos edificios cuentan con amplias ventanas, de tipología variada para el P.H. Caleta y corredizas para el Deluxe Residences, con poca protección solar.
- Según el RES 2019, el factor de protección solar recomendado es de 0, como valor bajo, a 0.30, como valor alto, ambos valores escasos para el clima e incidencia solar de Panamá. El rango de factor de protección solar del P.H. Caleta ronda entre los 0.10 y 0.37, cumpliendo con los valores recomendados. Para el Deluxe Residences, el rango de factor de protección solar es de 0.10-1.92, excediendo lo recomendado.
- Según el RES 2019, el área vidriada en un edificio residencial no debe sobrepasar el 40%, en relación con la pared; sin embargo, en el P.H. Caleta, la fachada frontal con orientación oeste, sobrepasa este porcentaje, siendo la fachada con mayor incidencia solar. De igual forma, en el Deluxe Residences, la fachada frontal sobrepasa el 40% recomendado.
- Los apartamentos estudiados se ven beneficiados por su entorno urbano. La habitación principal del apartamento del P.H. Caleta, en el piso 12, recibiría de manera aislada la mayor incidencia solar en las horas de la mañana (8:00 a.m. y 10:00 a.m.); sin embargo, logra recibir sombreado del edificio al noreste, contrarrestando así la entrada de luz directa.
- La habitación principal del apartamento estudiado del Deluxe Residences, que se encuentra ubicado en dirección sureste, en la simulación aislada, recibe la mayor incidencia solar en la mañana; sin embargo, el espacio se ve beneficiado por la presencia de los edificios de su entorno, ya que estos le generan sombras.

AGRADECIMIENTO

Este estudio es parte del Proyecto de investigación y Desarrollo (i+D), denominado #MUVEE PANAMA, liderado por el Investigador Principal (IP) Dr. Jorge Isaac Perén y financiado por SENACYT.

Se agradece también a los investigadores del proyecto #MUVEE PANAMA Denisse Medina y José Ojeda, quienes fueron asistentes del SusBCity Lab 21.1 junto a la asignatura de Metodología de la Investigación.

REFERENCIAS

- [1] M. Zhen, Y. Du, F. Hong, and G. Bian, “Simulation analysis of natural lighting of residential buildings in Xi’an, China”, *Science of The Total Environment*, vol. 690, pp. 197–208, 2019.
- [2] F. Feng, N. Kunwar, K. Cetin, and Z. O’Neill, “A critical review of fenestration/window system design methods for high performance buildings”, *Energy and Buildings*, vol. 248, pp. 111–184, 2021.
- [3] A. R. Amaral, E. Rodrigues, A. R. Gaspar, and Á. Gomes, “A thermal performance parametric study of window type, orientation, size and shadowing effect”, *Sustainable Cities and Society*, vol. 26, pp. 456–465, 2016.
- [4] I. Acosta, M. Á. Campano, and J. F. Molina, “Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces”, *Applied Energy*, vol. 168, pp. 493–506, 2016.
- [5] D. Prakash and P. Ravikumar, “Analysis of thermal comfort and indoor air flow characteristics for a residential building room under generalized window opening position at the adjacent walls”, *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 4, no. 1, pp. 42–57, 2015.
- [6] C. Misiopceki, M. Bouquin, A. Gustavsen, and B. P. Jelle, “Thermal modeling and investigation of the most energy-efficient window position”, *Energy Build.*, vol. 158, pp. 1079–1086, 2018.
- [7] J. Salih, P. Pino, B. Rodríguez, N. Uribe, y J. Perén, “Estudio del diseño del conjunto P.H. Central Park y su influencia en el confort ambiental de uno de sus apartamentos,” *SusBCity*, vol. 2, no. 1, pp. 59-64, 2021.
- [8] M. Castillo, K. Carrizo, A. Da Silva, D. Mora, y M. Chen, “Evaluación del rendimiento térmico y estrategias bioclimáticas de un edificio Universitario en clima tropical húmedo”, *Revista de Iniciación Científica*, vol. 7, pp. 16-23, 2021.
- [9] L. J. Fennelly and M. A. Perry, “Glass and windows”, *Handbook of Loss Prevention and Crime Prevention*, vol. 34, pp. 419–424, 2020.
- [10] F. Chi, Y. Wang, R. Wang, G. Li, and C. Peng, “An investigation of optimal window-to-wall ratio based on changes in building orientations for traditional dwellings”, *Solar Energy*, vol. 195, pp. 64–81, 2020.

Fecha de recepción: 23 de julio de 2021

Fecha de aceptación: 15 de octubre de 2021