

EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN NATURAL Y DEL RENDIMIENTO DE QUIEBRASOLES EN EL EDIFICIO DE OFICINAS 205 - SENACYT

Beitia Jacqueline ^{1,a}, Gonzalez Adrian ^{1,b}, Guardia Benjamin ^{1,c}, Guerra Alvaro ^{1,d}, Jorge Peren ^{1,2e}

¹Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño - FADUP

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

jacquieb243@gmail.com^{1,a}, agonzalesdohm@gmail.com^{1,b}, benjaminguardiaf@gmail.com^{1,c}, alvaroguerra23@gmail.com^{1,d}, jorge.peren@up.ac.pa^{1,2e}

Resumen

Panamá enfrenta grandes retos asociados con la incorporación de preceptos de sostenibilidad, de los cuales la construcción sostenible es fundamental para impulsar el crecimiento económico y también para llevar adelante las estrategias de adaptación al cambio climático. Un adecuado diseño de los cerramientos (envolvente) de una edificación permitirá el máximo aprovechamiento de la iluminación natural difusa y servirá de protección contra la radiación solar directa. Las protecciones solares, caso de los quebra soles, reducen el sobrecalentamiento interno de los ambientes y además pueden facilitar la entrada de la luz natural difusa y redireccionar los rayos solares hacia el interior. El presente estudio evalúa el desempeño de la iluminación natural en función de variables, como la envolvente (quebra soles), en el edificio 205 de Ciudad del Saber, donde están las oficinas de Senacyt. Además, se estudia si la vegetación localizada al frente de una de sus fachadas interfiere en los niveles de iluminación interna. Se realizaron mediciones con luxómetros y se verificaron los niveles de iluminación con base en la norma europea EN12464-1, la cual especifica que las oficinas deben tener valores mínimos de 500 lux. Los resultados indicaron que dos de las cuatro salas evaluadas cumplen con los niveles mínimos exigidos por la norma. La sala 101 tiene un máximo de 505 lux; la sala de servicios generales: 375 lux; la sala 206: 596 lux y la sala 329: 444 lux.

Palabras clave Iluminación natural, quebra soles, árboles, ventanas, intensidad de lux.

Abstract

Panama faces major challenges associated with the incorporation of sustainability precepts, of which sustainable construction is essential to boost economic growth and also to carry out climate change adaptation strategies. An adequate design of the enclosures (envelope) of a building will allow maximum use of diffused natural lighting and will serve as protection against direct solar radiation. Sunscreens, in the case of bankrupt soles, reduce the internal overheating of the environments and can also facilitate the entry of diffused natural light and redirect the sun's rays inwards. The present study evaluates the performance of natural lighting based on variables, such as the envelope (bankrupt suns), in building 205 of the City of Knowledge, where the Senacyt offices are located. In addition, it is studied whether the vegetation located in front of one of its facades interferes with the levels of internal lighting. Measurements were made with luxometers and the lighting levels were verified based on the European standard EN12464-1, which specifies that offices must have minimum values of 500 lux. The results indicated that two of the four rooms evaluated meet the minimum levels required by the standard. Room 101 has a maximum of 505 lux; the general service room: 375 lux; room 206: 596 lux and room 329: 444 lux.

Keywords Natural lighting, Shading devices, trees, windows, lux intensity.

1. Introducción

Los edificios consumen el 40% de la energía mundial, por lo que la iluminación artificial es uno de los factores que más impacto tiene en el consumo energético en edificios de oficina [1]. Existen muchos factores que influyen en la demanda de iluminación artificial durante el día, tales como la fluctuabilidad de los niveles de iluminación externos (cielo), el comportamiento de los ocupantes en función de la edad, el horario de actividades diarias, la ubicación y orientación del edificio, el plan de construcción, el diseño (layout) interior, entre otros factores socioeconómicos [2].

Una baja cantidad de incidencia de iluminación natural en una oficina o espacio donde se desarrollan actividades que necesitan una gran cantidad de lux significa más cantidad de iluminación artificial, por ende, más consumo energético para el edificio. El alto consumo energético de los edificios en Panamá debido a la ausencia de protección contra la radiación solar directa, el uso excesivo de vidrios y la dependencia de iluminación artificial son aspectos que requieren estudios sistemáticos enfocados tanto en la calidad lumínica como en la eficiencia energética.

En Panamá se han realizado algunos estudios sobre edificios de oficinas con fachadas de vidrio y con certificación LEED [3, 4]. Sin embargo, no se han realizado estudios sobre el diseño de iluminación natural y su relación con el consumo energético en edificios de oficinas como el edificio 205 de Ciudad del Saber donde están las oficinas de Senacyt, el cual cuenta con dos tipos de quebrasoles en sus fachadas. Siendo así, el presente trabajo evalúa los niveles de iluminación natural en función de variables como el tipo de quebrasol y la presencia de árboles a lo largo de la fachada.

Este trabajo presenta los primeros resultados de futuros estudios sobre la relación entre la calidad de la iluminación, el costo de elementos de sombreado y la eficiencia energética. Los objetivos específicos son: (a) verificar si los niveles de iluminación cumplen los niveles exigidos por la norma europea EN12464-1 para un espacio de trabajo; (b) evaluar los niveles de iluminación en función de los dos tipos de quebra soles existentes en la fachada, (c) y evaluar la influencia de los árboles localizados a lo largo de la fachada oeste.

2. Metodología

2.1 Selección del edificio 205

El edificio seleccionado para realizar este estudio es el edificio 205 de Senacyt, ubicado en Clayton, Ciudad del Saber, Panamá (Ver Fig. 1). Este edificio cuenta con 3 niveles de oficinas y está orientado al noroeste (Ver Fig. 3, 4 y 5).

Fue seleccionado para este estudio, debido a que, aparte de ser un edificio de oficina, es el primer edificio público de oficina certificado LEED y cuenta con quebrasoles.



Fig. 1. Edificio Senacyt con los quebrasoles en su lateral.

2.2 Proceso de medición de la iluminación

Esta investigación sigue la misma metodología de [3 y 4]. Para las mediciones de los niveles de iluminación se utilizaron cuatro luxómetros EXTECH SD 4000 (Ver fig.2). Tres luxómetros fueron empleados en el interior del edificio, específicamente en las salas 101, 206, 329 y Servicios Generales, y el cuarto luxómetro se utilizó para medir el nivel de la iluminación exterior, por lo que se posicionó en la terraza superior del edificio.

Las salas 101, 206, 329 y Servicios Generales se seleccionaron en función de su localización en la fachada, de manera que concretizara los objetivos específicos. Además, se consideró su disponibilidad para realizar las mediciones de iluminación, pues las mediciones se realizaron en horarios de oficina.



Fig. 2. Luxómetros EXTECH SD 4000

2.3 Salas evaluadas y horarios

Se evaluó los niveles de iluminación en la Planta Baja (Nivel 100), primer nivel superior (Nivel 200) y segundo nivel superior (Nivel 300) [Fig. 3,4,5]. Las mediciones se realizaron los días viernes 1 de noviembre de 12:00p.m. a 1:00p.m. y el día miércoles 13 de noviembre de 9:00a.m. a 12:00p.m.

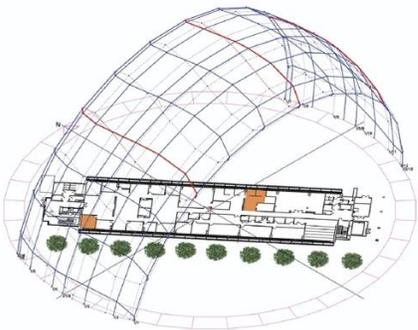


Fig. 3. Nivel 100 mostrando la Sala 101 y Serv. generales

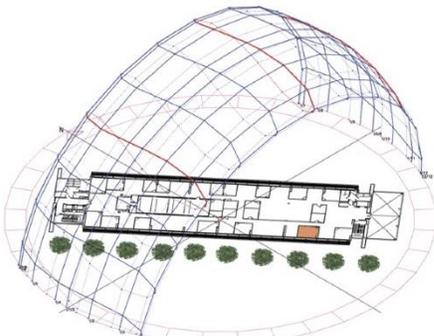


Fig. 4. Nivel 200 mostrando la 206

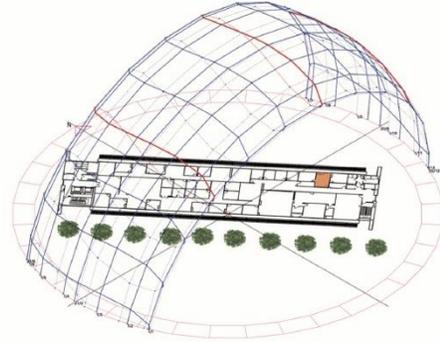


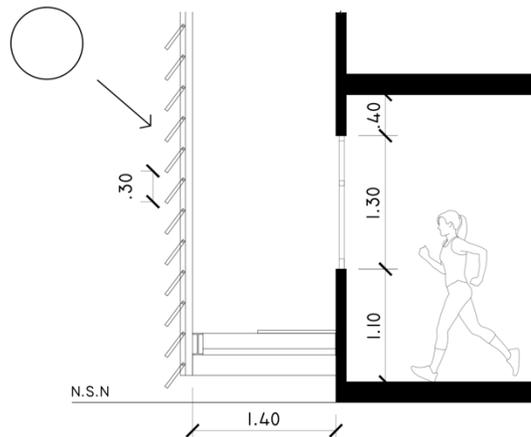
Fig 5. Nivel 300 mostrando la sala 329

2.4 Escenarios estudiados

Se evaluaron dos escenarios:

El escenario 1 consideraba la presencia de árboles en la fachada. Se midieron los niveles de iluminación con las luces encendidas y apagadas en las salas de Servicios Generales, en la fachada este y 101, localizada en la fachada oeste de la planta baja. La sala 101 tiene arboles a lo largo de su fachada oeste lo cual permitía una comparación.

El escenario 2 consideraba el desempeño de los quiebrasoles. Para esto se midió los niveles de iluminación con las luces encendidas y apagadas en las salas 206 (Fig. 4), sala 329 (Ver fig. 5) del nivel 200 y 300 respectivamente. La figura 6 y 7 ilustran los dos tipos de quiebrasoles existentes. El quiebrasol tipo A tiene louvers cubriendo toda la fachada (piso a techo) del Nivel 100 y 200. Mientras que el tipo B, consta de dos (2) losas horizontales (aleros) de concreto y está localizado únicamente en el Nivel 300.



QUIEBRASOLES TIPO A

Fig. 6. Diagrama de quiebrasoles tipo A: Tipo Louvers

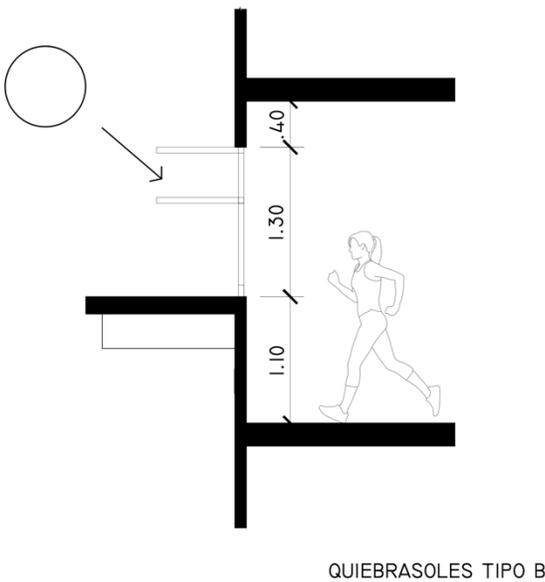


Fig. 7. Diagrama de quiebrasoles tipo B: tipo alero

3. Resultados

La figura 8 muestra la variación de la iluminación natural externa (en función de la nubosidad) durante la medición del escenario 1. Se observa que los niveles variaron de 16840 a 18410 lux.

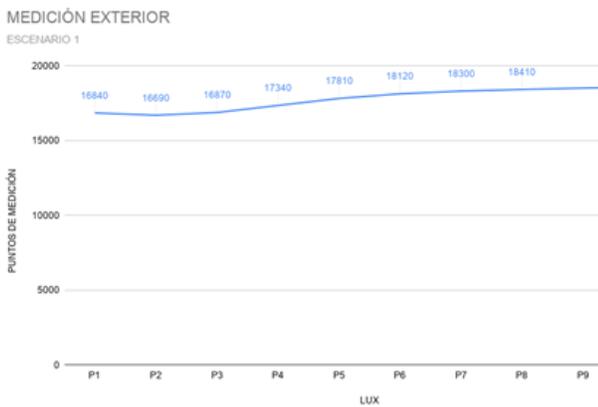


Fig. 8. Niveles de iluminación natural externo durante las mediciones del Escenario 1

3.1 El impacto de los árboles en la iluminación

Se evaluó la Sala de reuniones 101 localizada en la fachada oeste, protegida por árboles, y la sala de Servicios Generales, en la fachada este, expuesta directamente al sol. Se realizaron 2 mediciones; la primera con las luces apagadas y la segunda con las luces encendidas.

La figura 9 y 10 muestran los niveles de iluminación en la sala de reuniones 101 con las luces apagadas y encendidas respectivamente. Las líneas en color azul, rojo y amarillo representan los ejes de medición A, B y C respectivamente, representados en la planta esquemática de la figura 11 y 12. Los niveles de iluminación son más altos con las luces encendidas (Fig. 9). Cuando las luces está apagadas, para evaluar solo la iluminación natural, se observa que los niveles de son más elevados cerca de la ventana (entre 1 y 2 metros de la ventana) (Fig. 8)

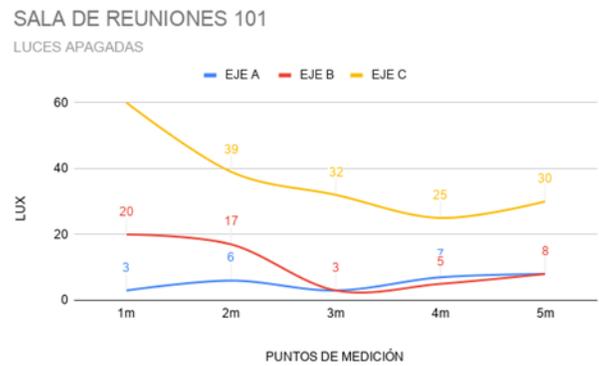
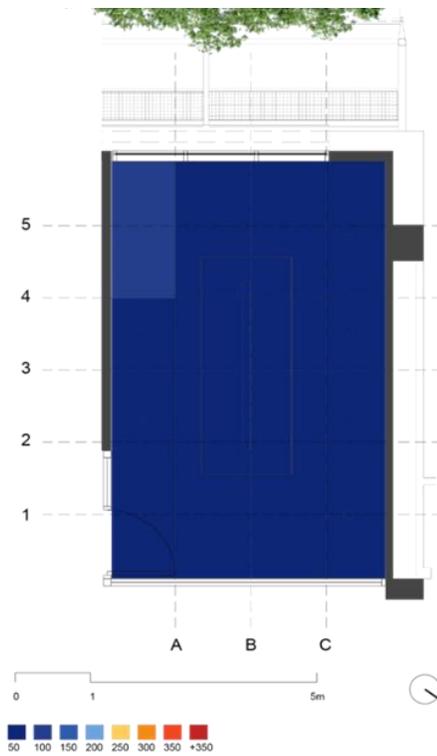


Fig. 9. Escenario 1 – Sala de Reuniones - Luces Apagadas. Los colores azul, rojo y amarillo representan los ejes de medición A, B y C respectivamente.

Cuando las luces están encendidas, los niveles de iluminación también son mayores próximo de la ventana, debido al aporte de la iluminación natural que llega con mayor intensidad entre 1 y 2 metros de la ventana.

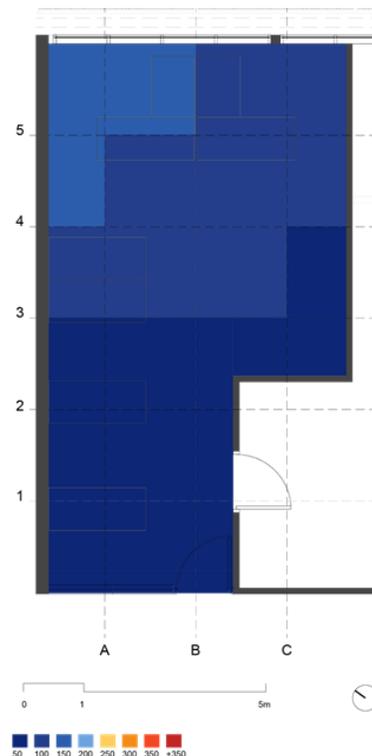


Fig. 10. Escenario 1 – Sala de Reuniones - Luces encendidas



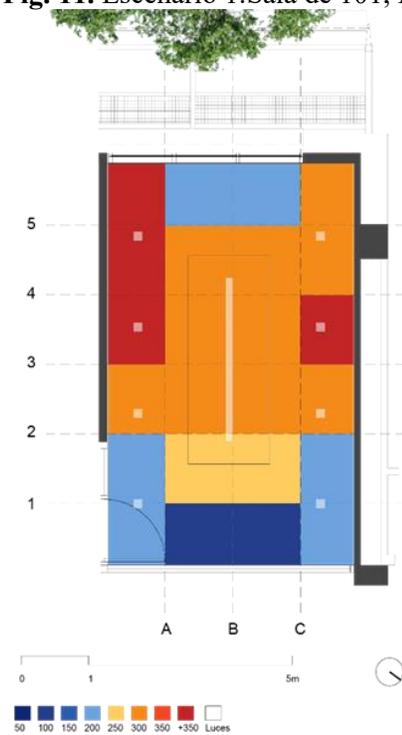
Promedio de medición de luz exterior: 24,780 lux
 Hora: 12:33 pm - 12:39 pm

Fig. 11. Escenario 1: Sala de 101, Luces apagadas



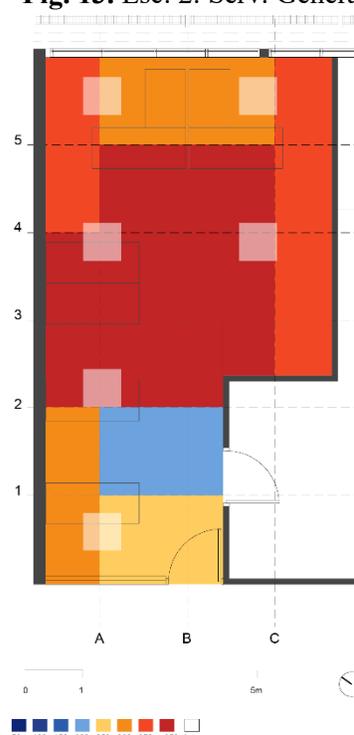
Promedio de medición de luz exterior: 26,550 lux
 Hora: 12:41 pm - 12:46 pm

Fig. 13. Esc. 2: Serv. Generales,- Luces apagadas



Promedio de medición de luz exterior: 25,500 lux
 Hora: 12:36 pm - 12:39 pm

Fig. 12. Escenario 1: Sala 101, Luces encendidas



Promedio de medición de luz exterior: 26,550 lux
 Hora: 12:41 pm - 12:46 pm

Fig. 14. Esc.2: Serv. Generales, Luces encendidas.

SALA DE SERVICIOS GENERALES

LUCES APAGADAS

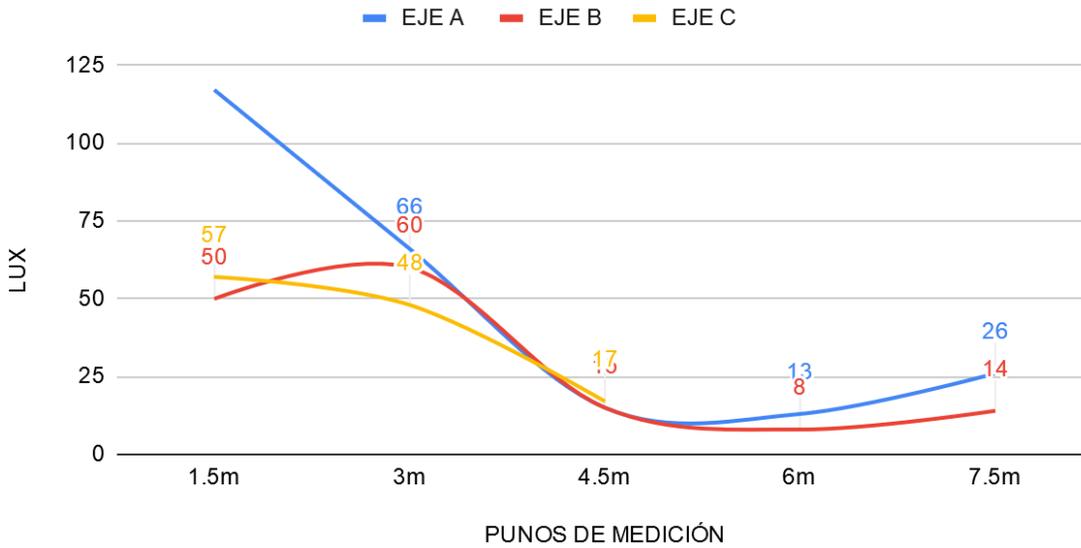


Fig. 15. Escenario 1 – Sala de servicios generales – luces apagadas

SALA DE SERVICIOS GENERALES

LUCES ENCENDIDAS

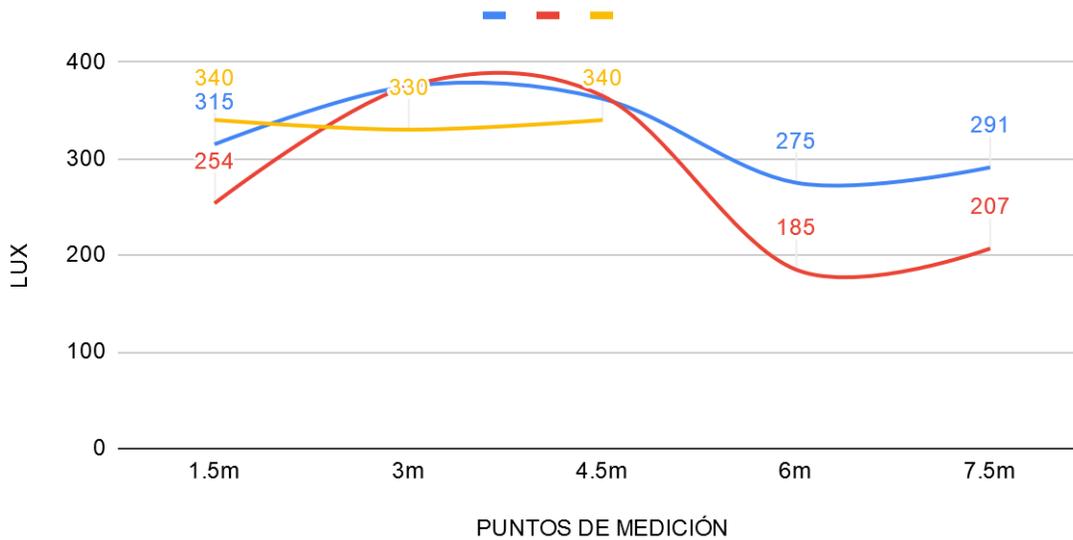


Fig. 16. Escenario 1 – Sala de servicios generales – luces encendidas

Las figuras 15 y 16 muestran los niveles de iluminación en la sala de servicios generales con las luces apagadas y encendidas, respectivamente. Se observa que los niveles de iluminación natural son superiores cerca de la ventana, alcanzando los 125lux a 1.5m de la ventana (en el eje A). La figura 16 muestra que los niveles de iluminación con las luces encendidas en la región entre la ventana y 4.5m de distancia están arriba de los 300 lux. Sin embargo, desde la mitad de la sala hasta 7.5m (fondo de la sala) está debajo de los 300 lux.

3.2 El impacto de los quebrasoles.

Se midió la cantidad de iluminación natural y artificial dentro de dos oficinas con diferentes tipologías de quebra soles. Una con quebrasol tipo Louver (A) (Ver fig. 6) y la otra con quebrasol tipo alero (B) (Ver fig. 7).

La figura 17 muestra los niveles de iluminación exterior durante las mediciones de este escenario.

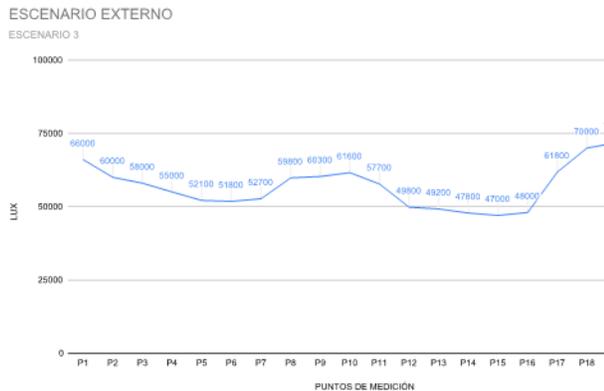


Fig. 17. Escenario 2 – medición exterior

3.2.1 Quebrasoles tipo Louvers (A):

La Figura 18 muestra los niveles de iluminación natural (con luces apagadas) en la sala 206 con quebrasoles tipo Louvers. Se observa que los niveles van de 40 hasta 340 lux. El promedio de la iluminación en la sala 206 es de 120 lux. Sin embargo, con las luces encendidas los valores van de 140 hasta 600 lux (Fig. 19).

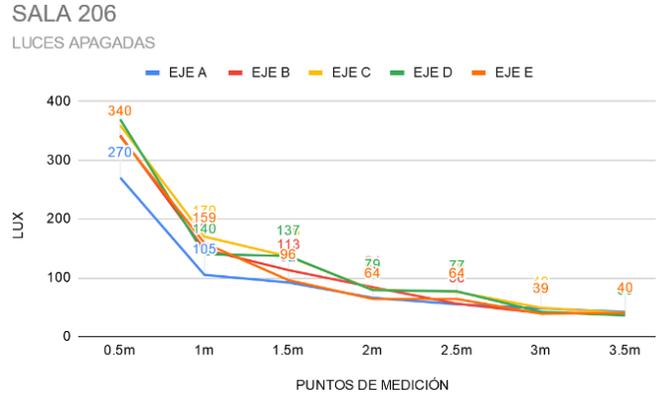


Fig. 18. Escenario 2 – Quebrasoles Tipo Louvers - Sala 206 – luces apagadas.

La figura 19 muestra los niveles de iluminación en la sala 206 con las luces encendidas. La mayoría de los sectores tienen niveles de iluminación arriba de los 300 lux, con excepción del fondo de la sala (de 3 a 3.5 m de la ventana) el cual niveles más bajos entre 160 y 260 lux.

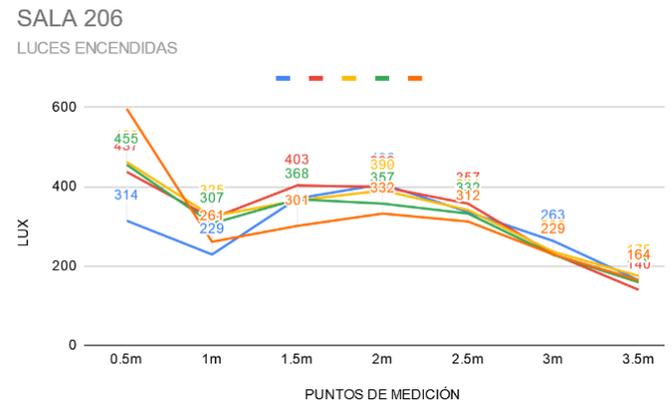


Fig. 19. Escenario 2 – Sala 206 – luces encendidas

3.2.2 Quebrasoles tipo alero (B):

La figura 20 muestra los niveles de iluminación de la sala 309 con las luces apagadas. Se observa que los niveles son más uniformes a lo largo de la sala con valores entre 100 y 220 lux. Es decir, cerca de la ventana los valores no son tan elevados como en la sala 206 (Fig. 18). Este tipo de quebrasol, aparentemente, ayuda a distribuir la iluminación natural hacia el fondo de la sala, lo cual merece ser estudiado con más detalle en próximos estudios. Se puede destacar que a 1m de distancia de la ventana, el eje de medición D presentó el valor más alto de 420 lux. Esto puede ser resultado de reflexiones debido a la pared.

SALA 309

LUCES APAGADAS

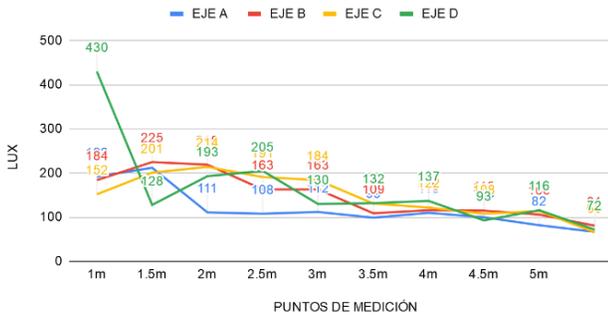


Fig. 20. Escenario 2 – Quebra soles tipo alero - Sala 309 – luces apagadas

SALA 309

LUCES ENCENDIDAS

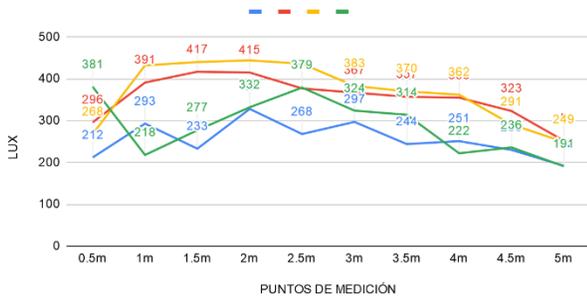


Fig. 21. Escenario 2 – Quebrasoles tipo alero - Sala 309 – luces encendidas

La figura 22 muestra una gráfica de los niveles de iluminación exterior durante el escenario 2.

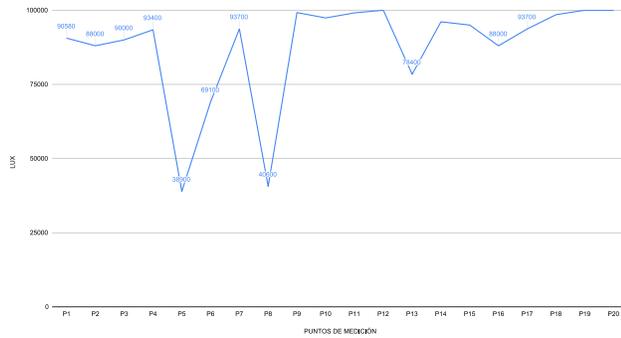


Fig. 22. Escenario 2 – medición exterior

3.2.3 Comparación entre ambos tipos de quebrasoles:

La figura 23 y 24 compara el desempeño de salas con quebrasoles diferentes localizadas en la misma fachada este. La figura 23 muestra los niveles de iluminación de la sala 329 con luz apagada. Dando como

promedio de **144.82 lux** con un promedio de luz exterior de **80 080 lux**.

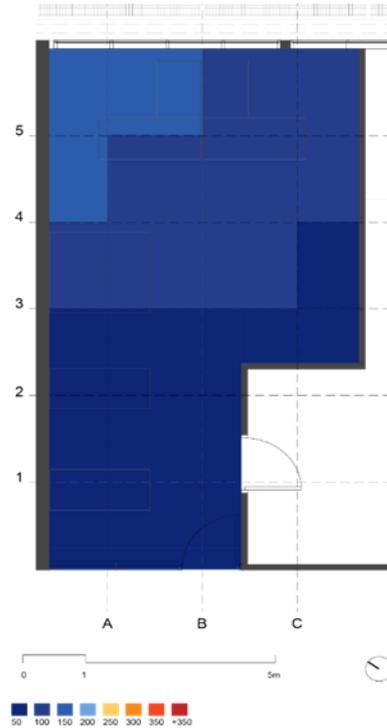


Fig. 23. Sala 329; quebrasol tipo B (tipo alero) - Luces Apagadas

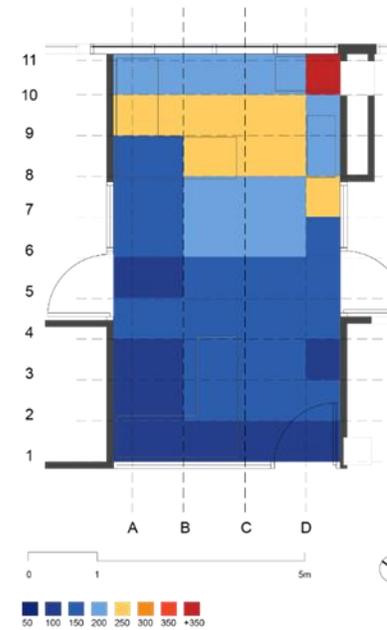


Fig. 24. Sala Servicios generales (Planta Baja), quebrasol tipo A (louvers) - Luces Apagadas

La figura 24 muestra los niveles de iluminación de la sala servicios generales con la luz apagada, en donde se obtiene un promedio de **39.15 lux** con un promedio de luz exterior de **26 550 lux**. Es importante mencionar que los niveles de iluminación externos son diferentes, pues, las mediciones no se realizaron simultáneamente.

4. Discusiones

- Al momento de hacer las mediciones externas y tomar la referencia de iluminación exterior del escenario 1, estaba lloviendo, lo cual dificultó tomar las medidas exactas. Esto llevó a tomar las medidas debajo de una sombrilla, por lo que se condicionó la medición utilizando como regla sumarle 8000 lux al resultado de cada medición.

5. Conclusiones

- En el escenario 1, donde se verificó el impacto de la presencia de árboles, se puede observar que los mismos reducen la entrada de luz al edificio. Por lo que se obtiene unos valores de iluminación natural en la fachada oeste entre 8 a 60 lux y en la fachada este (con radiación solar directa) entre 8 a 117 lux.
- Según la norma europea EN12464-1, las oficinas deben cumplir con valores de 500 lux. En la sala 101 obtuvimos un valor máximo de 505 lux; en la sala de servicios generales, 375 lux; en la sala 206, 596 lux, y en la sala 329, 444 lux. Lo que concluye que dos de las cuatro salas que se midieron no cumplen con los niveles exigidos por dicha norma.
- Los quiebrasoles tipo B (tipo alero) permiten una mayor entrada de iluminación que los quiebrasoles tipo A (tipo louver) según las mediciones realizadas en la sala 329 y la sala de servicios generales, ambas en la misma fachada este, pero con quiebrasoles diferentes.

Agradecimiento

Agradecemos al Dr. Victor Urrutia, secretario general de la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), por brindarnos el permiso para realizar esta investigación dentro del edificio. También damos gracias a Annie Marín, directora de servicios generales, por su tiempo y a Lucas Dawkins, también ingeniero del equipo de servicios generales por su colaboración y por facilitarnos datos del edificio.

Referencias

- [1] M. A. Fasi and I. M. Budaiwi, "Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates", *Energy and Buildings*, vol. 108, pp. 307–316, December 2015.
- [2] A., Das and S., Paul, "Artificial illumination during daytime in residential buildings: Factors, energy implications and future predictions", *Applied Energy*, vol. 158, pp. 65-85, November 2015.
- [3] A. G. Araúz, C. Lee, D. Segundo y J. I. Perén, "Caracterización lumínica del centro de operaciones del Banco General", *SusBCity*, vol. 1, pp. 40-45 2019.
- [4] André Marquines, Evelyn Tejeira, Eymi Aulestia, Madelin Lezcano, Samantha Franco, Jorge Peren; "Evaluación Del Nivel De Iluminación Natural En Una Oficina Del Edificio 3835 Del International Business Park", 2019.
- [5] Hyun JooHan, Muhammad UzairMehmood, "Un sistema de iluminación avanzado que combina una fuente de luz solar y una artificial para una iluminación constante y ahorro de energía en los edificios".

Fecha de recepción: 10 de diciembre de 2019

Fecha de aceptación: 1 de enero de 2020