



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Estrategias de control de la luz natural para optimizar el ahorro energético y la captación en oficinas de la ciudad de Azogues

Autor:

Marcos León Rodríguez

Director:

Arq. Jorge Toledo T.

Trabajo de Titulación presentado ante la
Universidad Católica de Cuenca
como requisito parcial para optar al título de:

Arquitecto

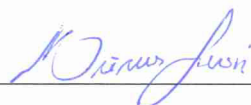
Agosto - 2019

Declaración

Yo, **Marcos León Rodríguez**, con cédula de identidad 030209332-3, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. Que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en la presente investigación.
2. Que trabajo es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, citas completas, ilustraciones, tablas, etc. sacadas de alguna publicación (en versión digital o impresa).
Caso contrario, referencio en forma clara y exacta su origen o autor.
3. Que el trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.
4. Que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Católica de Cuenca.

Me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado y asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello sometiéndome a la normas establecidas y vigentes de la UCACUE.



Marcos León Rodríguez

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: "*Estrategias de control de la luz natural para optimizar el ahorro energético y la captación en oficinas de la ciudad de Azogues*" ha sido elaborado por el Br. **Marcos León Rodríguez**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Arq. Jorge Toledo T.

Dedicatoria

El desarrollo de éste documento se lo dedico a Dios, por otorgarme la fuerza y el conocimiento que me permitieron luchar hasta el final y conseguir el más deseado sueño.

A mi familia, por los consejos y el amor, en especial a mis padres, Ariel Patricio León Mendieta y María Augusta Rodríguez Romero, por el apoyo incondicional que me han brindado.

A mis hermanos, mi gratitud infinita.

Agradecimientos

Exteriorizo mi profunda y sentida gratitud al tan probo como digno personal docente de la prestigiosa UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, particularmente al Arq. Jorge Fernando Toledo, bajo cuya dirección se estructuró el presente documento.

Resumen

El presente documento describe un modelo para determinar la influencia de la luz natural en las oficinas de la ciudad de Azogues y como esta incide en el desarrollo de las actividades que en los espacios referidos se realizan diariamente. Fundamentado en una sólida bibliografía, se analizan dos casos específicos, usando una ficha de análisis y captura de información, que expone las características relevantes de las edificaciones y las considera como estrategia; y, el software Ecotect Analysis para establecer el nivel de iluminación de los espacios.

Sobre la base de los resultados obtenidos, se plantean las alternativas de solución, potenciando las estrategias propuestas en relación al diseño arquitectónico actual de las oficinas.

Palabras clave: LUZ NATURAL, NIVEL DE ILUMINACIÓN, ILUMINACIÓN EN OFICINAS, ESTRATEGIAS DE ILUMINACIÓN, CAPTACIÓN DE LUZ.

Abstract

This graduation work describes a model to determine the influence of natural light in Azogues' offices and how it affects the development of the activities that are carried out in the mentioned spaces every day. Focus on a solid bibliography, two specific cases are analyzed, using a file of analysis and information capture, which exposes the relevant characteristics of the buildings and considers them as a strategy; and, the Ecotect Analysis software to establish the level of spaces illumination.

Based on the results obtained, it is proposed some solution alternatives, strengthening the projected strategies in relation to the current architectural design of the offices.

KEYWORDS: NATURAL LIGHT, LIGHTING LEVEL, OFFICE LIGHTING, LIGHTING STRATEGIES, LIGHT CAPTURE

Introducción

Este documento analiza los principales problemas de iluminación natural que se presentan en los espacios arquitectónicos de edificaciones, centrándose especialmente en las oficinas.

Cerca de un tercio de las horas del día es el tiempo promedio en el que una persona desarrolla actividades en un ambiente que carece de iluminación y confort, lo que provoca daños en la salud física y emocional del trabajador, además de afectar directamente en los niveles de rendimiento profesional, generando cargas de estrés, depresión, entre otras.

La vida y actividad del hombre no se podría entender sin la luz, ya que resulta ser uno de los descubrimientos más importantes que se ha dado a lo largo de la historia, recurso básico para una adecuada iluminación y calidez en los espacios.

Con el paso de los años se realizaron estudios acerca de la iluminación natural y como ésta afecta al desarrollo de las obras arquitectónicas. Personajes importantes como Alvar Aalto quien utilizaba de manera importante este recurso en cada una de sus obras. Su trabajo consistía en encontrar el equilibrio entre la luz y la sombra, permitiéndole realizar una arquitectura correcta. Un destacado ejemplo es la biblioteca en Viipuri, Rusia, que marca sus ambientes internos a través del uso de la iluminación natural.

Para la elaboración de éste trabajo se analizarán referencias bibliográficas, normativas y casos de estudio a través de la observación y herramientas digitales que ayuden a entender el comportamiento de la luz y como aprovecharla en los ambientes internos.

El objetivo de la investigación es desarrollar estrategias de control de la luz natural aplicadas a oficinas de la ciudad, las cuales permitan optimizar la captación de iluminación, logrando espacios agradables para el usuario, lo que mejora el desempeño de las actividades y reduce el gasto energético que implica la iluminación artificial de éstas.

Problemática

En las edificaciones actuales, existen escenarios que carecen de iluminación natural y demandan dependencia de la luz artificial, que a largo plazo incide directamente en sus usuarios, afectando su rendimiento laboral, consecuentemente a su producción. Los casos más comunes se presentan en las oficinas adosadas sin retiro frontal, que a la larga son características que presentan la mayoría de las edificaciones dentro de la ciudad, además de otros elementos arquitectónicos, característicos del centro de la ciudad, que poseen un patio interno como medio de iluminación.

El permanecer varias horas con luz artificial requiere un importante gasto económico en el espacio de trabajo. El potencial lumínico carece de un análisis riguroso que denote las desventajas y consecuencias del uso de alternativas de iluminación artificial, ya que los espacios dependen directamente de estas herramientas para iluminar. Consecuencia de ello, son las afecciones que se producen como el cansancio visual, cargas de estrés y disminución en las horas de sueño alterando el estado anímico de las personas.

No siempre el problema se produce por el mal diseño de una edificación, sino que en ocasiones se presenta por algún cambio de uso que se le otorga a un espacio. Esto se puede apreciar claramente en el centro de las ciudades, como ejemplo están las edificaciones que al momento de ser intervenidas en la mayoría de los casos su ambiente se limita y no se obtiene un espacio bien iluminado, por cumplir su nueva función.

Objetivos

General

Investigar sobre los principales conflictos de iluminación en espacios laborales (confort lumínico del usuario) mediante un análisis bibliográfico de uso y empleo de la luz natural y como ésta responde en la edificación para plantear estrategias de diseño que permitan el aprovechamiento de la luz y mejoren el confort lumínico en los espacios.

Específicos

Realizar un estudio bibliográfico sobre las características de la luz y su incidencia en espacios de oficina.

Analizar los casos planteados de modelo de oficinas adosadas sin retiro frontal y espacios que estén conformados con un patio interno para detectar las posibles causas del problema.

Presentar los resultados obtenidos y generar una propuesta que mejore la las características de iluminación de los ambientes analizados.

Justificación

Los arquitectos buscan en sus proyectos el confort del usuario, un espacio que cumpla con las necesidades del cliente, de manera que, el conseguir una correcta iluminación resulta importante para garantizar el éxito en un proyecto en base a las normativas vigentes.

Es importante el desarrollo de este tema porque permite apreciar el valor de tener un espacio correctamente iluminado y así ofrecer una excelente calidad de estancia, además de mejorar el ahorro energético y disminuir la dependencia de luz artificial.

Para el estudio de casos se cuenta con la disponibilidad de recursos que permitan la lectura de los diferentes usos que se dan en los espacios de oficina, por lo que resulta ser de utilidad y relevancia social el realizar un riguroso análisis para generar estrategias teóricas prácticas dentro del proceso de diseño, desarrollando así un planteamiento de iluminación óptimo para mejorar el rendimiento dentro de las oficinas en la ciudad, mejorando además la calidad de vida de los usuarios.

Se realizará el análisis en la ciudad de Azogues ya que existen varios espacios que se han restaurado para cumplir con otras actividades, ajenas para las que fueron diseñados, y no poseen un estudio previo, lo que genera los problemas de iluminación en dichos espacios.

Metodología

Teniendo el conocimiento de los problemas que puede atraer para una persona el permanecer gran parte del tiempo en un espacio poco iluminado, resulta muy importante el realizar un correcto análisis de la luz natural y como va a influir en el diseño de un proyecto arquitectónico. El entender como llega la luz hacia la tierra y de que manera afecta al espacio, permite desarrollar posibles estrategias de diseño para mejorar el aprovechamiento de la luz en un elemento arquitectónico.

En este punto el trabajo se centra precisamente en oficinas de la ciudad de Azogues, ya que existen varios espacios que se adecuan para cumplir otras actividades, en las cuales no existe un buen confort lumínico y térmico. Por lo que resulta importante considerar el método de análisis y desarrollo de las estrategias para estos casos y de esta manera obtener la mayor información posible que se pueda relacionar.

El desarrollo del documento se basa en una metodología aplicada, la cual presenta como objetivo la solución de problemas prácticos, lo que no permite muchos aportes al conocimiento científico. De esta forma se ha dividido en cuatro puntos importantes. Crear un marco teórico sólido que permita entender la luz desde los primeros estudios realizados hasta la actualidad, como actúa o responde ante un objeto arquitectónico, junto a las ventajas y desventajas de convivir con cierto tipo de iluminación al momento de desarrollar las actividades diarias.

El segundo punto se centrará en la obtención de información de la luz relacionada con la arquitectura, formas de aprovechamiento en los espacios establecidos, un análisis de las normas de iluminación y elementos que permitan mejorar la calidad de la luz natural, luego, en base a una metodología descriptiva, se desarrollará un análisis en los casos establecidos, en la cual se examinarán las características de éstos y se seleccionaran técnicas para la recolección de los datos, lo que proporcionará la información necesaria para proponer las estrategias de aprovechamiento de la luz.

Después, se evidenciarán los resultados obtenidos en el proceso de análisis y se plantearán mejoras en el diseño de los espacios, que aprovechen la luz natural.

Es importante mencionar que el desarrollo del trabajo esta basado en la metodología expuesta con base en los objetivos planteados con anterioridad. Proceso que será útil considerando que el documento está orientado específicamente al estudio de las oficinas de la ciudad.

Índice de Contenidos

| | |
|---|----------|
| Declaración | I |
| Certificación | II |
| Dedicatoria | III |
| Agradecimientos | IV |
| Resumen | V |
| Abstract | VI |
| Introducción | VII |
| Problemática | VIII |
| Objetivos | IX |
| Justificación | X |
| Metodología | XI |
| Índice de Contenidos | XII |
| Lista de Figuras | XV |
| Lista de Tablas | XVIII |
| 1. La luz | 1 |
| 1.1. ¿Qué es la luz? | 1 |
| 1.1.1. Significado etimológico | 2 |
| 1.1.2. Antecedentes históricos | 2 |
| 1.1.3. Criterio actual sobre la luz | 3 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.1.4. | Línea de tiempo | 4 |
| 1.2. | Luz natural | 4 |
| 1.2.1. | Luminaria natural | 5 |
| 1.2.2. | Luz natural directa, indirecta y difusa | 6 |
| 1.2.3. | Tipo de cielo | 7 |
| 1.3. | Física de la luz | 7 |
| 1.3.1. | Espectro electromagnético y espectro visible | 7 |
| 1.3.2. | Características de la luz | 9 |
| 1.4. | Confort lumínico | 12 |
| 1.4.1. | Aspectos fisiológicos | 13 |
| 1.4.2. | Aspectos psicológicos | 14 |
| 2. | La iluminación natural en la Arquitectura | 17 |
| 2.1. | La luz en la arquitectura | 17 |
| 2.2. | La luz y el diseño | 20 |
| 2.2.1. | Influencia de la luz en la distribución espacial | 21 |
| 2.3. | Componentes de captación lumínica | 21 |
| 2.3.1. | Componentes de conducción | 23 |
| 2.3.2. | Componentes de transmisión | 25 |
| 2.4. | Sistemas de captación lumínica | 29 |
| 2.4.1. | Sistema de iluminación lateral | 30 |
| 2.4.2. | Sistema de iluminación cenital | 31 |
| 2.4.3. | Sistema de iluminación global | 33 |
| 2.5. | Superficies para la distribución de la luz | 34 |
| 2.5.1. | Reflectancia de los materiales | 35 |
| 2.5.2. | Material de acristalamiento | 37 |
| 2.5.3. | El color | 38 |
| 2.5.4. | Propiedades del color | 39 |
| 2.6. | Estudio de la normativa de iluminación | 42 |
| 2.7. | Instrumentos para la evaluación de los espacios | 43 |
| 2.7.1. | Ficha técnica | 43 |
| 2.7.2. | Autodesk Ecotect Analysis | 45 |
| 2.8. | Análisis de casos | 48 |
| 2.8.1. | Incidencia de la luz en el Ecuador | 48 |
| 2.8.2. | Caso 1: Edificación pareada sin retiro frontal | 51 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.3. Análisis de iluminación - Caso 1 | 54 |
| 2.8.4. Caso 2: Edificación con patio interno | 61 |
| 2.8.5. Análisis de iluminación - Caso 2 | 63 |
| 2.8.6. Tabla comparativa | 69 |
| 3. Propuesta | 70 |
| 3.1. Caso 1: Propuesta de iluminación | 70 |
| 3.1.1. Diseño | 70 |
| 3.1.2. Organización interior | 73 |
| 3.1.3. Materialidad | 75 |
| 3.2. Caso 2: Propuesta de iluminación | 78 |
| 3.2.1. Diseño | 78 |
| 4. Conclusiones y recomendaciones | 83 |
| 4.1. Conclusiones | 83 |
| 4.2. Recomendaciones | 84 |
| Referencias bibliográficas | 85 |
| 5. Anexos | 89 |
| 5.1. Normativa | 89 |
| 5.1.1. Normativa Internacional | 89 |
| 5.1.2. Normativa Nacional | 95 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| 1.1. Línea de tiempo. Elaboración: Autor | 4 |
| 1.2. Espectro visible. Recuperado de: https://www.lit-uv.com/es/technology/ | 8 |
| 1.3. Espectro continuo. Recuperado de: https://emolysta.es.tl/vida-y-aportes-de-Gustav-Kirchhoff.htm | 9 |
| 1.4. Absorción. Elaboración: Autor | 9 |
| 1.5. Reflexión. Elaboración: Autor | 10 |
| 1.6. Transmisión. Elaboración: Autor | 10 |
| 1.7. Refracción. Elaboración: Autor | 11 |
| 1.8. Dispersión. Elaboración: Autor | 11 |
| 1.9. Difracción. Elaboración: Autor | 12 |
| | |
| 2.1. Componentes de iluminación natural. Elaboración: Autor | 22 |
| 2.2. Componentes de iluminación natural. Elaboración: Autor | 23 |
| 2.3. Cerrado al exterior. Recuperado de: https://www.webstagram.one | 24 |
| 2.4. Abierto al exterior. Recuperado de: https://pxhere.com | 24 |
| 2.5. Patio interno. Recuperado de: https://www.pinterest.com | 25 |
| 2.6. Atrio. Recuperado de: http://www.foztee.com | 25 |
| 2.7. Ventana. Recuperado de: https://arquipopblog.wordpress.com | 26 |
| 2.8. Proporción de una ventana. Elaboración: Autor | 27 |
| 2.9. Iluminación unilateral. Elaboración: Autor | 30 |
| 2.10. Iluminación Bilateral. Elaboración: Autor | 31 |
| 2.11. Iluminación por monitor. Elaboración: Autor | 31 |
| 2.12. Iluminación por claristorio. Elaboración: Autor | 32 |
| 2.13. Iluminación por dientes de sierra. Elaboración: Autor | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.14. Iluminación por claraboyas. Elaboración: Autor | 33 |
| 2.15. Reflexión - Superficie lisa y rugosa. Elaboración: Autor | 36 |
| 2.16. Acristalamiento. Recuperado de: http://cristaleriatama.com | 37 |
| 2.17. Color, absorción y reflexión de la luz. Recuperado de: https://histoptica.com | 39 |
| 2.18. Matiz. Recuperado de: https://www.ilustraciology.com | 39 |
| 2.19. Valor. Recuperado de: http://color1claudiagarvey.blogspot.com | 40 |
| 2.20. Saturación. Recuperado de: http://culturavisualcomoformadevida.blogspot.com | 40 |
| 2.21. Carta solar - Fuente: Ecotect | 48 |
| 2.22. Gráfica de la radiación. Elaboración: Autor | 49 |
| 2.23. Nubosidad - Azogues. Elaboración: Autor | 50 |
| 2.24. Ubicación general. Elaboración: Autor | 51 |
| 2.25. Ubicación específica. Elaboración: Autor | 51 |
| 2.26. Soleamiento, modelo de estudio. Elaboración: Autor | 52 |
| 2.27. Caso de estudio 1. Planta. Elaboración: Autor | 53 |
| 2.28. Caso de estudio 1. Oficina con luz artificial. Elaboración: Autor | 54 |
| 2.29. Caso de estudio 1. Oficina sin luz artificial. Elaboración: Autor | 54 |
| 2.30. Simulación de luz, exterior. Elaboración: Autor | 56 |
| 2.31. Simulación de luz, interior. Elaboración: Autor | 56 |
| 2.32. Estereográfica. Elaboración: Autor | 57 |
| 2.33. Análisis de luz natural. Elaboración: Autor | 58 |
| 2.34. Niveles de iluminación. Elaboración: Autor | 58 |
| 2.35. Valores de iluminación expresado en lux. Elaboración: Autor | 59 |
| 2.36. Ubicación general. Elaboración: Autor | 61 |
| 2.37. Ubicación específica. Elaboración: Autor | 61 |
| 2.38. Soleamiento, modelo de estudio. Elaboración: Autor | 62 |
| 2.39. Caso de estudio 2. Tipo de iluminación. Elaboración: Autor | 63 |
| 2.40. Simulación de sombras. Elaboración: Autor | 65 |
| 2.41. Simulación de luz interior. Elaboración: Autor | 66 |

| | |
|---|----|
| 2.42. Estereográfica. Elaboración: Autor | 66 |
| 2.43. Análisis de luz natural. Elaboración: Autor | 67 |
| 2.44. Niveles de iluminación. Elaboración: Autor | 67 |
| 2.45. Valores de iluminación expresado en lux. Elaboración: Autor | 68 |
| 3.1. Fachada actual. Elaboración: Autor | 71 |
| 3.2. Fachada propuesta. Elaboración: Autor | 71 |
| 3.3. Volumetría de la propuesta. Elaboración: Autor | 72 |
| 3.4. Análisis solar. Elaboración: Autor | 72 |
| 3.5. Valores de iluminación en lux. Elaboración: Autor | 73 |
| 3.6. Organización actual. Elaboración: Autor | 74 |
| 3.7. Organización propuesta. Elaboración: Autor | 74 |
| 3.8. Material propuesto. Elaboración: Autor | 76 |
| 3.9. Propuesta - Planta. Elaboración: Autor | 78 |
| 3.10. Propuesta - Sección. Elaboración: Autor | 79 |
| 3.11. Volumetría de la propuesta. Elaboración: Autor | 79 |
| 3.12. Análisis solar. Elaboración: Autor | 80 |
| 3.13. Valores de iluminación en lux. Elaboración: Autor | 80 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| 1.1. Niveles de iluminación | 14 |
| 1.2. Resumen - Capítulo 1 | 16 |
| 2.1. Criterios sobre la luz | 20 |
| 2.2. Niveles de acristalamiento | 28 |
| 2.3. Componentes de captación lumínica | 29 |
| 2.4. Sistemas de captación lumínica | 34 |
| 2.5. Nivel de reflectancia (%) de algunos materiales | 35 |
| 2.6. Reflectancia de algunos colores y materiales | 36 |
| 2.7. Reflectancia de algunos colores y materiales | 38 |
| 2.8. Resumen - Capítulo 2 | 41 |
| 2.9. Resumen - Normativa | 42 |
| 2.10. Ficha técnica | 44 |
| 2.11. Resumen - Ecotect | 46 |
| 2.12. Método de análisis | 47 |
| 2.13. Nivel de radiación solar | 49 |
| 2.14. Ficha técnica | 55 |
| 2.15. Análisis - Caso de estudio 1 | 60 |
| 2.16. Ficha técnica | 64 |
| 2.17. Análisis - Caso de estudio 2 | 69 |
| 2.18. Análisis General | 69 |
| 3.1. Ficha técnica | 75 |
| 3.2. Propuesta - Caso de estudio 1 | 76 |

| | |
|--|----|
| 3.3. Ficha técnica | 77 |
| 3.4. Ficha técnica | 81 |
| 3.5. Propuesta - Caso de estudio 2 | 81 |
| 3.6. Ficha técnica | 82 |
| 5.1. Factor de reflexión de los colores en interiores | 89 |
| 5.2. Niveles recomendados de iluminación | 90 |
| 5.3. Requisitos de iluminación | 91 |
| 5.4. Niveles mínimos de iluminación | 91 |
| 5.5. Valores de reflectancia para diferentes superficies | 92 |
| 5.6. Niveles de iluminación | 93 |
| 5.7. Niveles máximos permitidos del factor de reflexión | 93 |
| 5.8. Niveles de iluminación recomendada | 94 |
| 5.9. Tabla de iluminancias para ambientes interiores | 95 |
| 5.10. Calidad de la iluminación por tarea visual | 95 |

La luz que se recibe en un espacio depende totalmente de las características que determina el sol, su ubicación con relación a la tierra permite analizar los ángulos de incidencia con la que los rayos solares llegan a la superficie terrestre y afectan al planeta diariamente, los movimientos permiten determinar el tiempo de duración de luz al día, las estaciones presentes en el año, las cuales rigen características distintas de confort en cada una de ellas.

Es importante estudiar y comprender la geometría solar ya que permite entender cómo es su funcionalidad, además de realizar los análisis necesarios para el desarrollo del documento.

1.1. ¿Qué es la luz?

La naturaleza y sus elementos resultan ser complicados de entender para la física, tanto es así que en ocasiones no existen los suficientes conocimientos para explicar un fenómeno natural, lo que limita a entenderlo hasta cierto punto. El problema surge cuando las personas intentan sobrepasar esos puntos, lo cual resulta ser muy humano, pero que conllevan a resultados fuera de la realidad, conceptos erróneos ([González Arias, 2007](#)).

La luz resulta ser un tema sumamente amplio al momento de analizar, es por esta razón que se descubre distintas ideas en las cuales se la puede entender. Sin embargo, a lo largo de la historia, la naturaleza de la luz se ha ido explicando en base a modelos o teorías cada vez más influyentes, las cuales se han ido creando a partir de nuevos descubrimientos acerca del comportamiento de la luz ([Aveiro, 2015](#)).

Se sabe que la luz es un fenómeno muy importante para los seres humanos, por medio de ésta se lograron varios avances tecnológicos en la actualidad. Pero en ocasiones puede darse que la luz resulte ser algo tan evidente que simplemente se llega a ignorarla, aunque su mera existencia haya sido el factor determinante por el cual se tomen algunas decisiones en la vida ([Martínez, 2015](#)).

1.1.1. Significado etimológico

El origen de la palabra “Luz” tiene las características siguientes: Luz (Del lat. lux, lucis).

Según la Real Academia Española

Sí: la palabra castellana luz procede sin duda del latín lux. Esta búsqueda de similitudes conduce a la reconstrucción de su raíz protoindoeuropea: *leuk- o *lewk- con el significado de luz, brillante o blanco (González, 2015).

1.1.2. Antecedentes históricos

Muchas teorías han sido otorgadas a la luz a lo largo del tiempo, algunas utópicas, otras más cercanas a una posible verdad.

Esta historia inicia hace 2.500 años con Aristóteles, él planteo la primera teoría sobre la luz, afirmó que ésta provenía de los ojos de las personas y de esta manera se lograban iluminar todos los objetos (Pardo, 2004).

La teoría corpuscular llego de la mano de Isaac Newton por medio de una carta a Henry Oldenburg. *“A tal efecto dejé mi cuarto en la oscuridad e hice un pequeño agujero en el postigo para que entrara una adecuada cantidad de luz del sol. Coloqué mi prisma junto al agujero para que la luz se refractara hacia la pared opuesta del cuarto. Al principio fue una diversión muy agradable ver los colores vivos e intensos así producidos. Pero después de un rato me puse a considerarlos de una manera más prudente y me asombró ver que tenían una forma oblonga, aunque según las leyes aceptadas de la refracción esperaba que fueran circulares”*, (Pimentel, 2015, p. 2). De esta manera empezó su relato en el cual describe el planteamiento de varias hipótesis y pruebas para determinar la composición de la luz y reafirmar su teoría (Silva and Martins, 2003). Newton obtuvo resultados al utilizar prismas para descomponerla y volverla a juntar, determinando así que la luz blanca se combina de varios colores.

El Físico Christian Huygens expuso El Tratado sobre la Luz a la Academia Real de Ciencias de Francia, creo las bases de la teoría ondulatoria mediante un estudio a cerca de ondas para la luz, en donde explica otros fenómenos que la teoría corpuscular no lo hacía (Araújo and Wellington, 2009). Los descubrimientos de Huygens servirían como base para el proyecto de un telescopio, sin embargo todo este desarrollo se fue desmoronando debido a la publicación de una nueva teoría de la luz y los colores por parte de Newton (Laserna, 2015). Al final Huygens cedió ante la teoría de Newton agregando: *“esta invención resulta inútil, en virtud de la aberración newtoniana que genera colores”*, (Laserna, 2015, p. 5).

En 1781 el físico inglés Thomas Young expuso un trabajo acerca de la luz y los colores, y aunque el mayor desarrollo de este documento se centro en el sonido, elaboró una analogía entre los factores luminosos y sonoros, desde ese entonces reanudo el desarrollo de la teoría ondulatoria (Moura and Bragatto Boss, 2015). Luego de unos años Agustín Fresnel elaboró un importante aporte matemático que defendería la teoría ondulatoria,

siendo aceptada por lo científicos de la época (Almeida de Oliveira et al., 2018).

En 1860 apareció la respuesta de la mano de un científico escocés llamado James Clerk Maxwell quien elaboró la teoría electromagnética. Maxwell llegó a una ecuación llamada “de ondas” en la cual descubrió que la velocidad de esa onda, obtenida por medio de imanes y cargas eléctricas, era igual a la velocidad de la luz. En el año de 1861 redactó una carta a Thomson en la cual explica: *“Desarrollé las ecuaciones en el campo antes de tener sospecha alguna de la proximidad entre los dos valores de la velocidad de propagación de los efectos magnéticos y el de la luz. De forma que tengo motivo para creer que los medios magnéticos y luminosos son idénticos.”* (López and Aroca, 2015, p. 19).

A finales del siglo XIX aun existían tantas dudas sobre la teoría electromagnética que no podían ser respondidas por su descubridor, como es el caso de la energía que irradia un cuerpo a cierta temperatura, no tenía relación alguna. La respuesta a esta duda llegó de un muy tímido Max Planck, científico que propuso la teoría de los cuantos, una teoría totalmente revolucionaria, indicando que el intercambio de energía en cualquier proceso se realizaba mediante cantidades fijas de energía: los cuantos (Nóbrega et al., 2013).

Una vez entendido las teorías de la mecánica, termodinámica y electromagnetismo los avances tecnológicos no pararon de llegar (Galles, 2004).

Albert Einstein, considerado el científico más importante del siglo XX, aclaró que existían ciertos elementos que no pudieron ser explicados por la teoría de Maxwell, por lo que aportó una teoría con respecto a la luz (Cassini et al., 2015). Einstein en su artículo El Cuanto de Luz explicó que aunque la teoría ondulatoria de la luz tiene un gran aporte, poseía ciertas limitaciones (Cassini and Levinas, 2007).

Los estudios de Einstein continuaron a tal punto de llegar a elaborar dos teorías que cambiarían la Física por completo, la primera habla a cerca de las fuerzas moleculares mientras que la segunda fue una teoría cuántica de campos (Dionísio, 2005).

Einstein junto a Paul Dirac, Erwin Schrödinger y Werner Karl Heisenberg crearon la nueva teoría, la mecánica cuántica, la cual explica que las partículas se convierten en ondas siempre y cuando estos elementos sean completamente pequeños ya que en la teoría cuántica no se distinguen ondas de partículas, de esta manera se puede entender que elementos tan pequeños como los electrones se puedan comportar como ondas, de igual manera las ondas se pueden comportar como partículas, demostrando así la existencia de la llamada onda – corpúsculo de la luz (Pardo, 2004).

1.1.3. Criterio actual sobre la luz

La luz es una energía electromagnética compuesta por corpúsculos que viaja por el espacio en línea recta como ondas muy cortas. La unidad de medida más frecuente que se utiliza al medir la luz es el \AA . Se irradia a partir de una fuente como el mismo sol, una lámpara, etc. y puede llegar a alcanzar velocidades de hasta 300.000 Km/s. La luz tiene características que la permiten atravesar objetos con cierto nivel de transparencia, lo que la hace reducir su velocidad dependiendo del grosor del elemento. Según la longitud

de las ondas la luz se puede mostrar de diferentes maneras, rayos gamma, ultravioletas, luz visible, infrarrojos, etc (García, 2008).

González Arias (2007) en su artículo *¿Qué es la luz?* menciona: “*La luz es la luz. Posee características de onda y de partícula conjuntamente, pero es algo más que cualquiera de ellas por separado. Hoy en día se acepta que la luz posee propiedades duales. En unos casos se comporta como onda. Y en otros como partícula*” (p. 53).

1.1.4. Línea de tiempo



FIGURA 1.1: Línea de tiempo. Elaboración: Autor

1.2. Luz natural

La luz natural es una fuente renovable, vital para el progreso y avance de la vida en la tierra, por lo que debe ser considerada el principal elemento y fuente de iluminación para el desarrollo de las actividades de un espacio.

La cantidad de luz que se recibe depende netamente de varios factores la época de año, la hora en el día o los niveles de nubosidad que se presenten, por lo que se busca aprovecharla el mayor tiempo posible. No existe otra fuente de iluminación tan eficaz como la luz natural, siendo así uno de los factores climáticos más importantes del que se debe sacar provecho (Ugarte, 1999).

Como lo indica Pattini (2007) en su artículo *Luz natural e Iluminación de interiores*, el valor de la luz natural dentro de un espacio arquitectónico es claramente identificable al momento de convivir en él, se nota en la facilidad visual para realizar una actividad, en el bienestar de las personas y en la eficiencia energética. Y aunque existen niveles lumínicos

específicos que se debe cumplir dependiendo de la actividad que se realice se encuentra casos en donde no se satisface el nivel de iluminación ([Arango Díaz et al., 2018](#)). Por esta razón un análisis de iluminación previo a cualquier obra arquitectónica beneficia de gran manera el proyecto. Si se realizara una comparación entre la luz natural y la luz artificial se puede notar que la primera resulta mucho más beneficiosa, especialmente por su claridad y calidez.

Si se aplican estrategias para la captación de la luz natural y su control se podría aprovechar de mejor manera esta energía ya que en verano podría reducir la incidencia sobre un espacio específico y en invierno ocurriría lo contrario, aprovecharla al 100 % su capacidad. Evitando siempre el factor de deslumbramiento que es uno de los efectos que afectan a una persona al momento de realizar sus actividades.

Con una correcta captación y aprovechamiento de la luz natural en un espacio arquitectónico, se asegura que un alto porcentaje de las horas diurnas podrían ser iluminadas por los rayos solares, lo que implica que se reduce el tiempo de utilización de la energía eléctrica en espacios como oficinas, escuelas, edificios residenciales, apoyando de esta manera el ahorro energético ([Pattini, 2007](#)). Así, en la intención de entender y aprovechar la iluminación natural en un espacio, es importante asimilar la luz y sus características científicas con el fin de poder cuantificar sus valores ([Pinzón Latorre, 2008](#)).

Como lo dice [Ugarte \(1999\)](#) en su libro *Guía de Arquitectura bioclimática*, todo esto sería posible mediante la obtención de datos precisos de la iluminación en un espacio, considerando un cielo nublado para el estudio, de esta manera se obtendrá valores reales en condiciones desfavorables, lo que permite un posterior análisis y desarrollo de estrategias para el aprovechamiento de la luz natural, además los datos obtenidos en un día despejado resultan de gran importancia para elaborar métodos de control de la luz en los espacios arquitectónicos.

En distintas fechas del año y dependiendo de la orientación con respecto al sol se podría obtener excelentes niveles de iluminación, más de lo que podría ofrecer una iluminación artificial.

1.2.1. Luminaria natural

Al igual que la luz artificial, la luz natural requiere de luminarias para poder estar dispersa en todo tipo de espacio, el sol y el cielo son las principales fuentes de las que se dispone para la iluminación natural. Dependiendo de sus características la luz natural puede llegar al interior de un lugar de manera directa o indirectamente ([Pattini, 2007](#)).

La luz natural logra trasladarse por la atmósfera de la tierra en todas las direcciones hasta llegar al suelo, claro esta sin ningún objeto que obstruya su paso. Pero al momento en que la luz toma contacto con uno de estos elementos su condición varía, según el tipo puede ser reflejada, absorbida o que simplemente lo traspase([Guadarrama Gándara and Bronfman Rubli, 2015](#)).

De la misma manera en la que una luminaria distribuye la energía eléctrica producida

por una lámpara, los objetos que sirven como distribuidores de la luz natural es el propio entorno. Las nubes, la vegetación existente en el sitio y hasta las propias creaciones del hombre, como son los edificios u otros objetos, aportan para que la luz natural se distribuya en el espacio mediante sus colores o el nivel de reflectancia de los materiales que posea (Pattini, 2007). Resulta importante mencionar que a más de las nubes o elementos arquitectónicos otra fuente de luz indirecta resulta ser una superficie horizontal, en especial en lugares con latitud baja ya que un porcentaje de la luz que llega al plano de trabajo en un espacio proviene de la luz reflejada en el suelo (Leal and Leder, 2018).

Todos estos elementos contribuyen al grado de variación de la iluminación natural en el interior de las edificaciones, presentando cambios ya sea por la cantidad de nubosidad o el propio movimiento rotativo de la tierra en relación al sol.

1.2.2. Luz natural directa, indirecta y difusa

La luz natural se considera el principal elemento de iluminación de una obra arquitectónica, por lo que resulta necesario dedicarle un correcto estudio al momento de diseñar, ya que recibir la luz directa del sol provocaría molestias visuales. Lo ideal para un espacio sería conseguir una iluminación natural indirecta o difusa, de esta manera se evita el deslumbramiento y se mejora la distribución (Monteoliva and Pattini, 2013).

A continuación, el documento del Instituto de la construcción (2012) describe los tipos de luz natural.

Directa.- La luz solar directa es la que proviene directamente desde el sol. Se caracteriza por la intensidad en su color además de la temperatura y es la que más porcentaje tiene de producir deslumbramiento. Este tipo de luz es recomendado para lugares con climas fríos en donde se la puede utilizar para calentar un espacio, no es recomendable en climas cálidos ya que se perdería el confort térmico. Por esta razón se vuelve necesario poseer elementos de control solar ya que la luz solar directa puede llegar a ser molesta visualmente (Novljan and Rihtar, 2015).

Indirecta.- Es la luz que llega a un espacio mediante reflexión, puede darse gracias a la materialidad de los muros, pisos o el cielo raso. La luz natural indirecta es una buena opción de iluminación por las características que puede ofrecer ya que no produce deslumbramiento y se puede distribuir en toda la habitación mediante el uso de superficies reflectoras. Su distribución es mas equitativa (de la construcción, 2012). En este tipo de iluminación el usuario no logra ver ningún elemento de luminosidad, tan solo observa las superficies iluminadas por lo que no existe molestias visuales.

Difusa.- Es aquella que tiene posee la misma intensidad pero en diferentes direcciones (ejemplo. La bóveda celeste sin considerar el sol) (Pattini, 2007). Se puede entender como luz difusa al reflejo de una superficie que no este pulida o no presente materiales con índice alto de reflexión, en este caso la luz choca contra la superficie y se refleja en diferentes ángulos (García Sanz, 2012).

1.2.3. Tipo de cielo

El cielo ocupa un papel fundamental en la obtención de la luz natural, si este se encuentra totalmente despejado la luz recibida del sol va a ser directa y se necesitará de estrategias de diseño en las edificaciones para lograr difundirla de igual manera en todo el espacio y evitar el deslumbramiento (Pattini, 2007).

Para el desarrollo del documento se analizará los principales tipos de cielo.

Cielo cubierto.- Se lo denomina cielo cubierto cuando luce su superficie cubierta por nubes casi en su totalidad, por lo general se presenta en lugares con climas fríos, “en este cielo existe poca o ninguna iluminación directa y los valores de iluminación difusa son buenos”. Hopkinson, Petherbridge y Longmore, 1966, citado por (Piderit et al., 2014).

Cielo parcialmente despejado.- Cuando en algunos periodos del día presenta cierta cantidad de nubes que impide la proyección de los rayos solares en las edificaciones. Por lo general se presenta en climas templados húmedos y cálidos húmedos. “Es un cielo que varía según el aspecto del sol o las nubes, en este caso puede existir una iluminación complicada”. Igawa, Nakamura, Matsuura y Prof, 1997, citado por (Piderit et al., 2014).

Cielo claro.- Definido como un cielo que no posee nubes y permite la proyección de los rayos solares directos. Se determina que es un cielo claro cuando presenta un porcentaje de nubosidad muy bajo (Pattini, 2007).

1.3. Física de la luz

La física de la luz ha sido estudiada durante muchos años por grandes científicos, dando como origen varias teorías en el intento de poder explicarla.

La luz es una energía capaz de estimular el ojo humano y provocar sensaciones visuales. “La manera en la que percibimos la apariencia de los objetos depende de cómo reflejan la luz y de cómo están iluminados” (Moreno et al., 2012, p. 410). Su energía fluye en forma de ondas en cualquier dirección, siempre en línea recta, y se vuelve visible cuando llega a interactuar con la materia, no importa la composición de ésta. Algunos de los elementos que determinan la física de la luz es la amplitud (altura de la onda), longitud de onda (comportamiento espacial), velocidad (km/s) es la distancia que recorre la onda y la frecuencia (comportamiento temporal) definido por el número de ondas que pasan por un punto en el tiempo de un segundo (Sirlin, 2005).

1.3.1. Espectro electromagnético y espectro visible

Al mirar el cielo en la noche se puede identificar un número finito de estrellas y después de analizarlas se entiende que lo que realmente se observa es la luz de la estrella que de alguna forma pudo viajar y llegar hasta aquí, de igual manera la luz del sol que

se observa ya sea directa o indirectamente es captada por las personas. De esta forma la luz que se menciona es parte de algo más grande, más amplio denominado Espectro Electromagnético (Fontal et al., 2005).

El espectro electromagnético es la energía radiante según la longitud de la onda o la frecuencia, su desarrollo va desde longitudes de onda de 10-16 hasta 105 metros dentro de la cual se encuentran ondas utilizadas para comunicaciones de radio, rayos infrarrojos, rayos X, rayos UV y los rayos visibles. Algunos de estos son de gran importancia en el tema de la iluminación (Sirlin, 2005). La luz posee propiedades físicas muy parecidas al resto de radiaciones electromagnéticas, la diferencia se encuentra en la longitud de onda. El ojo humano puede llegar a distinguir esas diferencias visuales, logrando apreciar los colores (INSHT, 2015).

El espectro visible es solamente un porcentaje del espectro electromagnético que puede ser captado por el ojo humano, su longitud va desde 384 hasta 769 Hz, la luz blanca que es fácilmente observable es la combinación de todas las longitudes de ondas visibles. Cualquier energía que se mantenga dentro de estos rangos de longitud de onda estimulará el ojo humano y se volverá visible (Fontal et al., 2005).

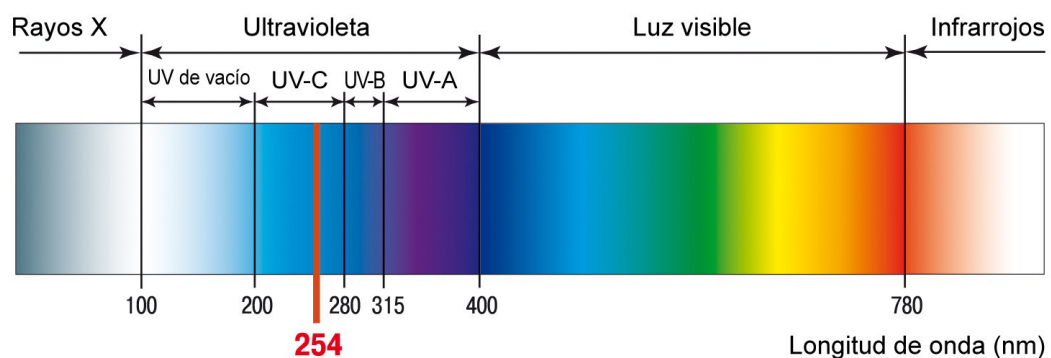


FIGURA 1.2: Espectro visible. Recuperado de: <https://www.lit-uv.com/es/technology/>

Dentro del espectro visible se encuentra dos modelos de espectros categorizados de la siguiente manera:

Espectro continuo es el que se obtiene al descomponer la luz solar y el de emisiones o emisiones lumínicas producidas por cuerpos sólidos.

Espectro de líneas es el que obtiene de lámparas con emisiones producidas por medio de gases o cuerpos gaseosos (Sirlin, 2005).

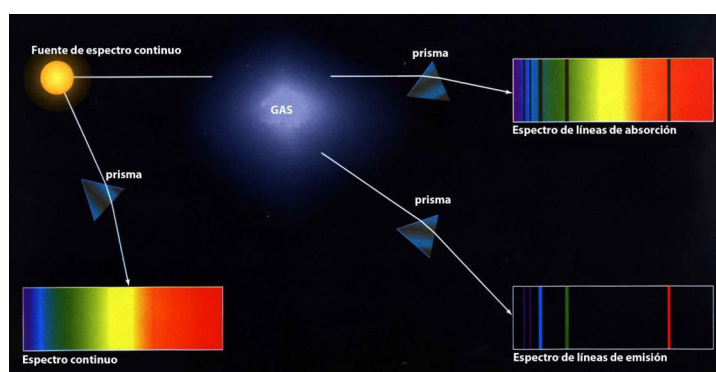


FIGURA 1.3: Espectro continuo. Recuperado de: <https://emolysta.es.tl/vida-y-aportes-de-Gustav-Kirchhoff.htm>

1.3.2. Características de la luz

Absorción

La absorción se da cuando la luz visible choca contra una superficie de color negro, mate y opaca, reduciendo su intensidad, la luz total es absorbida y transformada en calor. Los colores que se perciben son el resultado del contacto entre la luz blanca y una superficie, algunos colores son absorbidos por la superficie y los reflejados son los que se observan (García, 2008).

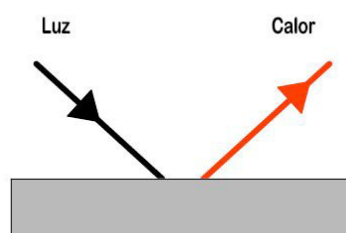


FIGURA 1.4: Absorción. Elaboración: Autor

Reflexión

La reflexión puede darse de dos maneras dependiendo de ciertas características en los elementos implicados. Si la luz visible choca contra una superficie lisa y brillante ésta es reflejada con el mismo ángulo que tuvo de incidencia, a esto se lo llama reflexión especular. En otro caso, si la luz visible choca con una superficie no tan lisa ni brillante se refleja solamente la luz que llega y lo hace en todas las direcciones llamándola reflexión difusa (Font, 2003).

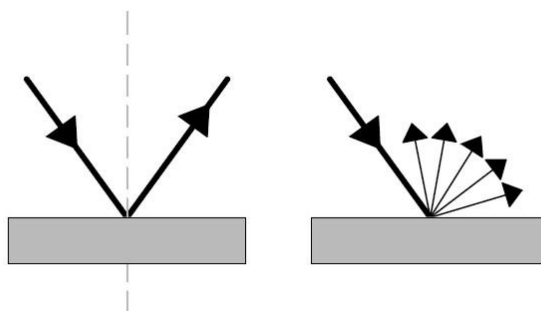


FIGURA 1.5: Reflexión. Elaboración: Autor

Transmisión

La transmisión de la luz se da cuando ésta atraviesa superficies no opacas y puede ser de tres tipos. Se llama transmisión directa cuando la luz visible atraviesa un objeto sin cambiar ninguna de sus características, lo hace de forma continua y lineal. Cuando un haz de luz choca contra una superficie, lo atraviesa y ésta se resuelve en varias direcciones se denomina transmisión difusa, por lo general esto ocurre con ciertas superficies plásticas, papel, etc. La última se denomina transmisión selectiva, se lo llama así cuando la luz choca contra una superficie que absorbe algunas ondas y a las restantes las deja pasar, esto por lo general ocurre con los filtros fotográficos (INSHT, 2015).

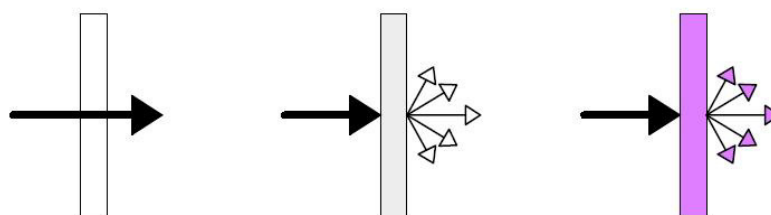


FIGURA 1.6: Transmisión. Elaboración: Autor

Refracción

La refracción ocurre dentro de la transmisión y se da cuando la luz golpea un elemento de manera oblicua, por las características de refracción de dicho elemento la luz no continúa en la misma dirección ni velocidad de incidencia con la que golpeó sino que ésta cambia dependiendo del ángulo de incidencia, de la longitud de la onda y del índice de refracción (Vendrell, 2002).

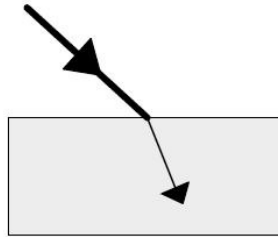


FIGURA 1.7: Refracción. Elaboración: Autor

Dispersión

La dispersión se da cuando la luz cambia de medio, es decir golpea contra una superficie y ésta la descompone mostrando sus propiedades ondulatorias. Basados en la ley de Snell la luz blanca se dispersa en los siguientes colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta, siendo el rojo el color que presenta menor desviación y el violeta el de mayor desviación. Un ejemplo de este caso es cuando la luz choca contra un prisma ([Montalvo Arenas, 2010](#)).

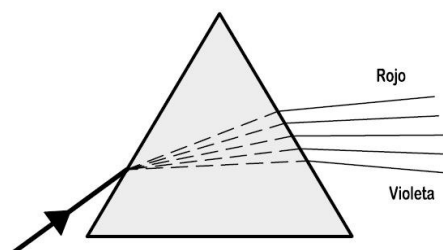


FIGURA 1.8: Dispersión. Elaboración: Autor

Difracción

La difracción se da cuando la luz directa choca contra un borde afilado, por las características de onda que posee la luz actúa sobre este elemento como en un lago, crea ondas circulares entre la zona de luz directa y la zona de sombra, eliminando la nitidez entre las dos creando una zona intermedia ([Sirlin, 2005](#)).

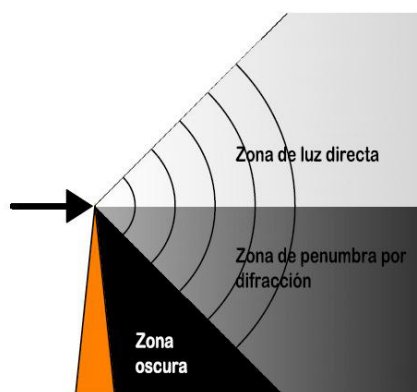


FIGURA 1.9: Difracción. Elaboración: Autor

1.4. Confort lumínico

El confort lumínico es la percepción que se tiene de la luz a través de la vista, es muy diferente al confort visual ya que en el primero influyen aspectos psicológicos en relación con la luz que motiva al ser humano, y en el segundo existen aspectos espaciales como la percepción de los objetos en nuestro entorno inmediato. Al hablar de la luz y el confort que puede ofrecer no solo se habla del confort lumínico sino que también tiene relación con el confort térmico de un espacio arquitectónico (EADIC, 2013).

Las actividades más comunes que se realizan en oficinas es la lectura de documentos y trabajo en frente de una pantalla (computadora), estas tareas exigen un buen nivel de iluminación sobre en el espacio sobre todo en la lectura. Por ejemplo para estas actividades se pensaría en un espacio con 400 lux de iluminación sobre el plano de trabajo. Un nivel de luz defectuoso en el espacio provocaría molestias visuales (Chavarría Cosar, 1986).

Un espacio correctamente iluminado es capaz de consentir su forma o color de manera que estos no produzcan molestias visuales, esto se puede lograr si se considera el nivel de iluminación y los deslumbramientos que se pueden generar.

El confort térmico se puede entender como un estado mental de las personas en el cual sientan bienestar con el nivel térmico de un espacio, ni un poco más fresco ni más cálido (Ruiz and Correa, 2009). Un estudio de los factores externos permite diseñar espacios con mejores condiciones de trabajo, incrementando el confort y junto a ello el rendimiento laboral (Aldo Piñeda and Montes Paniza, 2014).

Existen varias normas que indican que con cierta cantidad de luz repartida en el día se pueden realizar actividades o trabajos sin ningún tipo de afección. Aunque resulta de gran importancia indicar que no solo la cantidad de luz es necesaria sino la calidad que se reciba (EADIC, 2013), *“de no ser así, la luz solar disponible, será eliminada por falta de confort térmico-lumínico”*, (Monteoliva and Pattini, 2013).

1.4.1. Aspectos fisiológicos

Una de las primeras características fisiológicas es la calidad de la luz, dentro de ésta es importante analizar el tipo de la luz, o más bien su cualidad cromática. Como se explicó anteriormente, dentro del espectro electromagnético de la luz se encuentra el espectro visible, un pequeño porcentaje que puede capturar el ojo humano, su longitud de onda va desde 380 hasta 780 nanómetros, encontrándose la máxima sensibilidad alrededor de los 550 nm que corresponde al color verde. En otro caso si se analiza las emisiones electromagnéticas del sol se aprecia que la longitud de onda de máxima emisión se encuentra cerca del valor de 500 nm, es decir, la sensibilidad del ojo está diseñada para percibir la energía solar ya que sus valores son muy cercanos (“Percepción visual. Nociones básicas de la luz”, 2013).

La luz tiene el poder de no solo afectar de manera positiva o negativa el sistema visual de las personas sino alterar alguna tarea que se este realizando. Si se la piensa bien, la iluminación de alguna manera controla el ritmo humano. Su efecto sobre la visión es muy claro (Colombo et al., 2006).

Otras características importantes de la luz que influyen en los aspectos fisiológicos son el contraste, el deslumbramiento y el nivel de iluminación.

Contraste

El contraste es toda diferencia cualitativa o cuantitativa de luz en el campo visual del ser humano, esto se puede entender de mejor manera analizando las diferencias de color en un espacio, la luz y la sombra, las cuales permiten apreciar de mejor manera los objetos. Si existe mayor contraste se puede diferenciar más claramente los objetos.

El problema se presenta cuando existe una gran cantidad de contraste ya que este factor puede provocar la existencia del deslumbramiento, como ejemplo se puede dar el caso de que, en un espacio con poca iluminación interior exista una pequeña ventana que capture gran iluminación exterior, la cual provocaría deslumbramiento. A mayor cantidad de iluminación es mucho mejor la visibilidad. Este factor se puede notar más claramente al momento de introducir luz en un espacio poco iluminado, lo que no se aprecia de gran manera en un caso opuesto, al introducir luz en un espacio ya iluminado (EADIC, 2013).

Deslumbramiento

El deslumbramiento es el brillo desmedido que provoca molestias visuales, este efecto se puede dar por observar de forma directa a la fuente de luz, por medio de una ventana, en este caso se aconseja poseer un elemento de control para poder reducir el deslumbramiento sin reducir la visión al exterior; o se puede dar de forma indirecta sobre una superficie con alto nivel de reflexión, para estos casos es recomendable poseer materiales con bajo nivel de reflexión, o que provoquen luz difusa (Chavarría Cosar, 1986).

Niveles de iluminación

El nivel de iluminación es la cantidad de luz que recibe una superficie, se expresa en la unidad: $\text{Lux} = \text{lm}/\text{m}^2$. Este se mide con un luxómetro, el cual convierte la energía luminosa en señales eléctricas, lo que permite una fácil lectura.

Toda actividad que se realice necesita de cierto nivel de iluminación mínimo en el área de trabajo, mientras mayor sea la exigencia visual, mayor será el nivel de iluminación requerido. Existen varios documentos (Normativa) donde se especifica un nivel de iluminación mínimo para cada actividad (Guasch Farrás, 1988).

Tabla 1.1: NIVELES DE ILUMINACIÓN

| Tareas | Ilum. recomendada (Lux) |
|---|-------------------------|
| Zonas abiertas al acceso público | 20 - 30 - 50 |
| Sólo como medio para guiar a los visitantes durante breves intervalos | 50 - 75 - 100 |
| Zonas no pensadas para el trabajo continuo (áreas de almacen, vías de acceso) | 100 - 150 - 200 |
| Tareas con requisitos visuales limitados (maquinaria pesada, salas de conferencia) | 200 - 300 - 500 |
| Tareas con requisitos visuales normales (maquinaria de peso medio, espacios de oficina) | 500 - 750 - 1000 |
| Tareas con requisitos visuales especiales (grabado, inspección de tejido) | 1000 - 1500 - 2000 |
| Tareas prolongadas que requieren precisión (microelectrónica, relojería) | 2000 - 3000 - 5000 |
| Tareas visuales excepcionalmente exigentes (montajes microelectrónicos) | 5000 - 7500 - 10000 |
| Tareas visuales muy especiales (cirugía) | 10000 - 15000 - 20000 |

Elaboración Autor.

1.4.2. Aspectos psicológicos

Así como en los aspectos fisiológicos explicados anteriormente, la calidad y la cantidad de luz percibida también tienen su impacto en la psicología del individuo. El tipo de luz afecta de manera directa en la percepción visual de un espacio, no es lo mismo apreciar o ejecutar algún tipo de actividad en un lugar iluminado con luz artificial que realizarlo con la incidencia de la luz natural. Esta diferencia se puede notar en el cambio de ánimo o estado de una persona. Mediante un uso adecuado de la luz se puede mejorar la calidad de un espacio, es por esta razón que se debe tomar en consideración, dentro del diseño

visual y lumínico, las características que conforman los aspectos psicológicos como son la fatiga y la agudeza visual ([EADIC, 2013](#)).

Fatiga visual

La fatiga visual, como su nombre lo indica, es el cansancio que se presenta en la visión, es un síntoma que se manifiesta muy frecuentemente en las personas y aunque no es grave, puede llegar a ser molesto ([Mayo Clinic, 2019](#)).

La iluminación puede ser el elemento principal en un espacio y que a su vez, cause incomodidad visual. Esto ocurre cuando la fuente de luz es muy fuerte, provocando un brillo excesivo, deslumbramiento, llegando a afectar el campo visual de una persona ([Sheedy, 2014](#)).

Agudeza visual

La agudeza visual es la característica en la visión que permite identificar los objetos a cierta distancia, esta relacionada con la calidad o nitidez de la visión ([Ministerio de la Salud Presidencia de la Nación, 2014](#)).

La agudeza visual que una persona posee esta influenciada por factores físicos, como es el caso de la iluminación de un espacio, los colores o contraste que se presenten, o psicológicos, como una fatiga visual presente en el usuario ([Martin and Vecilla, 2011](#)).

Todo espacio arquitectónico debe gozar de una correcta iluminación natural, así se podrá convertir en un ambiente más agradable y de mejor calidad ([CEI, 2005](#)).

Existen varios puntos importantes que se consideran servirán para el análisis de los casos, los cuales se encuentran en el siguiente cuadro resumen.

Tabla 1.2: RESUMEN - CAPÍTULO 1

| Tema general | Tema específico | Análisis | Aplicación |
|------------------|----------------------|---|---|
| Luz natural | Directa | Es la luz que llega directo del sol, este tipo de luz es la que produce mayor deslumbramiento. | Se evitará que la luz directa llegue a los planos de trabajo, ya que puede provocar deslumbramiento y molestias visuales. |
| | Indirecta | Es la que llega mediante reflexión de la luz directa sobre una superficie. Este tipo de luz resulta buena para distribuir la iluminación en un espacio. | Se buscará conseguir este tipo de iluminación dentro de las oficinas, ya que permite iluminar un espacio y no provoca molestias. |
| | Difusa | Es la luz reflejada sobre un material que no se encuentra pulido, lo que provoca una reflexión en varias direcciones | Este tipo de luz puede ayudar de igual manera para iluminar el interior. La luz difusa distribuye de mejor manera la iluminación |
| Confort lumínico | Contraste | Es la diferencia cualitativa o cuantitativa de la luz en el campo visual de una persona | Se analizará el interior de las oficinas para determinar si existe algún tipo de contraste. En el caso de existir, se intentará disminuir su intensidad. |
| | Deslumbramiento | Es el brillo desmedido que puede causar molestias visuales, se da en mayor número por la luz directa. | Se evitará el deslumbramiento provocado sobre los planos de trabajo mediante una buena distribución de la luz y una reorganización interior, en el caso de ser necesario. |
| | Nivel de iluminación | Es la cantidad de luz que llega a una superficie, se encuentra expresada en lux. Existen valores mínimos para realizar cierta actividad. | Estos niveles permitirán determinar el requerimiento mínimo de iluminación que se debe cumplir dentro de un espacio, el cual se analizará con la herramienta digital Ecotect. |

Nota 1. Se expone un resumen capítulo 1 con los temas a utilizar en el análisis de casos.
Elaboración Autor.

Dentro del análisis de casos se utilizará los componentes de la luz natural, específicamente la luz difusa, para determinar el nivel de la iluminación dentro de las oficinas analizadas, puesto que las características que ésta presenta la convierten en la más desfavorable para iluminar un espacio.

En cuanto al confort lumínico; el deslumbramiento y el nivel de iluminación son elementos a considerar dentro de un análisis. El deslumbramiento es un factor que se debe eliminar del plano de trabajo en las oficinas, por las molestias que éste provoca, así mismo, el nivel de iluminación es un requisito que posee todo espacio en base a la actividad que ahí se realice, por lo que se utilizará para el análisis de casos.

Los elementos expresados serán de gran utilidad al momento de realizar el desarrollo de estudio. En base a estos criterios se evaluará los espacios y se determinarán las fallas de iluminación existentes. Al final se buscará soluciones para mejorar la calidad de iluminación en las oficinas.

La iluminación natural en la Arquitectura

2.1. La luz en la arquitectura

La luz es el elemento fundamental que permite entender de diferente manera la arquitectura, ya que no resulta lo mismo apreciar una obra con la misma cantidad e intensidad lumínica en todos sus espacios, que la misma obra cubierta por una luz que genere sombras, dependiendo de su ángulo de ubicación y potencia. Es por esta razón que sus características la hacen indispensable en todo proyecto arquitectónico, capaz de provocar en las personas las más variadas impresiones y sensaciones que permiten apreciarla asimismo de distintas maneras.

La luz se origina en el sol, viaja y se dispersa en todas las direcciones hasta que choca contra algún elemento sea sólido, transparente u otro importe intermedio entre estos. Analizando sus diversos matices y cualidades se pueden conseguir formas arquitectónicas que permitan conjugar con su luminosidad, desarrollando volúmenes para que ésta choque y se irradie espontáneamente sobre ellos, o simplemente los atraviese logrando llenar de luminiscencia total un espacio interior. “Mediante las características de la luz y de los materiales de construcción se pueden conseguir fenómenos luminosos como la reflexión, la absorción o la transmisión...” (Guadarrama Gándara and Bronfman Rubli, 2015).

Un ciego necesita un concepto especial de arquitectura -como todas las personas-, aunque él no la vea, pero si se analiza detenidamente ésta necesidad, se advierte que la visión es la fuente para valorar y justipreciar en toda su dimensión una obra arquitectónica, sentir la arquitectura con solo verla. El simple hecho de apreciar una pared con una textura rugosa, v.g., hace posible entender esa rugosidad visualmente. La luz, por el simple y sencillo hecho de iluminar la arquitectura, de verla y sentirla, se convierte en un fenómeno indispensable. La arquitectura permite crear todo tipo de ambientes según los requerimientos individuales o de grupo, desarrollar espacios para realizar cualquier tipo de actividad, pero es la luz la que ilumina y hace posible el cumplimiento de esas finalidades (Borobio Navarro, 1995).

Para algunos arquitectos importantes del siglo pasado la concepción de la luz lo era todo. Les interesaba -en gran medida- que exista un elemento que cambie diametralmente la concepción de la obra y la permute en todo el tiempo. La luz natural resultó ser tan fascinante que había expresado emociones y proclamaciones constructivistas, tal la

declaratoria de Luis Kahn que afirmó: “Nosotros nacimos de la luz; las estaciones del año son reconocidas por la luz y la luz natural es la única que convierte a la arquitectura en arquitectura” (Guadarrama Gándara and Bronfman Rubli, 2015).

Para el arquitecto Frank Lloyd Wright, la luz es la “característica esencial para embellecer un edificio” (Guadarrama Gándara and Bronfman Rubli, 2015).

A su vez, Le Corbusier en 1920, dogmatizó: “*La arquitectura es un juego sabio, correcto y magnífico de volúmenes bajo la luz*” (Vásquez, 2010).

La luz es la maravilla natural a través de la cual se aprecia lo que hay en el contexto inmediato. En los últimos años se desarrolla una especial atención sobre la importancia de la luz natural en un conjunto edificado ya que reemplazarla por la luz eléctrica significa un gran derroche de energía, además de las ventajas inmejorables que representa para una persona el convivir con la luz natural. Se logra transmitir la luz natural al interior de un espacio arquitectónico mediante materiales translucidos que no retengan u opaquen su fuerza.

Alberto Campo Baeza, connotado arquitecto español, considera que los principales elementos de la arquitectura son: “La gravedad que construye el espacio y la luz que construye el tiempo. La luz es una de las características principales para amar la arquitectura y cuando un arquitecto lo entiende de esta manera es cuando verdaderamente empieza a ser un arquitecto. . .”. Campo Baeza intento emular la famosa frase de Mies Van der Rohe: “Less is more”, que alude al estilo “menos es más”, con la locución: “Light is more”, igual a “Luz es más”, aunque en la actualidad sin dudar lo cambiaría a: “Light is much more”, “La luz es más, mucho más”, quiere decir que para el notable arquitecto la luz es el elemento más maravilloso, brillante y lujoso para la nueva arquitectura.

Quienes han perdurado y perduran en el tiempo por el arte de la arquitectura no son precisamente los que han utilizado estilos y/o elementos contrapuestos a la luminosidad, sin llegar a entender que la verdadera dimensión de la arquitectura es aquella que utiliza la luz como principal objeto y materia. La luz es el elemento más sublime utilizado por los artífices de la construcción, lamentablemente se trata de un elemento gratuito a la humanidad entera y es por esta misma razón que no se la aprecia y valora como debería ser (Revista Diagonal N° 23, 2010).

Jesús Aparicio Guisado, Doctor Arquitecto, expone a la luz como un elemento esencial e indispensable para la arquitectura, entendiendo así que no es posible que exista cualquier manifestación arquitectónica sin luz. El espacio creado es incomprendido si no está bajo la luz natural y son sus características las que permiten que la arquitectura sea percibida por el hombre, tipologías que no son posible conseguirlas por medio de la luz artificial (Revista Diagonal N° 33, 2012).

Carlos Martí Arís entiende a la luz como el factor que impulsa la arquitectura y que, como toda energía, debe ser controlada e intervenida para poder obtener sus beneficios. Es extraño como la luz, siendo un elemento intangible, se vuelve el centro mismo de la arquitectura, la cual representa principalmente una actividad relacionada a lo material, al peso, al volumen..., y se convierte en un gran riesgo el colocarla tan arriba de la arquitectura

ya que resulta ser muy cambiante, difícil de controlarla. Pero cabe indicar que solamente cuando se logra el control pleno de la luz, cuando se convierte en el factor determinante que moldea el espacio y lo hace propio, solo ahí se puede alcanzar esa arquitectura que es arte, la que es ejercida por los verdaderos arquitectos ([Revista Diagonal N° 37, 2014](#)).

Juan Carlos Arnuncio asevera que la luz es lo más importante en la arquitectura, un espacio se puede definir clara y sencillamente por su forma, su tamaño o los límites que presenta, pero la luz es el que permite que el espacio cobre vida, que tenga relación con la forma, sin la luz no hay forma, no hay arquitectura. La luz da valor a los materiales, las texturas, entre otros. El valor de la luz se puede entender en muchas obras, uno de los primeros grandes ejemplos recae en el Panteón de Roma, este puede ser el ejemplo más repetitivo de este tema, pero es la verdad ([Revista Diagonal N° 30, 2011](#)).

Ramón Vilalta, notable arquitecto español, declara que la luz es fundamental, define el espacio. Existen varias herramientas que permiten entender y trabajar con la luz. Todo proyecto es diferente, lo que sirvió para uno no necesariamente funciona en otro. La arquitectura de la actualidad ya no busca mucho lo natural, se entiende de otra manera, la luz, el aire, elementos que mejoran la calidad de vida de las personas y el valor arquitectónico ahora son reemplazados por los objetos eléctricos. Se debe entender a la arquitectura como una expresión de la luz y la sombra, ya que son elementos clave para la humanidad, pero no solo eso, la arquitectura debe permitir experimentar diferentes sensaciones por medio de estos factores naturales ([Revista Diagonal N° 27, 2011](#)).

El Arquitecto Eduardo de Miguel, a su vez, expone que determinar la importancia de la luz en la arquitectura es una pregunta que simplemente no se puede responder, ya que es un elemento que se diferencia por su complejidad. La luz y su control son fundamentales, pero no es algo por lo que se deba hacer énfasis en un proyecto arquitectónico, la arquitectura busca resolver los problemas y no es ante la luz a la que se debe dar respuesta, aunque existen proyectos en los cuales la luz forma parte del objetivo simbólico. Hoy, en la actualidad, entiende que la luz en la arquitectura no se representa, simplemente se manifiesta para configurar el espacio y es solamente en la construcción en la cual se puede verificar su valor, lo que no permite realizar corrección alguna ([Revista Diagonal N° 26, 2010](#)).

Hasta aquí una reproducción clasificada de los diversos y fundamentales criterios que sobre la luz han vertido valiosos y reconocidos profesionales referentes de la arquitectura a nivel mundial, destacando a la luz como aquel elemento maravilloso y excepcional, sin el cual no es posible la concepción de la arquitectura en ningún espacio ni tiempo.

La última, coincide y ratifica lo afirmado por Alberto Campo Baeza en el sentido de que la luz es más, más espléndida, más suntuosa, más impresionante, más soberbia, más libre, en una sola expresión: “Más arquitectura...”, mucho más la natural luminosidad que la pálida, tenue y simulada emisión artificial.

Tabla 2.1: CRITERIOS SOBRE LA LUZ

| Nombre | Publicación | Criterio |
|------------------------|-------------------------------|--|
| Alberto Campo Baeza | Revista Diagonal N° 23 (2010) | La luz no es algo vago y difuso que pueda darse por sentado por el mero hecho de que está siempre ahí. El sol no sale en vano cada día. |
| Eduardo de Miguel | Revista Diagonal N° 26 (2010) | La luz en la arquitectura no se representa, simplemente esta se manifiesta para configurar el espacio, y es solamente en la construcción en la cual se puede verificar su valor, lo que no permite realizar corrección alguna. |
| Juan Carlos Arnuncio | Revista Diagonal N° 30 (2011) | El valor de la luz se puede entender en muchas obras, uno de los primeros grandes ejemplos recae en el Panteón de Roma, este puede ser el ejemplo más repetitivo de este tema, pero es la verdad. |
| Ramón Vilalta Pujol | Revista Diagonal N° 27 (2011) | Debemos entender que la arquitectura mediante la luz y la sombra, ya que son elementos clave para la humanidad, pero no solo eso, la arquitectura debe permitir experimentar diferentes sensaciones por medio de estos factores naturales. |
| Jesús Aparicio Guisado | Revista Diagonal N° 33 (2012) | El espacio creado es incomprendido si no está bajo la luz natural y son sus características las que permiten que la arquitectura sea percibida por el hombre, características que no es posible conseguir por medio de la luz artificial. |
| Carlos Martí Arís | Revista Diagonal N° 37 (2014) | Es extraño como la luz siendo un elemento intangible se vuelve el centro de la arquitectura, la cual representa principalmente una actividad relacionada a lo material, al peso, y se convierte en un gran riesgo el colocarla tan arriba de la arquitectura ya que resulta ser muy cambiante, difícil de controlar. |

Nota 1. La información presentada es un resumen del contenido expuesto en los párrafos anteriores
Elaboración Autor.

2.2. La luz y el diseño

La luz natural es fuente de belleza y de vida, es el factor que le diferencia al día de la noche, a lo claro de lo oscuro, al arte de lo ordinario y vulgar, por ello debe aprovecharse la claridad natural en forma inteligente y racional, como necesidad espontánea de bienestar y salud para el ser humano (Esquivias et al., 2011).

Se ha demostrado científicamente que la convivencia y común unión del hombre con la luz -a la luz natural desde luego- trae consigo varios aspectos benéficos y favorables para la salud material y mental de una persona.

Desde esta misma perspectiva se afirma que la luz es consustancial al esbozo y al diseño de una morada. Solo a través de aquella se puede entender y plasmar un boceto.

De hecho los constructores necesitan de la luz para plasmar sus ideas. Diseñar no es más que bosquejar una obra sobre la luz, aprovecharse y valerse de ella, trazar una propuesta por la luz y para la luz, lo que en otras palabras significa proyectar comodidad, bienestar y salud para los ocupantes de un espacio (Protiendas S.L, 2013).

Como se señala en distintas publicaciones sobre el tema: “La luz natural es el principal elemento de iluminación del planeta, gracias a ella es posible crear espacios gratos a la

vista y confortantes para realizar cualquier tipo de actividad, es por esta razón que pensar en su aprovechamiento se vuelve una gran herramienta para impulsar el ahorro energético” (Esquivias et al., 2011).

De ahí que muchos especialistas y arquitectos en todo el mundo buscan aplicar estrategias planificadas para su aprovechamiento y explotación, todos ellos diseñando este mundo, diseñando y aprovechando la luz. De ahí que la luz y el diseño van de la mano y no pueden desecharse el uno del otro, se necesitan, se complementan, se conjugan en talento y en destreza, en arte y arquitectura.

2.2.1. Influencia de la luz en la distribución espacial

“El tratamiento de la luz juega un papel importante en la organización conceptual del espacio y determina el modo como se usan los elementos primarios de la arquitectura” (Publiditec, 2014, p. 11).

Los rayos del sol producen un vasto abanico lumínico sobre la tierra y obviamente en el interior de un elemento arquitectónico. La luz natural debe relacionarse con el diseño constructivista en forma determinante, los elementos y colores de la edificación deben armonizarse y optimizar las condiciones de iluminación y no operar independiente e indistintamente. Es fundamental considerar la orientación y dimensiones de lo urbano para aprovechar la luz natural en todo su esplendor (CEI, 2005).

Como se anota en líneas anteriores, la iluminación debe ser planificada al momento mismo del diseño, considerándolo como el arte en sí, como el fin último, como el propósito mismo de la arquitectura. Como afirman los entendidos, la luz debe dirigirse de manera prioritaria sobre el proyecto, conjugando su esencialidad y tratando de no impactar la visualización de los usuarios, porque una cosa es apreciar la luz y el espacio, deslumbrarse a su vista y no deslumbrar ni encandilar la visión (ERGAFP, 2008).

Por lógica común y ni se diga arquitectónica y de diseño: La cantidad de luz natural en un espacio, en una habitación o aposento cualquiera, depende de varios componentes como son por ejemplo el tamaño del lugar a iluminar, la ubicación de cada vidriera, los techos de luz que existan (si existen), el acristalamiento y cualquier otro elemento exterior que pueda permitir u obstruir el paso de la luz (Dirección General de Industria Energía y Minas, 2006).

Aprovechar la luz natural en un espacio es armonizar la arquitectura con el medio ambiente y, a su vez, en ausencia de luminosidad natural, dotar a ese ambiente de luz artificial necesaria y suficiente es la finalidad de una gran arquitectura.

2.3. Componentes de captación lumínica

La pregunta que surge sobre el tema es la que se han formulado muchos creadores y proyectistas, así: ¿Cómo es posible entender la luz desde los primeros pasos del diseño o

cómo lograr que un volumen arquitectónico se convierta en un elemento rendido hacia la luz?. He ahí la interrogante fundamental para un buen diseño con seducción lumínica.

Para lograr este propósito es preciso entender que existen dos elementos indispensables para el bosquejo y utilización benéfica y venturosa de la luz natural, a saber: los mecanismos de conducción y los de transmisión, los cuales pueden y deben trabajar armónicamente y en conjunto. Un buen diseño se servirá de la luz y, a su vez, la luz con conductores y transmisores efectivos, le servirá a ese diseño para apreciarla en toda su dimensión (Guadarrama Gándara and Bronfman Rubli, 2015).

Estos elementos de conducción y de transmisión son los responsables del ingreso y la distribución de la luz natural en el espacio interior de un conjunto. Una vez identificados estos componentes se puede realizar cualquier composición y amalgama al momento del diseño de un espacio logrando captar y aprovechar de menor manera el factor lumínico natural (Serra Florensa and Coch Roura, 1996).

Un caso práctico de la combinación entre estos dos elementos se describe con un pórtico planificado para cualquier construcción, un pórtico que actúe como componente de conducción y comunicación hacia el área interior y el proyecto de dos ventanas que actuarían como componentes de transmisión, estos son los componentes de captación lumínica encargados de permitir el ingreso de la luz al interior del lugar.

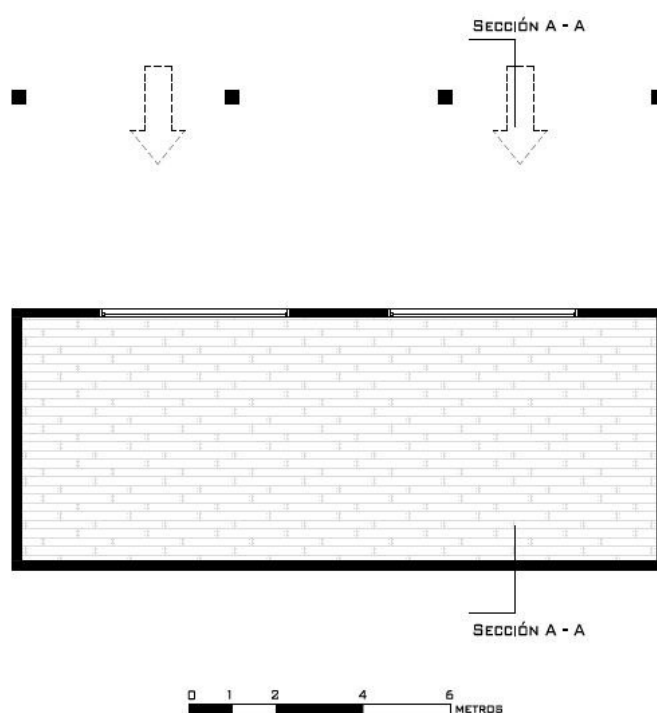


FIGURA 2.1: Componentes de iluminación natural. Elaboración: Autor

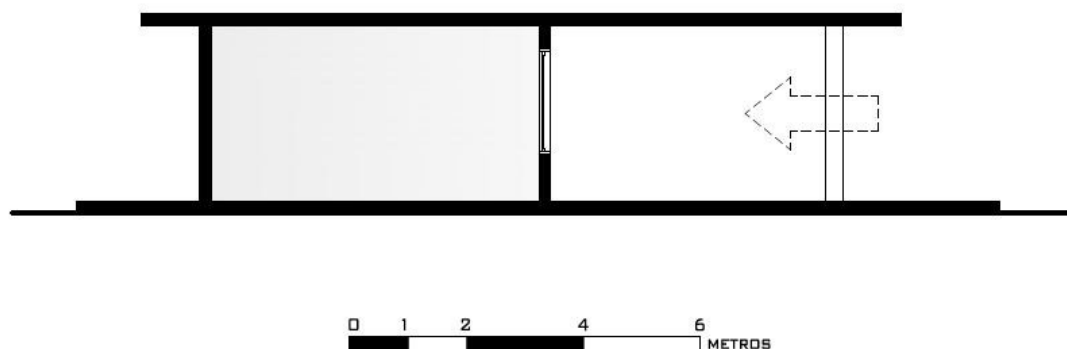


FIGURA 2.2: Componentes de iluminación natural. Elaboración: Autor

2.3.1. Componentes de conducción

Los componentes de conducción son los espacios que permiten distribuir y/o al mismo tiempo conducir la luz hacia el interior de un elemento diseñado. La capacidad para distribuir la luz depende de las características geométricas que este espacio posea, además otros detalles implícitos o adicionales pueden mejorar la funcionalidad de este espacio y determinar la calidad de la luz que se desea trasponer.

Sobre el tema se transcribe lo siguiente: “Existen dos tipos de casos de los componentes de conducción, el primero se puede encontrar a un lado de la edificación o en el perímetro de la misma, se los denomina espacios de luz intermedios; y el segundo caso cuando el espacio forma parte de la edificación interior o conocidos como espacios de luz interiores” (Serra Florensa and Coch Roura, 1996).

Estos componentes de conducción, como su nombre lo indica, deben permitir el transporte de la luz hacia los interiores de un conjunto edificado al mismo tiempo que conjugar y armonizar con su integridad y diseño.

Espacios de luz intermedios

Los espacios de luz intermedios se emplazan en la periferia y el contorno de una edificación, en el intervalo entre el espacio exterior y el interior de un inmueble, de esta forma debe permitir la luminosidad hacia el interior. Pueden descubrirse libres al exterior, absoluta o parcialmente cerrados o permitir cierta graduación para este propósito. (Serra Florensa and Coch Roura, 1996).

Un ejemplo típico de este intermedio es un pasillo que se encuentre en la zona perimetral de una edificación, tal el ejemplo gráfico que se proyecta:



FIGURA 2.3: Cerrado al exterior. Recuperado de: <https://www.webstagram.one>

El otro caso de los portales es el que se encuentra totalmente abierto al exterior y que cumple la misma función elemental como componente de conducción (Serra Florensa and Coch Roura, 1996).

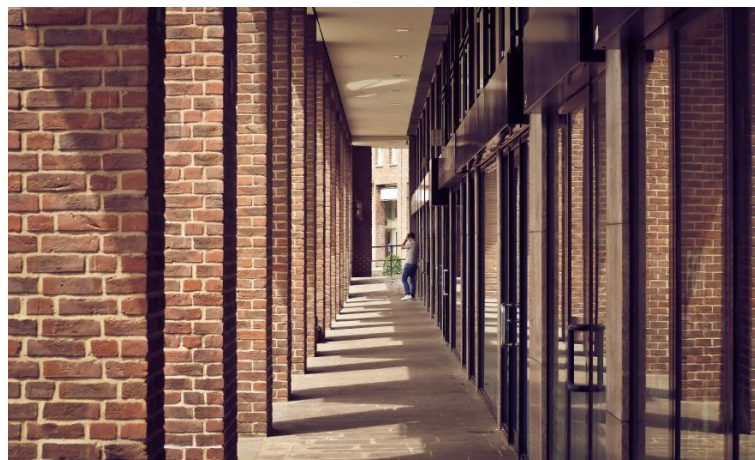


FIGURA 2.4: Abierto al exterior. Recuperado de: <https://pxhere.com>

Espacios de luz interiores

Estos elementos forman parte del interior de una edificación y cumplen con la función de distribuir la luz del exterior hacia los espacios que no se encuentren cerca de la zona perimetral del edificio. Se entienden como espacios de luz interiores a los patios y atrios de un inmueble.

Un ejemplo de patio interno se visualiza a continuación de este párrafo, ahí se aprecia la conducción directa de la luz natural exterior a los recodos de la vivienda. Dependiendo del

material con el que se encuentre elaborada la construcción se conseguirá una iluminación más continua e intensa, con colores más claros y reflectivos se elevaría aún más el nivel de iluminación (CEI, 2005).



FIGURA 2.5: Patio interno. Recuperado de: <https://www.pinterest.com>

El otro ejemplo manifiesto de la distribución gráfica de la luz es el atrio de un edificio que cumple con similar función de repartir la luz natural a los espacios contiguos. Tratándose de edificios y construcciones grandes por lo regular estos espacios están destinados para oficinas y dependencias, sean públicas o privadas.

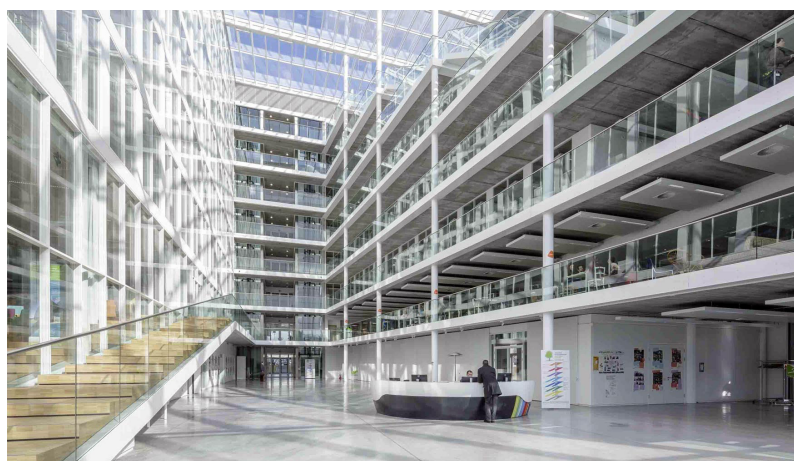


FIGURA 2.6: Atrio. Recuperado de: <http://www.foztee.com>

2.3.2. Componentes de transmisión

Estos componentes tienen la función esencial de relacionar dos ambientes diferentes y lograr que la luz recibida pase de un espacio a otro, poseen diferentes dimensiones y

materiales según sea el diseño de edificio. Pueden llevar elementos intrínsecos de control de la luz (Serra Florensa and Coch Roura, 1996).

La forma más básica y elemental de conseguir la transmisión de la luz natural hacia los espacios interiores de un conjunto edificado es por medio de un vano o ventana, en arquitectura se refiere a cualquier abertura en una superficie compacta.

Ventana

Etimológicamente el término ventana viene del latín “ventus”, que quiere decir vano, medio a través del cual se puede iluminar y ventilar una habitación. A su vez, el término vano viene del latín “vanus” que significa algo hueco, vacío o sin solidez. Ahora bien, a lo largo de la historia se registraron una serie de variaciones y aplicaciones diversas respecto a la ventana, a tal punto de que en determinado momento cronológico dejó de ser importante para el diseño, volviéndose frecuente la utilización de ventanas falsas en las construcciones de edificios. Esto no ocurrió en las viviendas en donde las ventanas fueron diseñadas con la idea de cumplir la función que se establece en su definición etimológica: Dar luminosidad y ventilar, de plena actualidad en nuestros días (García, 2009).

Le Corbusier decía: *“Toda mi arquitectura se basa en las ventanas. Ventanas totalmente adaptadas a las nuevas condiciones del hormigón armado y de la metalurgia, pero también readaptadas a las funciones humanas. Las ventanas son de preocupación capital”* (como se cita en Héctor Muñoz Muñoz, 2015, p. 11).

En el pasado existió un debate a cerca de la ventana entre Le Corbusier y su antiguo maestro Auguste Perret (1874 - 1954). Ambos tenían ideas muy claras respecto a este elemento, para Le Corbusier la ventana horizontal era la mejor manera de resaltar el valor del paisaje, ya que mantenía una visión panorámica (vista horizontal) y permitía una mejor iluminación. Esta idea no la compartió Perret al defender la ventana vertical tradicional, estaba convencido de que el proponer ventanas horizontales corridas disminuía la riqueza y el funcionamiento de una ventana tradicional, su idea se basaba en que la ventana vertical enmarca a un hombre, a su figura, ésta le permite una visión completa entre el espacio, el contorno cercano y el lejano. Lo cierto es que la ventana corrida de Le Corbusier logró cambiar la forma de ver las cosas, alejarse un poco de las ventanas tradicionales y ser parte de un cambio que ayudará a la arquitectura a elaborar un componente capaz de cumplir con las necesidades de las personas (Leatherbarrow & Mohsen, 2007).

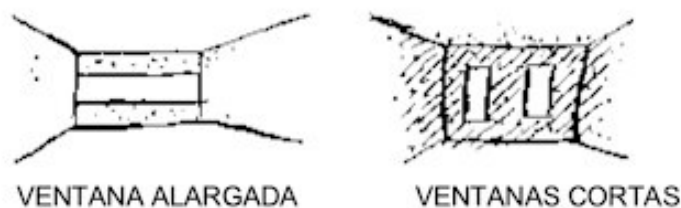


FIGURA 2.7: Ventana. Recuperado de: <https://arquipopblog.wordpress.com>

El principal elemento para el aprovechamiento de la luz es la ventana, con ella es posible conseguir la entrada de la iluminación natural, mantener la visión y el contacto directo con el exterior, además permite la ventilación al espacio interior (CEI, 2005).

Si se utiliza la ventana como un medio para el ingreso de la luz natural lo más favorable resulta colocarlo en un lugar alto y darle una dimensión adecuada, de esta manera se aprovechará mejor ésta capacidad (de la construcción, 2012).

Un estudio más amplio sobre la ventana puede dar más posibilidades al momento de diseñar un elemento arquitectónico.

Proporción de una ventana

Cuando se trata de colocar una ventana en una fachada edificada es importante considerar su tamaño y forma en general, ya que son las que permiten el ingreso de luz al edificio. Por su distribución dentro de un espacio se pueden clasificar en tres tipos:

- Unilateral, cuando existe abertura en una sola de las paredes.
- Bilaterales, cuando poseen aberturas en dos de las paredes que conforman el espacio. Esta opción resulta beneficiosa para la distribución de la luz.
- Multilateral, cuando el espacio posee aberturas en tres de sus paredes, el resultado de la iluminación es relativamente más uniforme en relación a las anteriores.

Uno de los factores que limita el área de un espacio, o en este caso su profundidad, es el tamaño de la ventana, ya que resulta ser el único elemento de iluminación natural, aunque esto sucede solo si hay iluminación unilateral. En el cálculo de esta medida existe una regla que indica que el espacio iluminado por luz natural resulta ser igual a 1,5 veces la altura de la ventana con relación al suelo. Es decir, mientras más alto se disponga una ventana con relación al suelo, se conseguirá mayor profundidad de la luz en el espacio y una mejor distribución, así de simple (de la construcción, 2012).

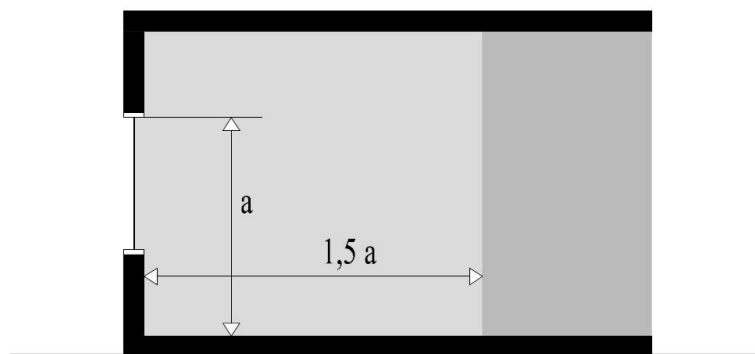


FIGURA 2.8: Proporción de una ventana. Elaboración: Autor

Nivel de acristalamiento

Acristalar es colocar hojas de vidrio, policarbonato u otro material transparente, en los marcos de ventanas, puertas, espejos u otras superficies de cerramiento o decoración; esta es la definición tradicional. En la actualidad, existen técnicas de acristalamiento que permiten la instalación de dos o más cristales, generalmente paralelos, con una cámara de aire entre ambas, lo cual proporciona un mayor nivel de aislamiento térmico y/o acústico, según la necesidad del ser humano.

El aumento de los niveles de ruido (contaminación ambiental) junto al incremento del espacio de la fachada tradicionalmente reservado a la instalación de ventanas, han hecho necesario desarrollar nuevos productos vítreos que cubran las nuevas demandas de protección térmica, solar, resistencia a los impactos y protección frente al ruido aéreo.

Si en un espacio se coloca una ventana de dos metros de superficie esta representa igual iluminación que colocar dos ventanas de un metro de superficie cada una, considerando obviamente desde un punto de vista luminoso con relación al área del lugar; pero esto no significa que se consigue el mismo resultado en todos los puntos, ya que en el ejemplo se vería afectado la distribución de la luz, además de la visibilidad hacia el exterior y la ventilación natural que se pueda obtener en la habitación (CEI, 2005). En la siguiente tabla se puede apreciar los diferentes niveles de acristalamiento.

Tabla 2.2: NIVELES DE ACRISTALAMIENTO

| Nivel de acristalamiento | Porcentaje de iluminación |
|--------------------------|---------------------------|
| Muy bajo acristalamiento | menor al 1 % |
| Acristalamiento bajo | Entre 1 - 4 % |
| Acristalamiento medio | Entre 4 - 10 % |
| Elevado acristalamiento | Entre 10 - 25 % |
| Muy alto acristalamiento | Mayor al 25 % |

Elaboración Autor.

Se debe tomar en consideración que un nivel de acristalamiento mayor puede provocar el deslumbramiento que resulta molesto para los usuarios, a más de problemas en el control térmico del espacio; en tanto que, si existe un menor nivel de acristalamiento puede que no se logre conseguir el nivel de iluminación suficiente que la habitación requiere para una finalidad específica (CEI, 2005).

Posición

La posición de una ventana en un espacio resulta clave para la fachada y puede determinar varios puntos favorables o desfavorables que se deben analizar e interpretar al momento del diseño arquitectónico.

Una ventana alta con relación al suelo permite extender el nivel de profundidad de la luz del exterior en el espacio y mejorar relativamente la distribución, lo que resulta en beneficio para realizar todo tipo de actividades, aunque se debe considerar que si se coloca la ventana a gran altura se estaría perdiendo visibilidad hacia el exterior. En otro caso una ventana central en una pared produce también una buena distribución de la iluminación, pero se corre el riesgo de producir deslumbramiento en el interior, lo que se podría evitar colocando la ventana en una esquina, aunque se vería afectada la distribución de luz natural (CEI, 2005).

Tabla 2.3: COMPONENTES DE CAPTACIÓN LUMÍNICA

| Componentes de captación lumínica | Tipo | Descripción |
|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| Componentes de conducción | Espacios de luz intermedios | Se definen como los espacios que se encuentran en el contorno de una edificación, se pueden encontrar abiertos al exterior, parcial o totalmente cerrados. |
| | Espacios de luz interiores | Son los denominados patios internos, es decir, se encuentran dentro de la edificación y permiten el ingreso de la luz. |
| Componentes de transmisión | Ventana | Es el principal elemento para el ingreso de la luz natural, además ayuda a mantener un contacto con el exterior. |
| | Proporción de una ventana | Las dimensiones de una ventana influyen en la cantidad de luz que ingresa a un espacio, mientras más grande sea el tamaño, más área tendrá la luz para ingresar. |
| | Nivel de acristalamiento | Depende netamente del material que se coloque en los marcos de las ventanas, puede ser un vidrio transparente, policarbonato o cualquier otro material que pueda cumplir con la misma función, aunque dependiendo de éste, se determina la cantidad de luz que ingresa a un espacio. |
| | Posición | Es un elemento importante para considerar en el diseño de iluminación, mientras más alta se encuentre una ventana con relación al piso del local, mejor será la distribución de la luz en el interior. |

Nota 1. Se representó un resumen de los componentes de captación lumínica.

Elaboración Autor.

2.4. Sistemas de captación lumínica

Los sistemas de captación lumínica son los elementos constructivos que posee una edificación con la principal función de conseguir el ingreso de la iluminación hacia su interior, permitiendo realizar las distintas actividades en el espacio. La cantidad, calidad y distribución de la luz depende directamente de estos elementos constructivos (Pattini, 2007).

Existen dos clases de sistemas de captación, así: El sistema de iluminación lateral, diseñado en una o varias paredes de un espacio, permitiendo el acceso de la luz a una

habitación. Y el sistema de iluminación cenital, el cual distribuye la luz natural por medio del techo de la edificación.

2.4.1. Sistema de iluminación lateral

La iluminación lateral se obtiene cuando la luz que ingresa a un espacio llega desde un vano ubicado en un elemento vertical. Dentro de este sistema de iluminación se encuentra el sistema unilateral y bilateral.

Unilateral

El sistema de iluminación unilateral posee ventanas/vanos solamente en una de las caras de la habitación, siendo así el único elemento específico que aporta sustancialmente para el ingreso de la luz natural, por este motivo resulta muy importante la correcta ubicación al momento del diseño para distribuir uniformemente la luz en el espacio. Éste vano debe poseer un elemento de control para regular el ingreso de la luz directa al sitio de trabajo, además de evitar el deslumbramiento (Soler and Pilar, 1996).

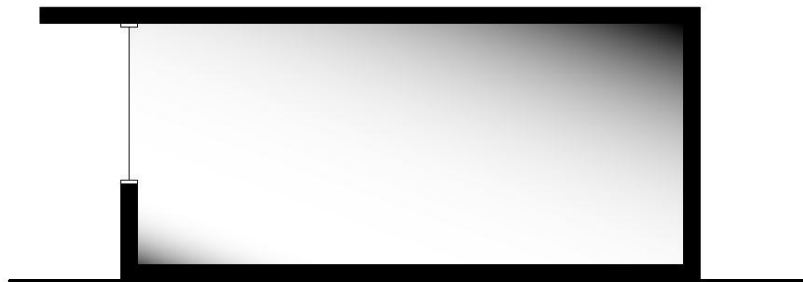


FIGURA 2.9: Iluminación unilateral. Elaboración: Autor

Bilateral

El sistema de iluminación bilateral conserva dos filas de ventanas/vanos dentro de la habitación, por lo general se encuentran en dos paredes opuestas. Este sistema, a diferencia del unilateral, mejora en gran cantidad la distribución de la luz en el interior de un espacio (Véliz Gómez, 2013).

Por lo habitual se diseña la segunda ventana de menor altura a la primera y se sitúa en la parte más alta de la pared.



FIGURA 2.10: Iluminación Bilateral. Elaboración: Autor

2.4.2. Sistema de iluminación cenital

El sistema de iluminación cenital, a su vez, permite una luminiscencia por la parte superior de una edificación, un hueco en el plano horizontal, mediante el cual la luz ingresa de manera vertical sobre el espacio. Se puede controlar la cantidad de luz que ingresa mediante elementos que permitan modificar las dimensiones de dicha abertura (Flores Soto, 2011). Los casos más comunes de este sistema son:

Monitor

Este sistema se utiliza por lo general en espacios que no poseen ventanas en ninguna de sus paredes. Es un elemento que se ensambla en la cubierta y se diseña a cierta altura, lo que permite el ingreso de la luz hacia el interior. Puede poseer vanos en cualquiera de sus partes o en todo su alrededor (Véliz Gómez, 2013).

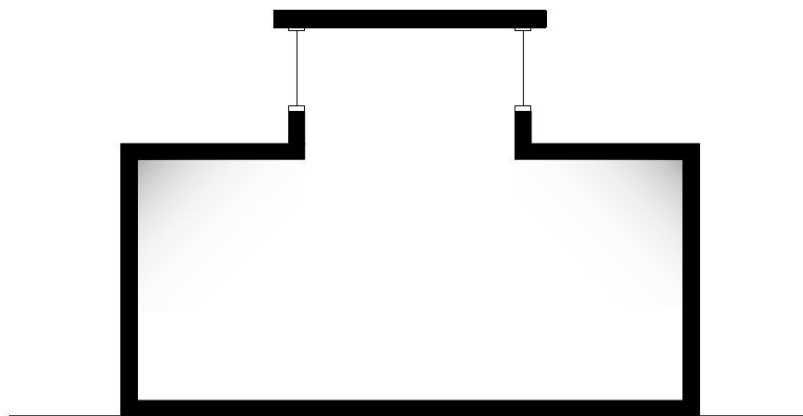


FIGURA 2.11: Iluminación por monitor. Elaboración: Autor

Claristorio

El claristorio es una solución arquitectónica que apoya a los sistemas de iluminación lateral, a través de esta técnica se levanta un lado de la cubierta para permitir el ingreso de la luz natural hacia el espacio interno. Generalmente esta abertura se orienta en la dirección de las ventanas laterales del edificio. Este sistema se aplica en casos en los cuales existen problemas de deslumbramiento provocados por la iluminación lateral no controlada. Antiguamente fue utilizado por el paleo cristiano (Academic, 2010). Recuperado de: <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/269505>

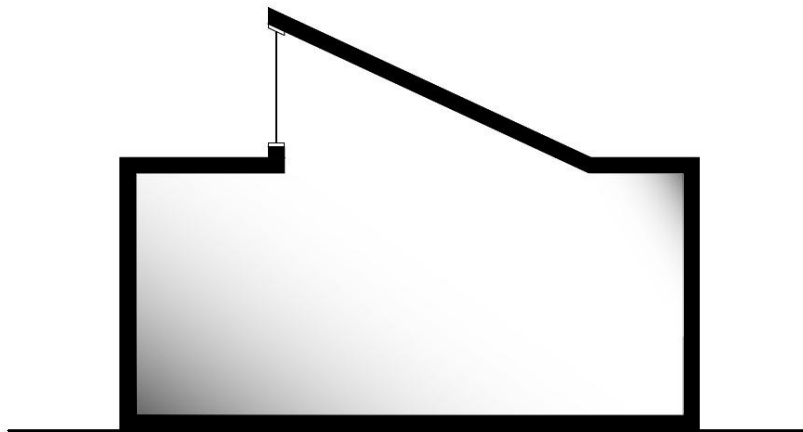


FIGURA 2.12: Iluminación por claristorio. Elaboración: Autor

Dientes de sierra

Este tipo de cubierta está compuesta por diversas coberturas de menor tamaño, este sistema es una variación del anterior, se dispone la elevación en forma secuencial de filas, de suerte que su diseño se asemeje a los dientes de una sierra. Por lo general son orientados con dirección norte, de esta manera prevén la radiación que se puede colar al interior del espacio, además genera una iluminación uniforme y de buena calidad (Diccionario de Arquitectura y Construcción, 2019). Recuperado de: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-cubierta+en+diente+de+sierra>

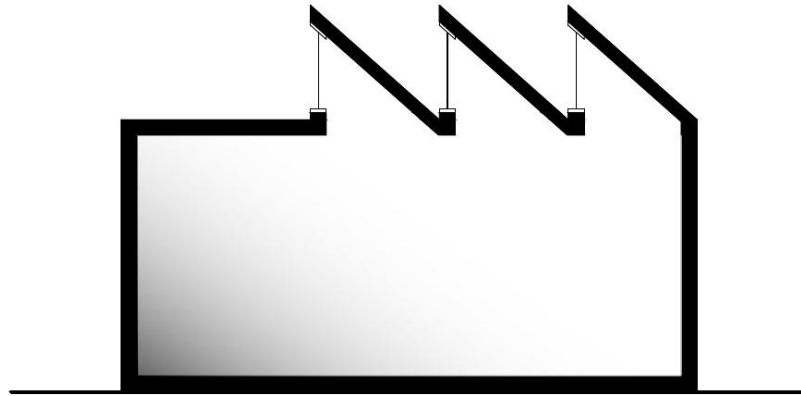


FIGURA 2.13: Iluminación por dientes de sierra. Elaboración: Autor

Claraboyas

El sistema de claraboya es una ventana en el techo o cubierta que permite el ingreso de la luz al espacio interior, se aplica de diferentes maneras, puede ser en diseño piramidal, abovedadas o como paneles planos en la cubierta. El principal problema que deviene con el uso de claraboyas es la radiación solar directa y el deslumbramiento. Por lo general se diseña este sistema con diferentes materiales para su acristalamiento, esto depende directamente del nivel de dificultad que se presente al momento de la iluminación, estos varían entre paneles de vidrio y acrílico o con plásticos que refuerzan este sistema y protegen el interior de la edificación (Educalingo, 2019). Recuperado de: <https://educalingo.com/es/dic-es/claraboya>

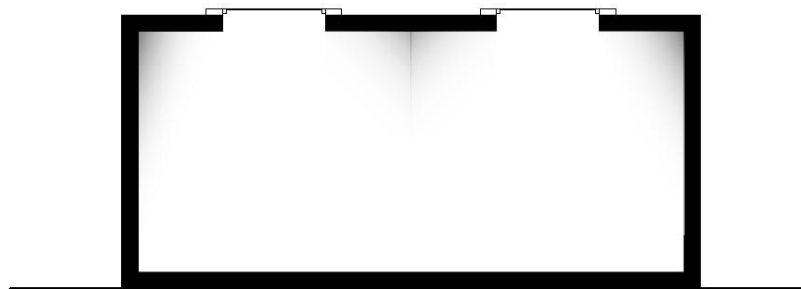


FIGURA 2.14: Iluminación por claraboyas. Elaboración: Autor

2.4.3. Sistema de iluminación global

Los componentes globales llegan a ser solo una parte o el total de un envolvente, estos permiten una incidencia lateral o cenital hacia el interior. Para estos elementos existen varias herramientas que ayudan a controlar la luz hacia el interior de un inmueble.

El ejemplo más básico de un componente de transmisión dentro del diseño archi-

tectónico es la ventana, la cual permite una interacción directa entre el campo interior y el exterior, además de representar un ingreso de la luz y el calor. Una ventana permite también una conexión acústica, buena ventilación del interior de un espacio y una visión y perspectiva interior – exterior y viceversa. El diseño de una ventana está regido por el tipo, forma, posición y orientación entre otros elementos. Estos complementos son trascendentes y precisan un análisis minucioso por parte del diseñador arquitectónico (Guadarrama Gándara and Bronfman Rubli, 2015).

El propósito inmediato de analizar estos elementos es lograr un confort adecuado en un espacio globalizado, tomando en consideración las condiciones ya mencionadas anteriormente, así como todas las opciones viables que pueden existir en un proyecto. De esta manera será posible desarrollar estrategias de iluminación mucho más claras y precisas.

Tabla 2.4: SISTEMAS DE CAPTACIÓN LUMÍNICA

| Sistema de iluminación | Tipo | Descripción |
|--------------------------------|-------------------|--|
| Sistema de iluminación lateral | Unilateral | Posee ventanas/vanos solamente en una de las caras de la habitación, siendo así el único elemento que aporta para el ingreso de la luz natural. |
| | Bilateral | Conserva dos filas de ventanas/vanos dentro de la habitación, por lo general se encuentran en dos paredes opuestas. |
| Sistema de iluminación cenital | Monitor | Se utiliza en espacios que no poseen ventanas en ninguna de sus paredes. Se ensambla en la cubierta. |
| | Claristorio | Apoya a los sistemas de iluminación lateral. Se levanta un lado de la cubierta para permitir el ingreso de la luz natural hacia el espacio, esta abertura se orienta en la dirección de las ventanas laterales del edificio. |
| | Dientes de sierra | Esta compuesta por diversas cubiertas de menor tamaño, se coloca la elevación en filas de manera que su diseño se asemeje a los dientes de una sierra. Son orientados al norte. |
| | Claraboyas | Es una ventana en el techo o cubierta que permite el ingreso de la luz al espacio interior, puede ser en diseño piramidal, abovedadas o como paneles planos en la cubierta. |
| Sistema de iluminación global | | Permiten una incidencia lateral o cenital hacia el interior. |

Nota 1. Se representó un resumen de los sistemas de captación lumínica.
Elaboración Autor.

2.5. Superficies para la distribución de la luz

La superficie de los objetos que componen una edificación es trascendental para la claridad y distribución de la luz al interior de un inmueble. Sobre su extensión se irradian los rayos de luz, naturales o artificiales, que determinan el grado de luminosidad de ese espacio.

De ahí que la propiedad reflejante de una superficie resulta muy importante al momento de iluminar un espacio; si la superficie esta pulida se obtendrá un porcentaje de reflexión mayor que la que se obtiene de una superficie rugosa. Gracias a la distribución de la luz y a las propiedades de la reflexión es posible apreciar de mejor manera una obra arquitectónica en su conjunto, así como los objetos distribuidos en su área (Sirlin, 2005).

2.5.1. Reflectancia de los materiales

El factor reflectancia es el nivel de reflexión que posee una superficie con relación a la luz. Por lo general este valor se expresa en porcentajes (%). En una edificación es recomendable tener un alto nivel de reflectancia en el techo de un espacio, de esta manera se logra reducir el deslumbramiento (en el caso de existir) y mejorar la distribución de la iluminación en el interior. En el caso que se disponga con una fuente de luz directa, el nivel de reflexión debe rondar el 70 % aproximadamente; para espacios con luz indirecta el porcentaje debe ser cercano al 80 % Recuperado de: <https://www.ecophon.com/es/sobre-ecophon/propiedades-tecnicas1/Aspecto-visual/Light-reflectance/>

Iluminet dice que la reflectancia se da cuando la luz choca contra una superficie y esta se ve reflejada. El nivel de esta reflexión depende netamente del material de este elemento. En dos cuartos idénticos en sus dimensiones, pero con materiales de construcción diferentes, no es posible tener el mismo nivel de iluminación. Un espacio con revestimiento de hormigón (nivel de reflectancia 10-20 %) necesita mucha más iluminación que un espacio con revestimiento de madera (nivel de reflectancia 30-50 %) por lo que resulta importante conocer la reflectancia al menos de los materiales más comunes (Iluminet revista de iluminación, 2019). Recuperado de: <https://www.iluminet.com/luz-iluminacion-reflectancia/>

Tabla 2.5: NIVEL DE REFLECTANCIA (%) DE ALGUNOS MATERIALES

| Material | Reflectancia (%) |
|---------------------------|------------------|
| Ladrillo esmaltado blanco | 75 - 85 |
| Mármol blanco | 60 - 70 |
| Piedra arenisca oscura | 15 - 30 |
| Ladrillo visto claro | 30 - 40 |
| Ladrillo visto oscuro | 15 - 30 |
| Madera clara | 30 - 50 |
| Madera oscura | 10 - 30 |
| Granito intermedio | 10 - 30 |
| Hormigón natural | 10 - 20 |
| Piedra arenisca | 10 - 20 |

Nota 1. Se representó el valor de los materiales más comunes.
Elaboración Autor.

Todos los materiales que rodean un espacio poseen un nivel de reflectancia determinada en su superficie que, al final, son de gran importancia en la iluminación interior.

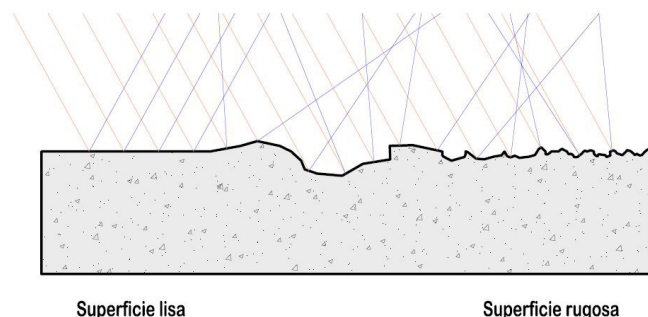


FIGURA 2.15: Reflexión - Superficie lisa y rugosa. Elaboración: Autor

Cuando la luz llega a estas superficies y choca, por ejemplo, con una superficie lisa podría ser reflejada normalmente con el mismo nivel de incidencia, o en el caso de que el material posea una superficie rugosa la luz podría reflejarse en distintas direcciones, creando una reflexión difusa. Además de esta característica del material mucho depende también del color con que se decora el interior de un espacio para determinar cuanta luz es reflejada y cuanta otra es absorbida por el efecto de esa reflectancia. A continuación se expone el nivel de reflectancia de algunos materiales y colores (Laszlo, 2016).

Tabla 2.6: REFLECTANCIA DE ALGUNOS COLORES Y MATERIALES

| Color | Refl. (%) | Material | Refl. (%) |
|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| Blanco | 70-75 | Revoque claro | 35-55 |
| Crema claro | 70-80 | Revoque oscuro | 20-30 |
| Amarillo claro | 50-70 | Hormigón claro | 30-50 |
| Verde claro | 45-70 | Hormigón oscuro | 15-25 |
| Gris claro | 45-70 | Ladrillo claro | 30-40 |
| Celeste claro | 50-70 | Ladrillo oscuro | 15-25 |
| Rosa claro | 45-70 | Mármol blanco | 60-70 |
| Marrón claro | 30-50 | Granito | 15-25 |
| Negro | 4-6 | Madera clara | 30-50 |
| Gris oscuro | 10-20 | Madera oscura | 10-25 |
| Amarillo oscuro | 40-50 | Vidrio plateado | 80-90 |
| Verde oscuro | 10-20 | Aluminio mate | 55-60 |
| Azul oscuro | 10-20 | Aluminio pulido | 80-90 |
| Rojo oscuro | 10-20 | Acero pulido | 55-65 |

Nota 1. Se representó el valor de los colores y materiales más comunes.
Elaboración Autor.

Conocer el nivel de reflectancia de los materiales empleados en una construcción resulta importante ya que, al momento de diseñar o restaurar un espacio arquitectónico, se puede realizar un estudio de iluminación para determinar el nivel de luz natural del cual se goza, de esta manera se puede controlar la incidencia de la luminosidad en el interior de una vivienda.

2.5.2. Material de acristalamiento

Como ya se mencionó al momento de explicar este concepto, los materiales para el acristalamiento suelen ser el vidrio o el plástico, entre los más comunes. Estos materiales ofrecen varias características que inciden directamente en el nivel de iluminación de un elemento arquitectónico, lo que al momento de iluminar el espacio resulta de suma importancia.



FIGURA 2.16: Acristalamiento. Recuperado de: <http://cristaleriatama.com>

Transmisión luminosa

La transmisión luminosa es el porcentaje de la luz natural que el vidrio deja pasar al interior del espacio.

Factor solar

El factor solar es la energía térmica que pasa a través del vidrio, consecuencia de la radiación.

Estas son las características más importantes de los vidrios ya que en el caso de ubicarse en un lugar con clima caluroso resultaría conveniente elegir un vidrio con alta transmisión luminosa pero que posea un bajo factor solar (CEI, 2005).

Tabla 2.7: REFLECTANCIA DE ALGUNOS COLORES Y MATERIALES

| Grupo | Tipo | Espesor vidrio (mm) | Transmisión Luminosa | Factor solar |
|--------------------|--------------|---------------------|----------------------|--------------|
| Simple | Claro | 3 | 0.90 | 0.89 |
| Simple | Claro | 4 | 0.89 | 0.85 |
| Simple | Claro | 6 | 0.89 | 0.85 |
| Doble | Claro-claro | 4 | 0.79 | 0.77 |
| Doble | Claro-claro | 6 | 0.88 | 0.72 |
| Doble reflectante | Claro | 6 | 0.55 | 0.30 |
| Doble reflectante | Plata | 6 | 0.30 | 0.32 |
| Doble reflectante | Verde | 6 | 0.23 | 0.21 |
| Doble reflectante | Verde oscuro | 6 | 0.20 | 0.18 |
| Doble reflectante | Bronce | 6 | 0.18 | 0.23 |
| Doble reflectante | Azul | 6 | 0.16 | 0.20 |
| Doble reflectante | Gris | 6 | 0.14 | 0.21 |
| Doble bajo emisivo | Claro | 4 | 0.77 | 0.65 |
| Doble bajo emisivo | Claro | 6 | 0.67 | 0.52 |
| Doble bajo emisivo | Reflectante | 4 | 0.75 | 0.54 |

Nota 1. Se representó el valor de los colores y materiales más comunes.

Elaboración Autor.

2.5.3. El color

El color permite ver y entender todo el alrededor, perfiles, luz y sombra, al punto que una persona dirija su mirada, vera todo lleno de color. El color se halla intrínseco en todos los objetos y guarda relación inmediata con nuestro ser interior, de ahí que no todas las personas guardan un mismo gusto respecto a los colores. Un ejemplo para entender más claro esta aseveración es el de una planta: A una planta se la ve, se la puede arrancar sus hojas, se la puede cortar, pero no se le puede quitar su color verde, porque el color no esta en la planta, esta en nuestro cerebro.

Todo objeto presenta propiedades químicas y físicas en su cuerpo, si se aprecia un objeto blanco es porque éste objeto refleja la luz por completo, lo que le hace ver blanco; si se ve un elemento opaco es porque absorbe parte de la luz que incide sobre él y parte de ella se refleja; en el caso de un objeto negro, se aprecia así porque absorbe toda la luz

que llega a ese objeto. En el caso de un elemento que se aprecia de color azul, cuando la luz viaja y choca contra éste objeto se refleja la onda corta la cual corresponde al color azul, las demás ondas son absorbidas por las características del objeto, de esta forma es como se aprecia el color (Cortés Parejo, 2000).



FIGURA 2.17: Color, absorción y reflexión de la luz. Recuperado de: <https://histoptica.com>

2.5.4. Propiedades del color

El color posee 3 propiedades que permiten definir su aspecto final, estas son:

Matiz o tono

El matiz o tono es el estado puro del color sin presencia del blanco o el negro, es la característica que permite distinguir el color azul del rojo. Científicamente esta relacionado con la longitud de la onda luminosa, la cual refleja una superficie. Un ejemplo claro del matiz se halla en el círculo cromático, tomando para el caso al verde amarillento o al verde azulado, ambos colores son matices del verde (de los Santos, 2010).



FIGURA 2.18: Matiz. Recuperado de: <https://www.ilustraciology.com>

Valor

El valor es la cualidad del color para definir que tan claro u oscuro puede ser este. Resulta muy importante el valor ya que es capaz de crear diferentes sensaciones de

color, a manera de una degradación. Cuando se va colocando el negro a un color va disminuyendo su valor y, al contrario, cuando se le agrega blanco su valor aumenta. Para entender este sistema se debe partir de un color puro, y después jugar con el blanco y negro, tal el ejemplo que a continuación se visualiza (Moreno, 2004). Recuperado de: <https://desarrolloweb.com/articulos/1503.php>



FIGURA 2.19: Valor. Recuperado de: <http://color1claudiagarvey.blogspot.com>

Saturación o brillo

Cuando se elige un color puro del círculo cromático se dice que ese color está saturado, lo que significa que está vivo, es decir la saturación es el representante de la pureza o intensidad del color. Esta propiedad del color resulta un tanto compleja de comprender, sobre todo en la práctica. Para cambiar la saturación de un color es necesario mezclarlo con su opuesto (en el círculo cromático), así v.g. al amarillo, para animarlo en su tonalidad oscura se requiere mezclarlo con el violeta que es su opuesto en la órbita cromática; o con el gris, en una combinación igual entre el blanco y el negro (Artes Visuales, 2016). Recuperado de: <https://artesvisuales.mx/2016/11/08/que-es-el-color-teoria-del-color-y-sus-propiedades/>

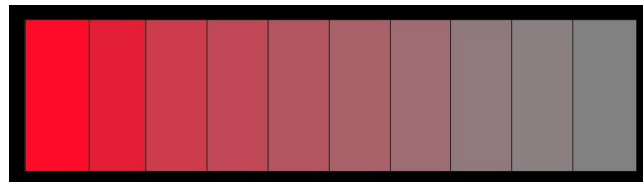


FIGURA 2.20: Saturación. Recuperado de: <http://culturavisualcomoformadevida.blogspot.com>

Los elementos analizados en el capítulo 2 de la documentación serán de utilidad más adelante para el análisis de casos y la propuesta de iluminación. Los temas que resaltan son:

Tabla 2.8: RESUMEN - CAPÍTULO 2

| Tema general | Tema específico | Análisis | Aplicación |
|---|--|--|---|
| La luz y el diseño | Influencia de la luz en la distribución espacial | El trayecto solar produce diferente iluminación en el interior de una habitación dependiendo de la fecha y hora, lo que obliga a planificar de mejor manera la luz junto al diseño general. | Esto permitirá entender como funciona la luz en el espacio interior, lo que permitirá redistribuir el mobiliario existente en el espacio, de tal manera que se beneficie de la luz natural. |
| Componentes de captación lumínica | Componentes de conducción | Estos componentes cumplen con la función de conducir la luz a un espacio arquitectónico. Se pueden encontrar ya sea en un costado de la edificación o en su interior, como un patio interno. | Servirá como elemento a considerar dentro del análisis de casos, para entender de que manera se conduce la luz a la edificación. |
| | Componentes de transmisión | Son los encargados de relacionar dos ambientes diferentes, además de permitir el paso de la luz. El elemento más básico es la ventana. | En base a esta información se realizará el análisis de los elementos que transmiten la luz al espacio de oficinas. |
| Sistemas de captación lumínica | Lateral | Este sistema presenta ventanas en las paredes verticales de la edificación, de esta forma introduce la luz al interior. | Estos sistemas servirán como opciones para la propuesta de iluminación y el aprovechamiento de la luz en las oficinas. |
| | Cenital | Este sistema se compone de vanos en la cubierta o losa de una edificación. Existen de varios tipos, claraboyas, claristorio, diente de sierra. | En el caso de no conseguir una iluminación lateral correcta, se buscará aprovechar la luz cenital en los casos que se permita este tipo de sistema. |
| Superficies para la distribución de luz | Materiales | Los materiales poseen diferente nivel de reflexión. Se debe poseer un buen nivel de reflexión en el cielo raso de un espacio, esto permitirá distribuir de mejor manera la luz en el interior. | Será de gran utilidad para conseguir mejorar la iluminación interior a base de materiales que posean buen nivel de reflexión. |
| | Colores | Los colores también presentan un nivel de reflexión al igual que los materiales, esto es importante conocer para mejorar la iluminación interior en un espacio. | Al igual que los materiales, los colores serán opción para mejorar la iluminación interior. |

Nota 1. Se expone un resumen capítulo 2 con los temas a utilizar en el análisis de casos.

Elaboración Autor.

Los temas estudiados hasta este punto permitirán la elaboración del análisis de casos, considerando éstos elementos como factores para evaluar las características físicas de los espacios analizados. Éstos serán los encargados de descifrar el funcionamiento lumínico de las oficinas, exponiendo los resultados en base a los criterios establecidos.

Una vez completado el proceso de análisis, serán estos mismos criterios los que permitan la elaboración de las bases para el planeamiento de soluciones a los distintos problemas de iluminación en el caso de que aquellos existan.

En el cuadro se explican los temas generales y específicos, y junto a ellos la influencia que tendrán éstos en el desarrollo del análisis de casos y la propuesta para mejorar los problemas de iluminación.

2.6. Estudio de la normativa de iluminación

Para el desarrollo del documento resulta importante realizar un análisis de la normativa existente a manera local e internacional acerca de la iluminación en los espacios de oficinas.

En el estudio de las normativas se consideró principalmente las características de la normativa que considera los niveles de iluminación para las diferentes actividades en oficinas, los elementos de diseño que permiten mejorar la iluminación además de los niveles de reflexión de los materiales como opción de propuesta.

Se optó por clasificar la información encontrada que se pensó necesaria para los objetivos del trabajo. Previamente se revisó la normativa a disposición, esto permitió elaborar una comparación final entre la información hallada con el fin de resaltar los aspectos más relevantes para el documento. Como indica Pérez Serrano (1994), *“diseñar una estrategia de actuación sin un modelo conceptual previo nos llevaría a una interpretación y posterior análisis de los datos un tanto dudosa y posiblemente imprecisa”* (como se cita en Fernando López Noguero, 2002, p. 167).

Cabe destacar que toda la normativa analizada se encuentra ubicada en los anexos del documento, esto para un mejor manejo de la información.

A continuación se expone un cuadro resumen de distintos puntos de las normativas analizadas.

Tabla 2.9: RESUMEN - NORMATIVA

| Normativa | Niveles de iluminancia mínimos | Iluminación natural | Deslumbramiento |
|-------------------|---|--|---|
| Norma Ecuatoriana | El nivel de iluminación mínimo recomendado es de 200 lux en el interior de una oficina general. | La luz natural se utilizará como base para iluminar el interior de una edificación. En el caso de no lograr el nivel requerido, será necesario implementar iluminación artificial. | Se evitará además cualquier deslumbramiento provocado por la ventana. |
| Norma Colombiana | Para lugares de trabajo (oficina general) el nivel de iluminación mínimo de 300 lux. | Se debe buscar el método de ingresar luz natural al espacio mediante la difusión o reflexión, evitando el uso de la iluminación artificial. | Se debe evitar que la luz directa ingrese sobre el plano de trabajo ya que provoca deslumbramiento. |
| Norma Peruana | El nivel mínimo de iluminación para oficinas es de 200 lux. | | |
| Norma Mexicana | El nivel mínimo que debe existir en el interior de una oficina es de 300 lux. | La luz natural se podrá filtrar al interior mediante sistemas de captación para asegurar la iluminación interior. | Se debe evitar el deslumbramiento directo o por reflexión. |
| Norma Española | Requisito mínimo de iluminación en lugares de trabajo es de 200 lux. | Los lugares de trabajo tendrán iluminación natural siempre, solamente si existe necesidad de complementar esta iluminación se dispondrá de luz artificial. | Se evitará el deslumbramiento directos e indirectos. |

Elaboración Autor.

El estudio de la normativa permite conocer los diferentes reglamentos sobre la iluminación natural en el Ecuador, además de otros países del continente. Los puntos más importantes de cada normativa se encuentran expuestos en la tabla 2.17.

Los niveles de iluminación mínimos para oficinas varían según la normativa de cada país, pero se encuentran entre los 200 y 300 lux para oficinas, esta información resulta útil para determinar el límite mínimo que los espacios de estudio deben poseer. En el caso de que estos no cumplan un nivel inferior de iluminación al establecido en la normativa, será necesario proponer ideas para captar la luz natural y que ésta ingrese al interior de la edificación.

Las normativas analizadas coinciden en que, la principal fuente de iluminación en las oficinas será la luz natural. El espacio debe poseer sistemas de captación de manera que la luz solar ingrese y alumbre el interior, y solo en el caso de que el nivel de iluminación sea bajo, se complementará con luz artificial. Es importante que la luz natural no ingrese al plano de trabajo de forma directa, caso contrario esto provocará deslumbramiento, lo que afecta visualmente al usuario.

Los puntos analizados en la normativa servirán como requerimientos al momento de realizar el análisis de los casos de estudio, en el caso de incumplir alguno de estos tres elementos, será necesario proponer ideas de diseño que mejoren la iluminación en las oficinas.

2.7. Instrumentos para la evaluación de los espacios

Para la evaluación de los espacios especificados (oficinas) se considerarán los principales elementos analizados en la normativa como componentes de evaluación, estos son: iluminación natural, deslumbramiento y niveles de iluminación.

En el análisis de las oficinas se plantea primeramente la utilización de una ficha fundamentada en la revisión bibliográfica, de esta manera se puede evaluar y registrar las características físicas más relevantes de los espacios además de sus especificaciones técnicas, consiguiendo así una organización sencilla de toda la información de utilidad. La ficha permitirá analizar lo que ocurre en las oficinas en base a los dos primeros componentes especificados, la iluminación natural y el deslumbramiento.

Para analizar el último componente, nivel de iluminación, se utilizará una herramienta digital que otorga facilidades y ayudan a realizarlo. El programa a elegir será Autodesk Ecotect Analysis.

2.7.1. Ficha técnica

El análisis se evaluará en base a los componentes de la bibliografía analizada. A continuación se puede apreciar el modelo de ficha a utilizarse para el análisis de casos, basado en los parámetros antes estudiados.

Tabla 2.10: FICHA TÉCNICA

| Componentes de evaluación | | | |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Componente general | Componente específico | | |
| Luz natural | Directa | | - |
| | Indirecta | | - |
| | Difusa | | - |
| Confort lumínico | Aspecto fisiológico | Contraste | - |
| | | Deslumbramiento | - |
| | Aspecto psicológico | Fatiga visual | - |
| Componente de captación | Componente de conducción | Espacio de luz intermedio | - |
| | | Espacio de luz interior | - |
| | | Ventana | - |
| | Componente de transmisión | Proporción de la ventana | - |
| | | Nivel de acristalamiento | - |
| | | Posición | - |
| Sistema de captación | Sistema lateral | Unilateral | - |
| | | Bilateral | - |
| | Sistema cenital | Monitor | - |
| | | Claristorio | - |
| | | Dientes de sierra | - |
| | | Claraboya | - |
| | | Sistema global | - |
| Material - Color | | | |
| Elemento arquitectónico | Componente | | Reflectancia (%) |
| Paredes | Material | - | - |
| | Color | - | - |
| Piso | Material | - | - |
| | Color | - | - |
| Cielo raso | Material | - | - |
| | Color | - | - |

Elaboración Autor.

La ficha facilitará la obtención de información acerca del estado lumínico de las oficinas en el interior, de esta forma permitirá entender de que manera funciona la iluminación del

sitio. Se evidenciarán los resultados obtenidos por medio de fotografías que demuestren el tipo de luz utilizado para realizar las actividades. Esto apoyará la información obtenida en la ficha explicada previamente.

Finalmente el análisis se completará mediante el modelo diseñado en el software Ecotect Analysis, en el cual se ingresará la información climatológica que permita simular el recorrido solar en relación al objeto de estudio, otorgando resultados sobre las luces y sombras que se generan en el interior de la edificación junto a los niveles de iluminación (lux) del mismo. Así, se podrá realizar una comparación con la información obtenida de la normativa ecuatoriana sobre iluminación, y determinar si el espacio analizado cumple o no con los requisitos establecidos. Este análisis se realizará con características de cielo especiales (cielo nublado).

2.7.2. Autodesk Ecotect Analysis

Autodesk Ecotect Analysis es un software que permite realizar análisis de diseño sustentable, puede llevar a cabo diferentes simulaciones y análisis del funcionamiento energético de un espacio, de esta manera se presenta una opción de mejora en el rendimiento lumínico al momento de diseñar o rediseñar (Gutiérrez, 2010). Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl>

Entre las diferentes opciones posibles que el software de Ecotect permite realizar para un análisis están:

Generación de geometrías para análisis

Dentro del programa Ecotect existen herramientas de dibujo que permite al usuario elaborar un espacio sencillo para realizar el análisis requerido. Además de esto permite la importación de dibujos 2D y 3D de otros programas para la facilidad del diseño, se puede abrir archivos provenientes de Autocad, Revit, SketchUp, por nombrar algunos.

Datos meteorológicos

Ecotect posee en su base de datos información solar de distintas lugares del mundo, en las que resaltan las capitales de varios países. Dentro de éstos se puede hallar valores climatológicos como son, la radiación, viento, temperatura, nubosidad, etc. Otra opción accesible es la de poder introducir datos climatológicos de un punto específico por medio de las estaciones meteorológicas, un ejemplo. Ecotect posee datos solares de Ecuador, específicamente de la capital Quito, para este análisis es posible introducir información cercana al punto de estudio, como son estaciones en la ciudad de Cuenca o Biblián.

Implementación de materiales

La implementación de materiales es importante al momento de realizar un análisis de iluminación, ya que se tiene un diferente índice de reflexión en cada uno de ellos. Los materiales cuentan con información acerca de su nivel de absorción, decrecimiento térmico, etc.

Cálculo de iluminación

Esta opción permite valorar la luz del cielo que ingresa a un espacio, la luz reflejada externa e interna, la radiación, etc. Otra ventaja que ofrece este programa es el de elegir la hora, día y mes en el cual se requiere realizar el análisis solar, esto permite un estudio completo anual de como incide la luz en un espacio.

El software Ecotect Analysis resulta ser un gran avance en la tecnología por su eficiencia en la materia. Su potencial permite prever el diseño lumínico en lo que respecta a obras arquitectónicas, proyectando diseños sustentables lo que mejora el rendimiento lumínico aprovechando la luz natural y reduciendo el gasto energético (CDC Academia, 2011). Recuperado de: <https://www.plataformaarquitectura.cl>

Tabla 2.11: RESUMEN - ECOTECT

| Tema general | Tema específico | Análisis | Aplicación |
|----------------------------------|------------------------------|---|--|
| Evaluación de espacios (Ecotect) | Generación de geometrías | El programa ofrece herramientas de dibujo, lo que permite elaborar un modelo para el análisis en base a la generación de geometrías | Esta opción permitirá realizar un modelo digital de las oficinas para realizar el análisis solar. |
| | Datos meteorológicos | Ecotect cuenta con bases de datos meteorológicas para realizar el análisis solar. Es posible además introducir datos propios de un lugar específico. | Se introducirán los datos meteorológicos de acuerdo a la ubicación de los casos de análisis, de esta forma se obtendrá un estudio preciso del sol. |
| | Implementación de materiales | Luego de la creación de geometrías, existe la opción de materiales, lo que permite implementar las características de materiales para realizar el análisis solar, esto incluye su nivel de reflexión. | Se aplicarán los materiales en el modelo 3D según las características de los materiales en las oficinas y a su nivel de reflexión, obteniendo un acercamiento a la realidad en cuanto a la iluminación interior. |
| | Luz natural | Con el análisis solar es posible identificar, según los datos introducidos en el programa, los niveles de iluminación de un espacio. | Esta herramienta permitirá entender el nivel de iluminación que existe en el interior del espacio. |

Elaboración Autor.

Un vez establecido los puntos importantes en ambos capítulos, junto al análisis de normativa, se procede a realizar una tabla, en la cual se explicará más detalladamente

como se relacionan cada uno de los elementos analizados dentro del documento.

Tabla 2.12: MÉTODO DE ANÁLISIS

| Tema específico | Niveles de iluminancia mínimos | Iluminación natural | Deslumbramiento |
|--|--|---|--|
| Luz natural directa | | | Se intentará introducir este tipo de luz fuera de los planos de trabajo, evitando así el deslumbramiento. |
| Luz natural indirecta | | Se buscará conseguir este tipo de iluminación dentro de las oficinas, ya que permite iluminar un espacio y no provoca molestias. | |
| Luz natural difusa | Se utilizará este tipo de luz para determinar los niveles mínimos de iluminación, ya que resulta ser el caso más desfavorable. | Este tipo de luz puede ayudar de igual manera para iluminar el interior. La luz difusa distribuye de mejor manera la iluminación. | |
| Influencia de la luz en la distribución espacial | | Se propondrá una nueva distribución que aproveche la iluminación natural en el espacio. | Se evitará el deslumbramiento sobre los planos de trabajo. |
| Componentes de conducción | Permite comprender como se realiza la conducción de la luz al interior de las oficinas. | Será el principal elemento para conducir la luz. | |
| Componentes de transmisión | Se mejorarán estos componentes de tal manera que permita un ingreso limpio de la luz | En base a esta información se realizará el análisis de los elementos que transmiten la luz al espacio de oficinas. | Se controlará que estos elementos produzcan deslumbramiento sobre los planos de trabajo. |
| Sistemas de iluminación lateral | Será la primera opción para mejorar los niveles de iluminación interior. | Se aprovechará el mayor tiempo posible de este sistema de iluminación, de manera que no se necesite utilizar luz artificial. | |
| Sistema de iluminación cenital | Será una opción válida para incrementar el nivel de iluminación dentro de las oficinas. | Se intentará aprovechar la luz natural de este elemento el mayor tiempo posible. | Se analizará el tipo de material a utilizar en este sistema, para evitar el deslumbramiento sobre los planos de trabajo. |
| Materiales | Optimizarán el nivel de iluminación interior de las oficinas en base a materiales que posean un nivel de reflexión óptimo. | | |
| Colores | Mejorarán el nivel de iluminación interior de las oficinas en base a colores que posean un alto nivel de reflexión. | | |

Elaboración Autor.

2.8. Análisis de casos

2.8.1. Incidencia de la luz en el Ecuador

Un análisis climatológico del Ecuador a nivel global resulta un poco complicado de realizar, ya que existen varios elementos que tendrían lugar dentro de éste, entre los cuales se puede mencionar la latitud en la cual está ubicado el Ecuador geográfico, su relieve ya que el país es atravesado por la cordillera de los Andes la cual influye en el aire local y regional además del océano Pacífico que consigue generar movimientos de aire que influyen en el cambio de temperatura y humedad del país (Pierre Pourru, 1983, p. 12).

Carta solar

La carta solar es una representación de sol sobre un lugar en el planeta, en la cual se puede determinar la ubicación del sol según una fecha y hora específica, mediante datos de la altura a la cual se encuentra el sol y el acimut con respecto al norte. “Una de las aplicaciones de la carta solares conocer el número de horas de sol teóricas con cielo despejado que inciden sobre una superficie” (como se cita en Paul Maldonado Nogales, 2011, p. 1).

El Ecuador no posee muchas variaciones en sus estaciones puesto que los rayos que recibe desde el sol resultan ser en su mayoría perpendiculares a éste. A continuación se encuentra la carta solar la cual posee los datos climatológicos de la ciudad de Quito, capital del Ecuador.

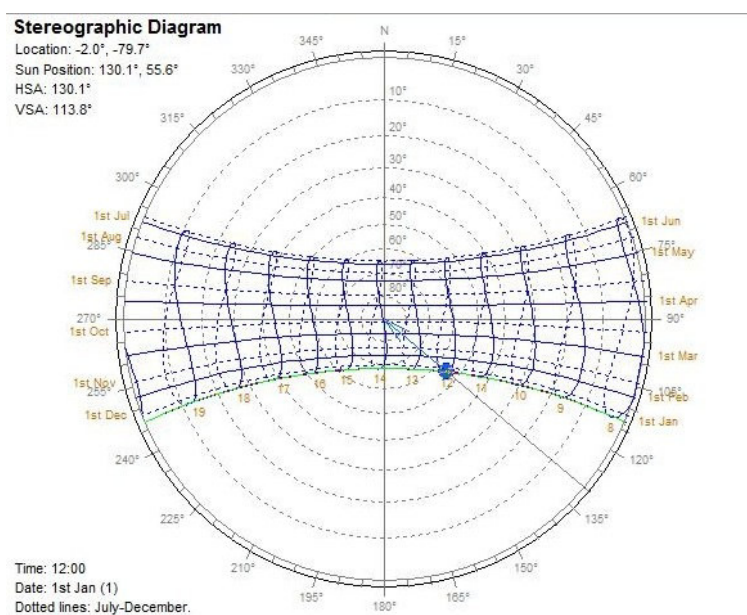


FIGURA 2.21: Carta solar - Fuente: Ecotect

Radiación solar en la ciudad de Azogues

La ciudad de Azogues (sitio de estudio) posee las siguientes coordenadas geográficas, 2°44'2290" latitud y 78°50'5500" longitud, muy cercana de la línea ecuatorial por lo que es uno de los lugares que recibe mayor radiación solar en todo el año.

Los niveles de radiación en Azogues se expone en la siguiente gráfica

Tabla 2.13: NIVEL DE RADIACIÓN SOLAR

| Radiación solar | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Radiación máxima directa | 2710 | 2710 | 2710 | 2710 | 2710 | 3040 | 3040 | 2710 | 2710 | 3040 | 2710 | 3040 |
| Radiación máxima difusa | 2810 | 2810 | 2810 | 2925 | 2810 | 2925 | 2925 | 2810 | 2810 | 2810 | 2925 | 2810 |
| Radiación máxima total | 4575 | 4750 | 4575 | 4575 | 4575 | 4575 | 4575 | 4750 | 4575 | 4575 | 4750 | 4575 |
| Insolación total | 15,3 | 17,7 | 31,8 | 45,8 | 74,8 | 99,4 | 150,8 | 166,5 | 142,7 | 120,9 | 88,9 | 42,2 |

Elaboración Autor.

La radiación total máxima es de 4750 W/m², la radiación solar directa varía entre 2750 y 3000 W/m² y la difusa con valores cercanos a 3000 W/m². Un dato adicional que afecta la radiación y por ende la luz solar, es el nivel de nubosidad en el sitio.

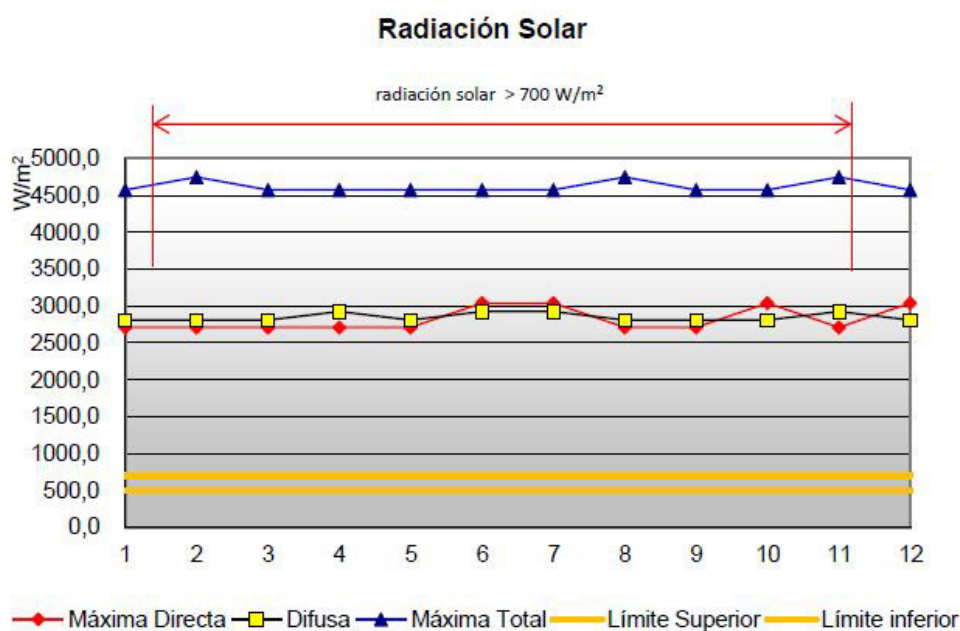


FIGURA 2.22: Gráfica de la radiación. Elaboración: Autor

La nubosidad se desarrolla en función de las nubes, si las nubes se encuentran altas la temperatura sube y viceversa, al poseer un nivel bajo la temperatura también baja. De esta manera la nubosidad baja llega a provocar una reflexión de la radiación solar. Cuando las nubes se encuentran altas permiten el paso de la radiación solar, lo que favorece al incremento térmico (Taulé, 2012). Recuperado de: <https://www.levante-emv.com>

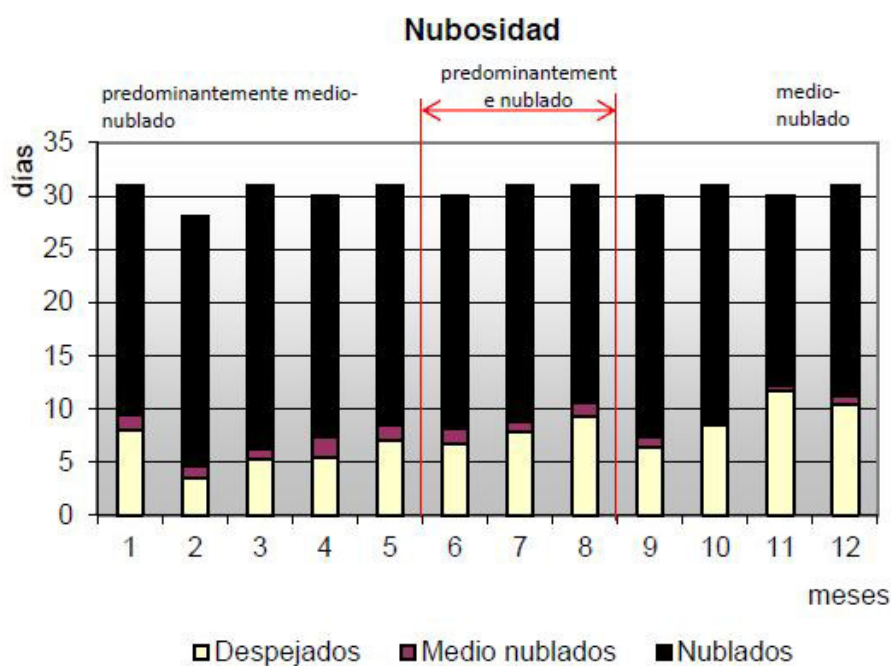


FIGURA 2.23: Nubosidad - Azogues. Elaboración: Autor

La nubosidad se puede expresar en octas u octavos de la bóveda celeste. En la ciudad de azogues hay un promedio de 6 octas, con variaciones escasas a 5 octas, es decir, posee gran porcentaje de días nublados con relación a los días despejados. Esto favorecería hasta cierto punto, ya que existiría mayor porcentaje de iluminación difusa en la ciudad.

2.8.2. Caso 1: Edificación pareada sin retiro frontal

El primer caso de estudio es una oficina que presenta las características de no poseer retiro frontal, y se encuentra adosada a otros elementos arquitectónicos de la calle.

Ubicación

La edificación se encuentra ubicada en Ecuador, en la provincia del Cañar, en la ciudad de Azogues. En este punto se sabe que el sol llega de manera perpendicular al Ecuador.

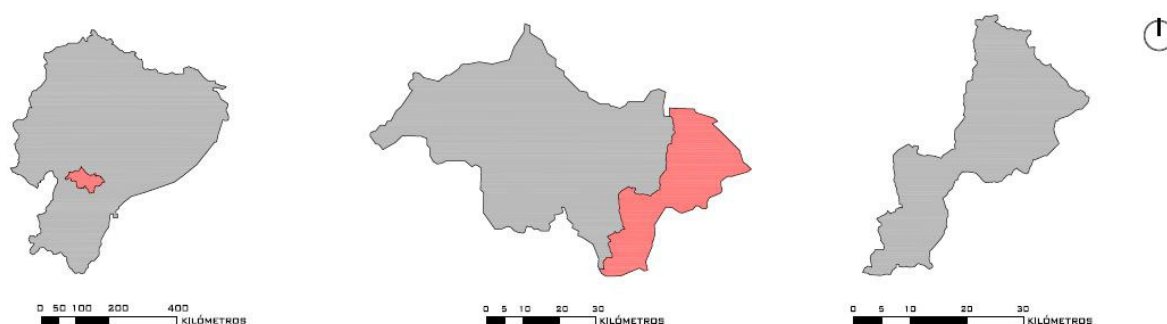


FIGURA 2.24: Ubicación general. Elaboración: Autor

Dentro de la ciudad de Azogues el lugar de estudio esta emplazada en la Calle Emilio Abad Aguilar entre la Av. Aurelio Jaramillo y Calle Jose Peralta, formando parte del área urbana de la misma. La edificación no posee nombre alguno con el cual se la pueda identificar.

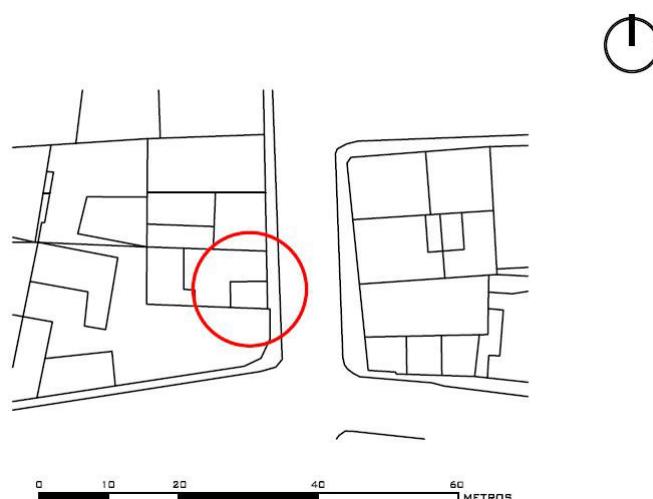


FIGURA 2.25: Ubicación específica. Elaboración: Autor

Soleamiento

Para el análisis de soleamiento fue necesario realizar una volumetría en el software Ecotect, el cual permite conocer la dirección del sol con relación al lugar de estudio. Por las condiciones de ubicación que presenta en la ciudad se sabe que la oficina esta orientada hacia el este, siendo ésta su única opción de ingreso para la luz natural. La iluminación que se puede aprovechar es solamente la de las mañanas.

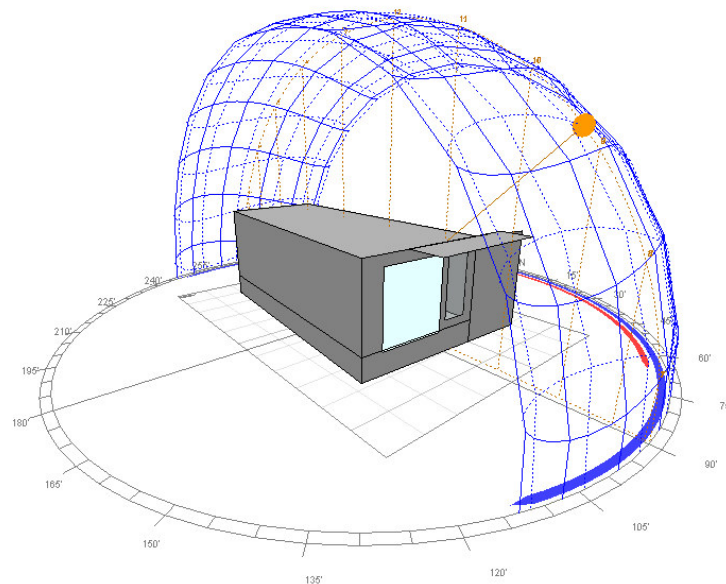


FIGURA 2.26: Soleamiento, modelo de estudio. Elaboración: Autor

Descripción general

Este caso de estudio posee un área de construcción de 31.29 m², este espacio fue adaptado para cumplir con la función de oficina ya que su edificación principal resulta ser una vivienda. Solamente una fracción de toda la fachada forma parte de la oficina, la cual fue considerada para determinar el área.

Estado actual

Partiendo de las bases teóricas desarrolladas anteriormente se prosiguió a realizar el análisis actual de la edificación.

El espacio que cumple con la función de oficina, consta de un solo nivel dentro de la edificación. Presenta solamente una fachada orientada al este, en ella se encuentran dos elementos importantes, el ingreso hacia el interior de la oficina y a su costado un vano que funciona como elemento para el ingreso de la luz solar.

Análisis funcional

Dentro del espacio arquitectónico se encuentra mobiliario propio de oficinas, 3 escritorios al lado izquierdo del espacio y muebles al lado derecho, lo que genera un pasillo por medio de la habitación.

El área de oficina es lo suficientemente grande para realizar las actividades de forma tranquila, aunque la disposición del mobiliario no es el adecuado para el aprovechamiento de la iluminación. Debido al nivel de opacidad en los ventanales de ingreso, la única fuente de iluminación natural resulta ser el vano de la fachada, el cual se encuentra lejos del plano de trabajo, lo que obliga a las personas que ahí trabajan a mantener activa la iluminación artificial durante todo el día, lo que a mediano plazo puede provocar molestias físicas y psicológicas.

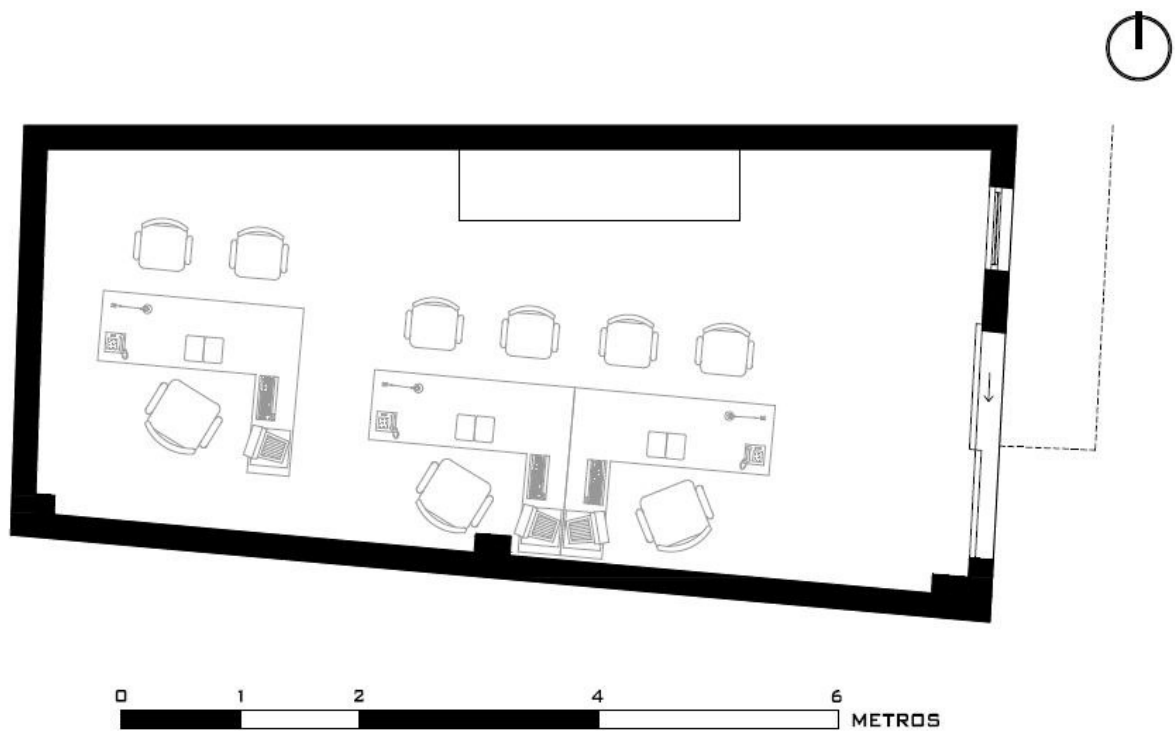


FIGURA 2.27: Caso de estudio 1. Planta. Elaboración: Autor

2.8.3. Análisis de iluminación - Caso 1

Tipo de iluminación (Iluminación natural - Deslumbramiento)

El tipo de iluminación determina que luz se esta utiliza dentro de la oficina para el desarrollo de las actividades. Esto se puede evidenciar mediante una visita al sitio de análisis durante las horas de la mañana, ya que es el único horario en el cual la luz natural puede ingresar al interior del espacio.



FIGURA 2.28: Caso de estudio 1. Oficina con luz artificial. Elaboración: Autor

La primera imagen representa el lugar de estudio con la iluminación que se usa diariamente en el desarrollo de las actividades. En la segunda imagen se observa el mismo espacio sin el uso de la luz artificial, siendo claro que, la poca luz natural que ingresa a la edificación no es suficiente para poder iluminar los planos de trabajo, por lo que se requiere complementar con luz artificial.



FIGURA 2.29: Caso de estudio 1. Oficina sin luz artificial. Elaboración: Autor

Características del sitio

Tabla 2.14: FICHA TÉCNICA

| Componentes de evaluación | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| Componente general | Componente específico | | |
| Luz natural | Directa | | Si |
| | Indirecta | | Si |
| | Difusa | | Si |
| Confort lumínico | Aspecto fisiológico | Contraste | Si |
| | | Deslumbramiento | - |
| | Aspecto psicológico | Fatiga visual | - |
| Componente de captación | Componente de conducción | Espacio de luz intermedio | Si |
| | | Espacio de luz interior | - |
| | Componente de transmisión | Ventana | Si |
| | | Proporción de la ventana | Amplio |
| | | Nivel de acristalamiento | Bajo |
| | | Posición | Baja - Media |
| | | | |
| Sistema de captación | Sistema lateral | Unilateral | Si |
| | | Bilateral | - |
| | Sistema cenital | Monitor | - |
| | | Claristorio | - |
| | | Dientes de sierra | - |
| | | Claraboya | - |
| | | Sistema global | - |

| Material - Color | | | |
|-------------------------|------------|------------|------------------|
| Elemento arquitectónico | Componente | | Reflectancia (%) |
| Paredes | Material | Revoque | 30 |
| | Color | Amarillo | 60 |
| Piso | Material | Cerámica | 60 |
| | Color | Ocre | 20 |
| Cielo raso | Material | Hormigón | 25 |
| | Color | Gris claro | 50 |

Elaboración Autor.

Análisis solar (Nivel de iluminación)

El análisis solar permite determinar cuales son las zonas a las que la luz solar llega dentro del espacio, esto evidenciará los niveles de iluminación (lux) que posee el sitio de estudio. Para ello se procedió a realizar un levantamiento del lugar, a continuación se dibujo un elemento volumétrico en el software Ecotect que represente el caso de estudio para posterior a esto realizar el análisis solar.

A continuación se proyectaron las sombras en un día normal para conocer el rango al cual llegan en todo el día. Se realizo el análisis entre las 08H00 y 17H00, este corresponde al horario de ingreso y salida de las oficinas en la ciudad, esto ayudará a determinar los puntos en los cuales ingresa la luz al espacio interior.

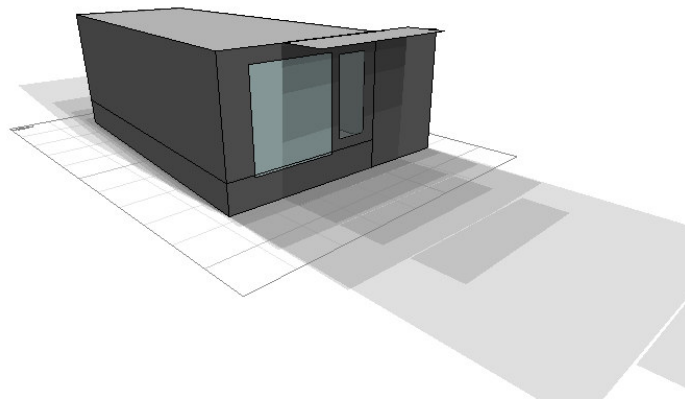


FIGURA 2.30: Simulación de luz, exterior. Elaboración: Autor

Para mejor análisis y entendimiento de las luces y sombras se realizo un corte en sentido horizontal, de esta forma se observa lo que ocurre en el interior. Una vez identificado el área de iluminación se colocó un punto el cual servirá de referencia para realizar un análisis estereográfico.

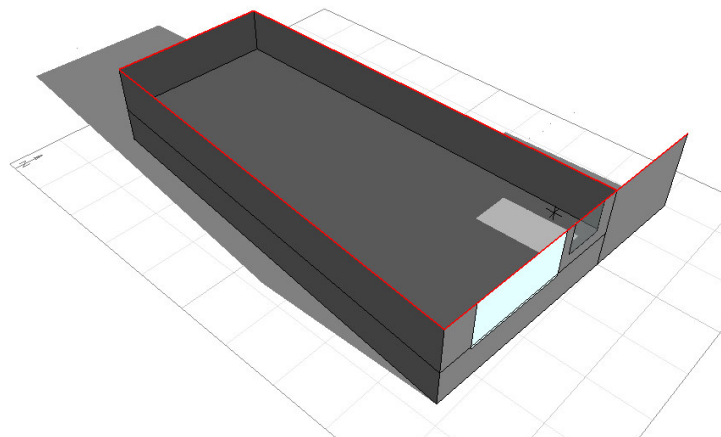


FIGURA 2.31: Simulación de luz, interior. Elaboración: Autor

Como se puede observar en la imagen existe ingreso de iluminación en el área que corresponde al vano de la edificación. En este sitio se colocó un punto el cual permite analizar los meses, días y horas en los cuales llega la luz a este punto, esto ayuda a entender mejor el nivel de iluminación que puede ingresar al espacio.

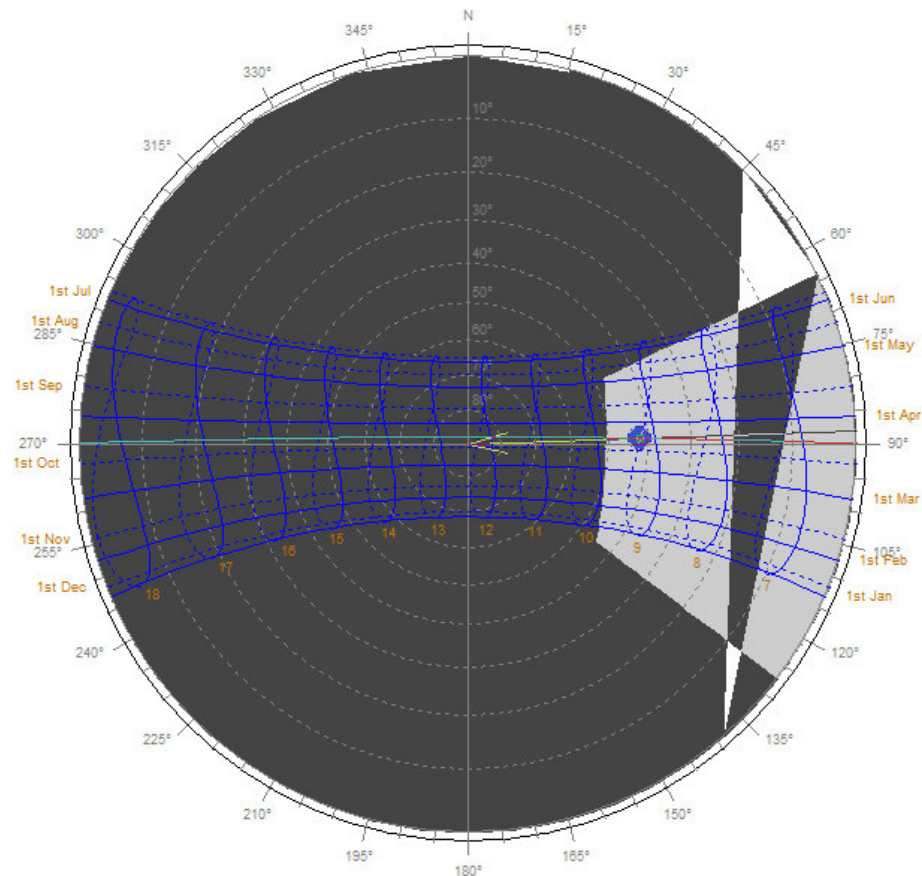


FIGURA 2.32: Estereográfica. Elaboración: Autor

La gráfica expone el mes y la hora en el cual se recibe luz natural en el punto de análisis. Se observa que en todos los meses existe iluminación hasta las 10 de la mañana aproximadamente, a excepción de los meses de Junio, Julio y Agosto, en los cuales la iluminación se limita mucho más. El mes con peor iluminación es el de Julio en el cual existe solamente hasta las 08H00 de la mañana. Estos datos pueden variar dependiendo de las coordenadas del punto de análisis, en el caso de haberlo colocado al borde del vano las horas de iluminación aumentarían.

Una vez analizado y comprendido el área de iluminación existente en el local se realizó un estudio de cálculo de iluminación natural para determinar así la cantidad de luz que llega a este punto. Para ello fue necesario elaborar una malla la cual presente los niveles de iluminación.

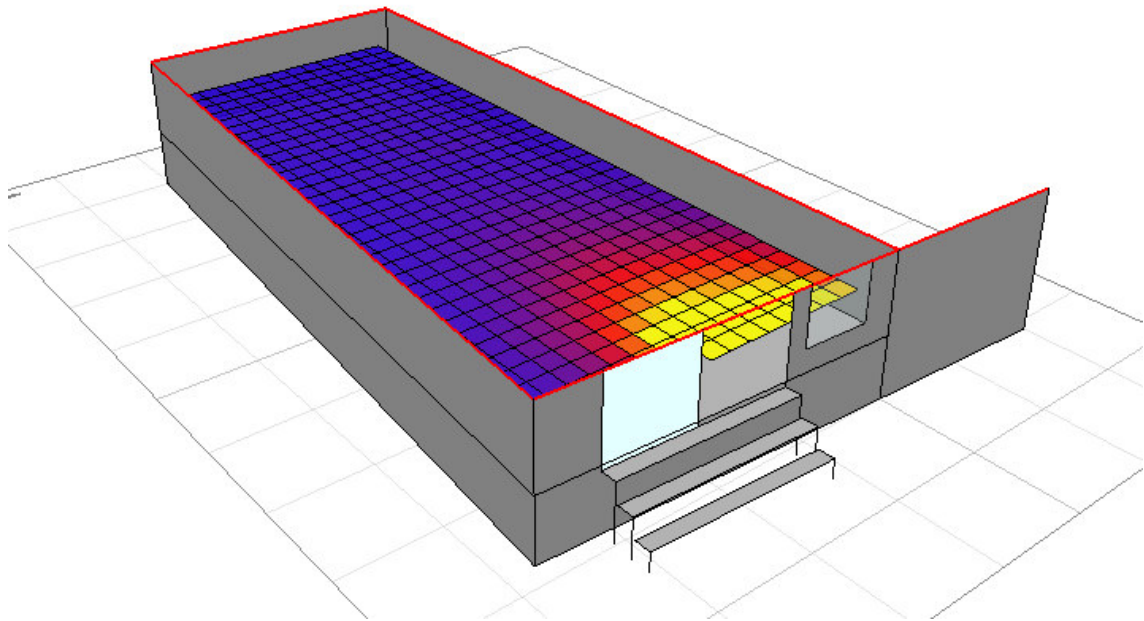


FIGURA 2.33: Análisis de luz natural. Elaboración: Autor

La gráfica expresa los diferentes niveles de iluminación mediante colores en la malla propuesta, los niveles más altos de luz se representan con los colores cálidos y las áreas donde no llega la luz, es decir los niveles más bajos están representados por colores fríos. Como se observa existe un alto nivel de luz en el área iluminada aunque, en relación al área del local representa una cantidad mínima de iluminación. Para un mejor entendimiento se realizó el estudio con un límite en el nivel máximo y mínimo de la luz natural.

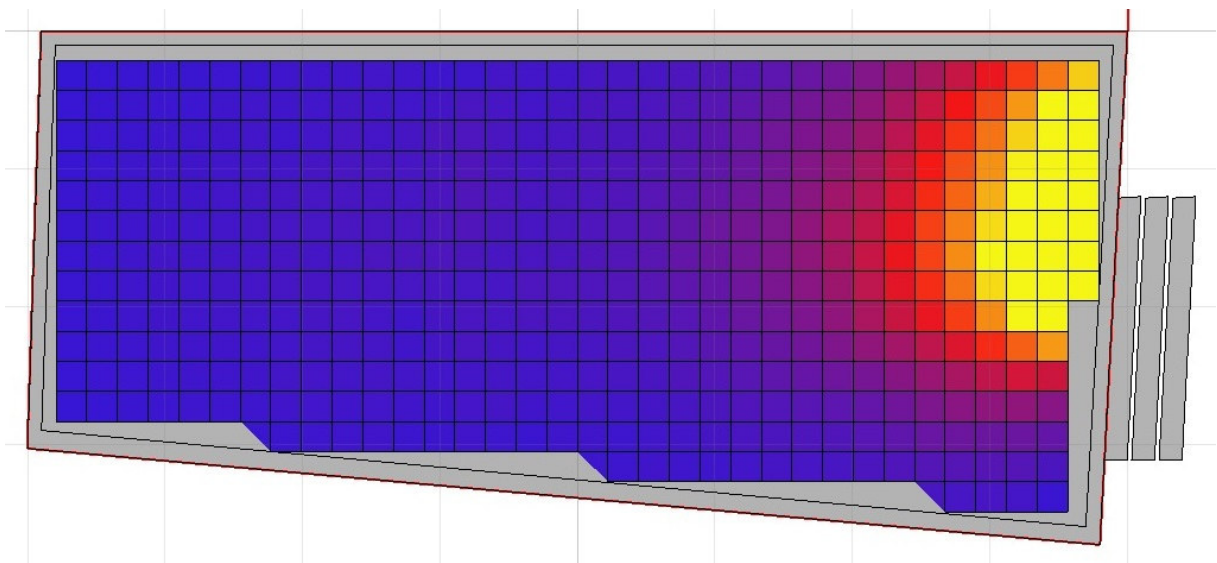


FIGURA 2.34: Niveles de iluminación. Elaboración: Autor

Este es el resultado visto en planta, esta imagen posee los niveles de luz en cada intersección de la malla, estos valores están expresados en lux. El análisis se realizó con un nivel máximo de 1075 lux, este valor se eligió ya que es el nivel promedio de luz que llega a la superficie en un día nublado, siendo éste el caso más desfavorable por el nivel de iluminación.

A continuación se expresa la zona de mayor nivel de luz en la planta, de este forma resultará más fácil entender los niveles de iluminación en el espacio

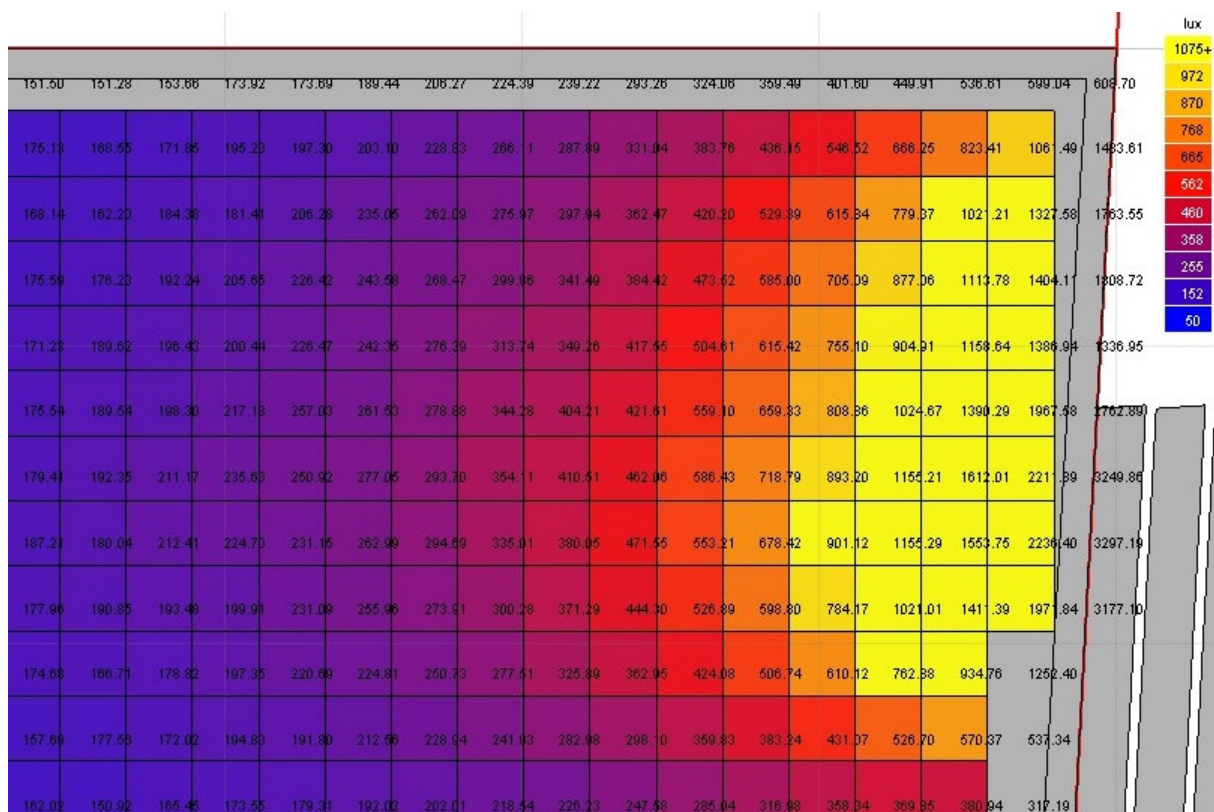


FIGURA 2.35: Valores de iluminación expresado en lux. Elaboración: Autor

En la zona más clara se puede observar niveles de hasta 1000 lux, esta resulta ser el área que recibe más iluminación debido al vano existente. En las zonas anaranjadas se presentan niveles cercanos a los 500 lux, y mientras más se alejan del vano los valores se van reduciendo a 300, 200 hasta llegar a 80 lux, que resulta ser el nivel más bajo que existe en el espacio.

Como se logra observar los niveles de luz en el primer caso de estudio resultan ser muy bajos, lo que no permite un correcto desarrollo de las actividades internas, obligando así a depender de la luz artificial desde las primeras horas del día.

Entre 0 y 300 (lux) el espacio presenta un valor del 81,12% de iluminación, indicando así el nivel bajo de luz que existe en el espacio. En un rango de 300 - 600 (lux), un nivel óptimo para el trabajo de oficina, se presenta un 10% y de 600 (lux) en adelante un valor igual al 8,88%.

Resultados

Tabla 2.15: ANÁLISIS - CASO DE ESTUDIO 1

| Característica | Análisis |
|----------------------|--|
| Iluminación natural | La cantidad de iluminación natural que ingresa al interior de la oficina es mínima, no alcanza los planos de trabajo, ya que éstos se encuentran alejados de los componentes de transmisión de la luz. El espacio presenta un problema en cuanto al aspecto fisiológico, la falta de luz en el espacio produce contraste cuando no se está con luz artificial. Además, el nivel bajo de acristalamiento en los vidrios de ingreso reduce el ingreso de luz natural al interior. Estos elementos fuerzan el uso de la luz artificial. |
| Deslumbramiento | En el espacio de estudio no existe deslumbramiento alguno, esto se identificó mediante la ficha junto con la visita de campo. |
| Nivel de iluminación | Los niveles de luz natural en los planos de trabajo son de 100 lux aproximadamente, un valor relativamente bajo en comparación al nivel mínimo requerido según el análisis de la normativa. |

Elaboración Autor.

2.8.4. Caso 2: Edificación con patio interno

El segundo caso de estudio es una oficina en el centro de la ciudad, forma parte de una edificación que posee patio interno.

Ubicación

Este caso de estudio se encuentra ubicado en Ecuador, en la provincia del Cañar, en la ciudad de Azogues.

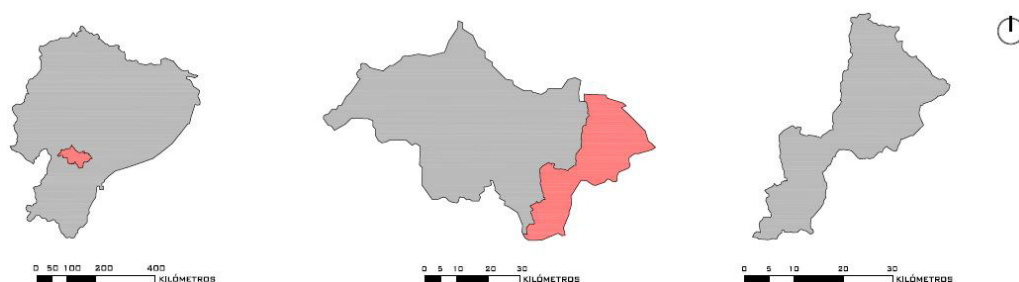


FIGURA 2.36: Ubicación general. Elaboración: Autor

Este elemento arquitectónico se encuentra emplazado en la Calle Antonio José de Sucre entre la Calle Simón Bolívar y Calle Julio María Matovelle, a una cuadra del parque central de la ciudad. La edificación no posee nombre alguno con el cual se la pueda identificar.

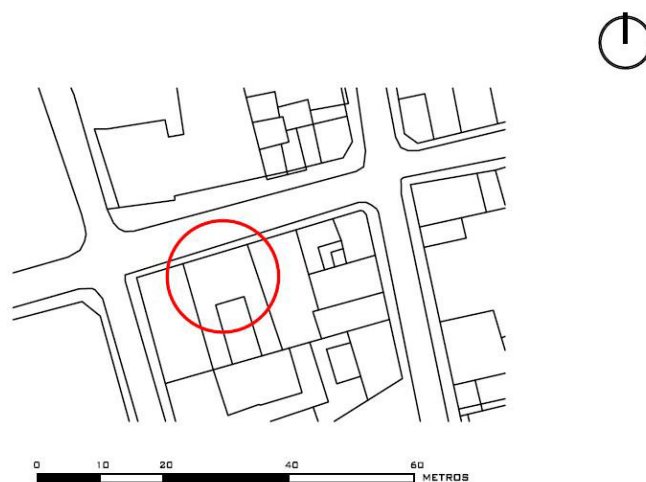


FIGURA 2.37: Ubicación específica. Elaboración: Autor

Soleamiento

El espacio analizado se encuentra orientado hacia el este, su único modo de iluminación es una ventana, aunque por las características que se presentan en el entorno inmediato

de éste espacio resulta imposible la iluminación natural. La luz que se puede aprovechar en el sitio es solamente la del medio día.

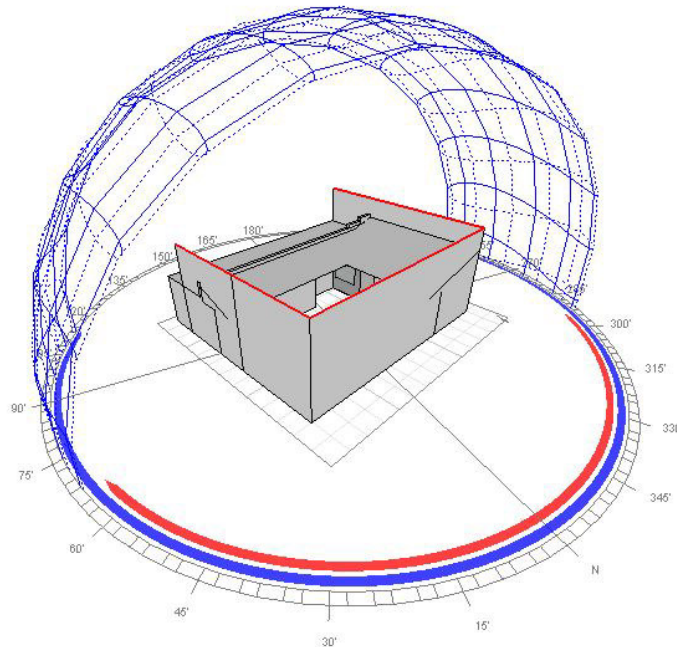


FIGURA 2.38: Soleamiento, modelo de estudio. Elaboración: Autor

Descripción general

La oficina comparte patio interno con una vivienda de característica patrimonial, es evidente la diferencia temporal que existe entre las dos.

Estado actual

Partiendo de las bases teóricas desarrolladas anteriormente se prosiguió a realizar el análisis actual de la edificación.

La oficina que resulta ser parte del estudio esta conformada por un solo nivel. Presenta solamente una fachada orientada al sur, aunque aledañas a este espacio se encuentran dos edificaciones que sobrepasan los 9 metros de altura, lo que dificulta el aprovechar la iluminación de la mañana o la tarde.

Análisis funcional

Dentro del espacio arquitectónico no se encuentra gran cantidad de mobiliario debido al área reducida de la oficina aunque eso no evita que se realicen normalmente las activi-

dades. Dentro de esta funcionan 2 escritorios cercanos a las paredes opuestas del espacio, generando un pasillo por medio de la habitación.

La mayor cantidad de iluminación natural llega mediante el vano de la puerta, la cual se mantiene abierta todo el tiempo lo que permite el ingreso de la luz natural difusa reflejada en el exterior, aunque lastimosamente no llega al área de trabajo. De esta forma se ven en la obligación de ocupar la luz artificial durante todo el día.

2.8.5. Análisis de iluminación - Caso 2

Tipo de iluminación (Iluminación natural - Deslumbramiento)

Al igual que en el primer caso, para éste análisis se trabajo mediante una visita de campo, de esta forma se puede evidenciar el tipo de iluminación que se ocupa en el espacio.

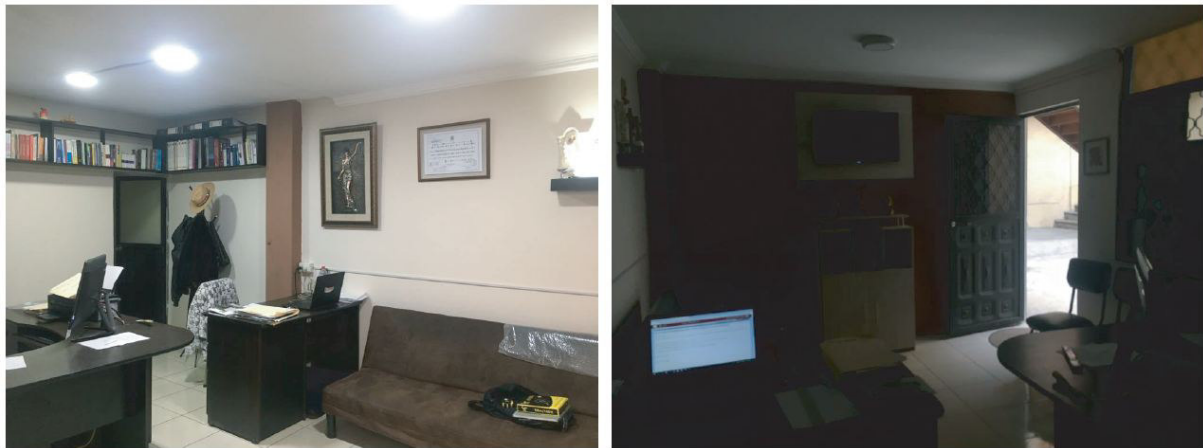


FIGURA 2.39: Caso de estudio 2. Tipo de iluminación. Elaboración: Autor

En la primera imagen se puede observar el espacio de análisis como se encuentra en un día común, con la utilización de tres luminarias artificiales, lo que permite el normal desempeño de las actividades diarias. Después se tiene una imagen en donde no se utiliza la luz artificial, siendo evidente la falta de iluminación natural en el interior.

los elementos que permiten el ingreso de la luz son una ventana, la cual posee bajo acristalamiento, y una puerta de ingreso.

Características del sitio

Tabla 2.16: FICHA TÉCNICA

| Componentes de evaluación | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------|
| Componente general | Componente específico | | |
| Luz natural | Directa | | - |
| | Indirecta | | - |
| | Difusa | | Si |
| Confort lumínico | Aspecto fisiológico | Contraste | - |
| | | Deslumbramiento | - |
| | Aspecto psicológico | Fatiga visual | - |
| Componente de captación | Componente de conducción | Espacio de luz intermedio | - |
| | | Espacio de luz interior | Si |
| | | Componente de transmisión | Ventana |
| | | Proporción de la ventana | Normal |
| | | Nivel de acristalamiento | Normal |
| | | Posición | Media |
| Sistema de captación | Sistema lateral | Unilateral | Si |
| | | Bilateral | - |
| | Sistema cenital | Monitor | - |
| | | Claristorio | - |
| | | Dientes de sierra | - |
| | | Claraboya | - |
| | | Sistema global | - |

| Material - Color | | | |
|-------------------------|------------|-------------|------------------|
| Elemento arquitectónico | Componente | | Reflectancia (%) |
| Paredes | Material | Revoque | 30 |
| | Color | Crema claro | 70 |
| Piso | Material | Cerámica | 60 |
| | Color | Crema | 65 |
| Cielo raso | Material | Enlucido | 35 |
| | Color | Blanco | 70 |

Elaboración Autor.

Análisis solar (Nivel de iluminación)

Al igual que en el caso de estudio anterior, lo primero para elaborar el análisis solar es realizar un levantamiento del elemento arquitectónico, a continuación se dibujo la volumetría la cual permitirá realizar lo análisis de iluminación natural necesarios.

Se introdujo los datos climatológicos del lugar de emplazamiento, de esta forma el estudio solar sera bastante exacto. Estos datos son necesarios para realizar el análisis solar.

Para el estudio solar es necesario realizar un análisis de proyección de sombras de esta manera se obtendrá información sobre las zonas de mayor y menor iluminación. El análisis se hizo entre las 08H00 y 17H00, hora correspondiente al ingreso y salida de las oficinas en la ciudad.

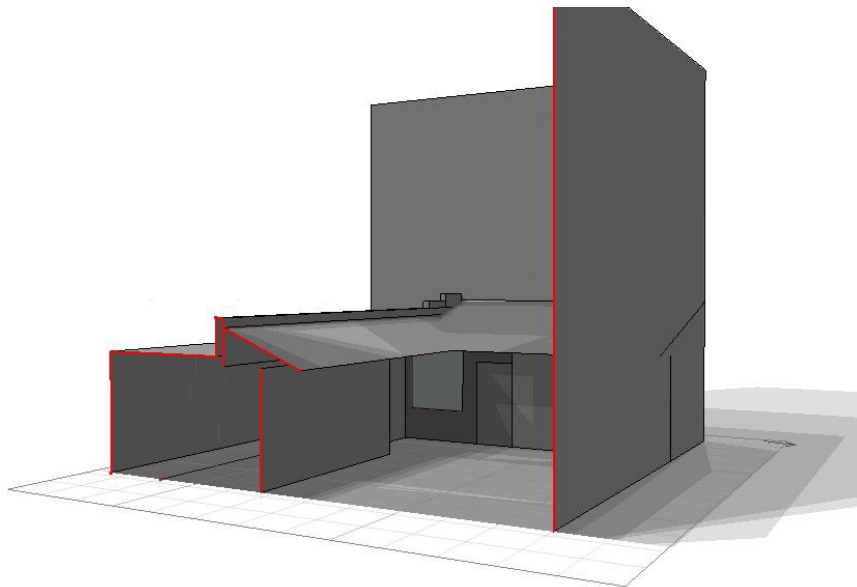


FIGURA 2.40: Simulación de sombras. Elaboración: Autor

Ya que el lugar de estudio se encuentra entre edificaciones que se acercan a los 10 metros de altura fue necesario realizar un corte en sentido horizontal, de esta forma se observará lo que ocurre cerca de la oficina. Una vez identificado el área de iluminación se colocará un punto el cual servirá de referencia para realizar un análisis estereográfico.

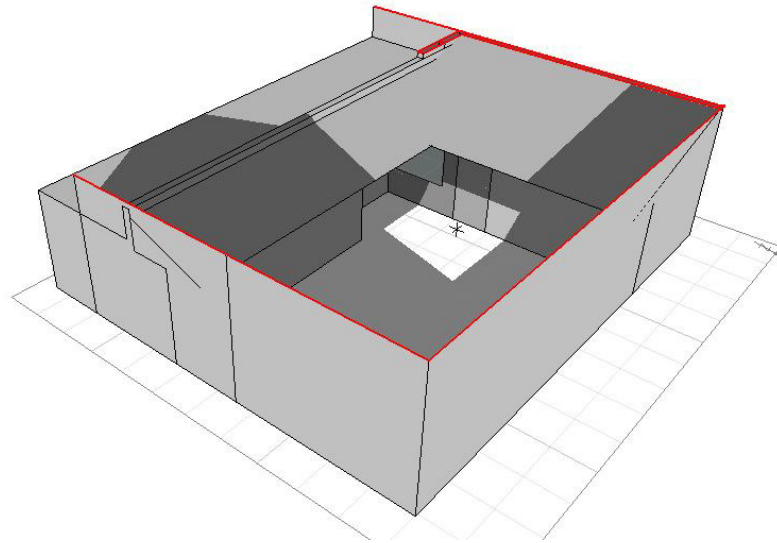


FIGURA 2.41: Simulación de luz interior. Elaboración: Autor

Como se puede observar en la imagen existe ingreso de iluminación por medio de la ventana el cual resulta mínimo casi nulo en el área de estudio. Es así que para el análisis estereográfico de esta oficina se decidió colocar el punto de referencia cerca de la puerta la cual permite el ingreso de la luz hacia el interior. Este punto permite analizar los meses, días y horas en los cuales llega la luz, esto ayuda a entender mejor el nivel de iluminación que puede ingresar al espacio

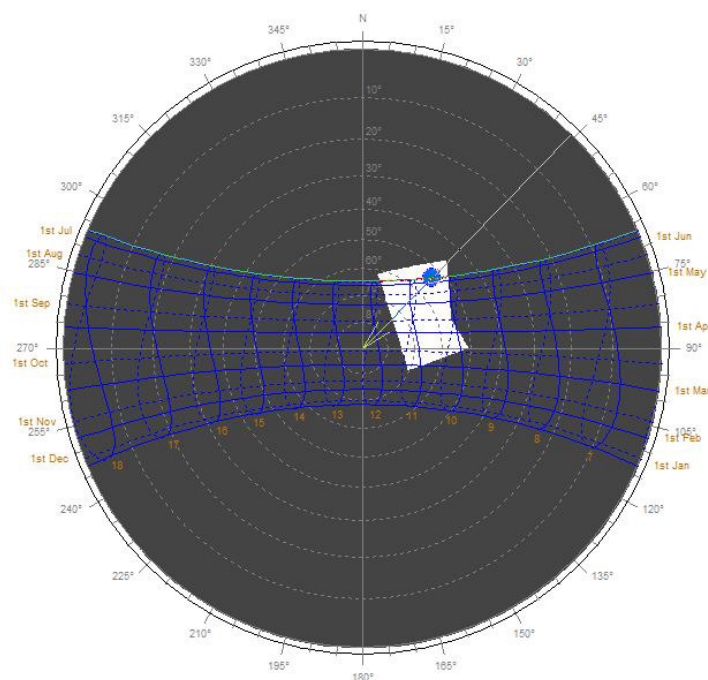


FIGURA 2.42: Estereográfica. Elaboración: Autor

La gráfica expone el mes y la hora en el cual se recibe luz natural en el punto de análisis, se observa que realmente es mínima la cantidad de luz que recae sobre éste. Los meses que logran iluminar este punto van desde Abril hasta Octubre, aunque son varios meses, el tiempo de luz es mínimo, tan solo de 10H00 a 11H30. Estos datos pueden variar dependiendo de las coordenadas del punto de análisis.

Una vez analizado y comprendido el área de iluminación existente en el local se realizó un estudio de cálculo de iluminación natural para determinar así la cantidad de luz que llega a este punto. Para ello fue necesario elaborar una malla la cual presente los niveles de iluminación.

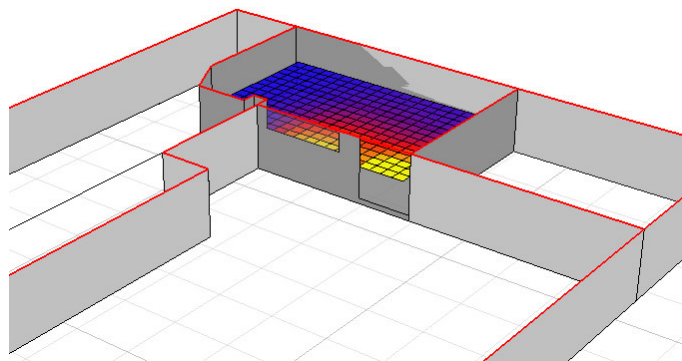


FIGURA 2.43: Análisis de luz natural. Elaboración: Autor

La gráfica expresa los niveles de iluminación mediante colores en la malla propuesta. Como se observa existe un alto nivel de luz en el área iluminada por la ventana, esto es posible gracias a la luz que se refracta en los materiales del patio. Para un mejor entendimiento se realizó el estudio con un límite en el nivel máximo y mínimo de la luz natural.

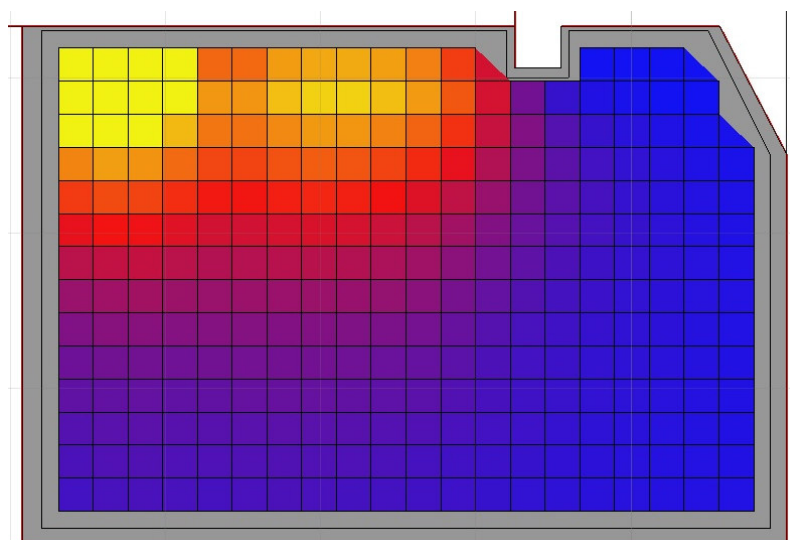


FIGURA 2.44: Niveles de iluminación. Elaboración: Autor

Este es el resultado visto en toda la planta de la oficina, esta imagen posee los niveles de luz en cada intersección de la malla, estos valores están expresados en lux. Al igual que en el caso anterior, este estudio se realizó con la cantidad mínima de lux que incide en la superficie ya que es el caso más desfavorable.

A continuación se expresa la zona de mayor nivel de luz en la planta, de esta forma resultará más fácil entender los niveles de iluminación en el espacio

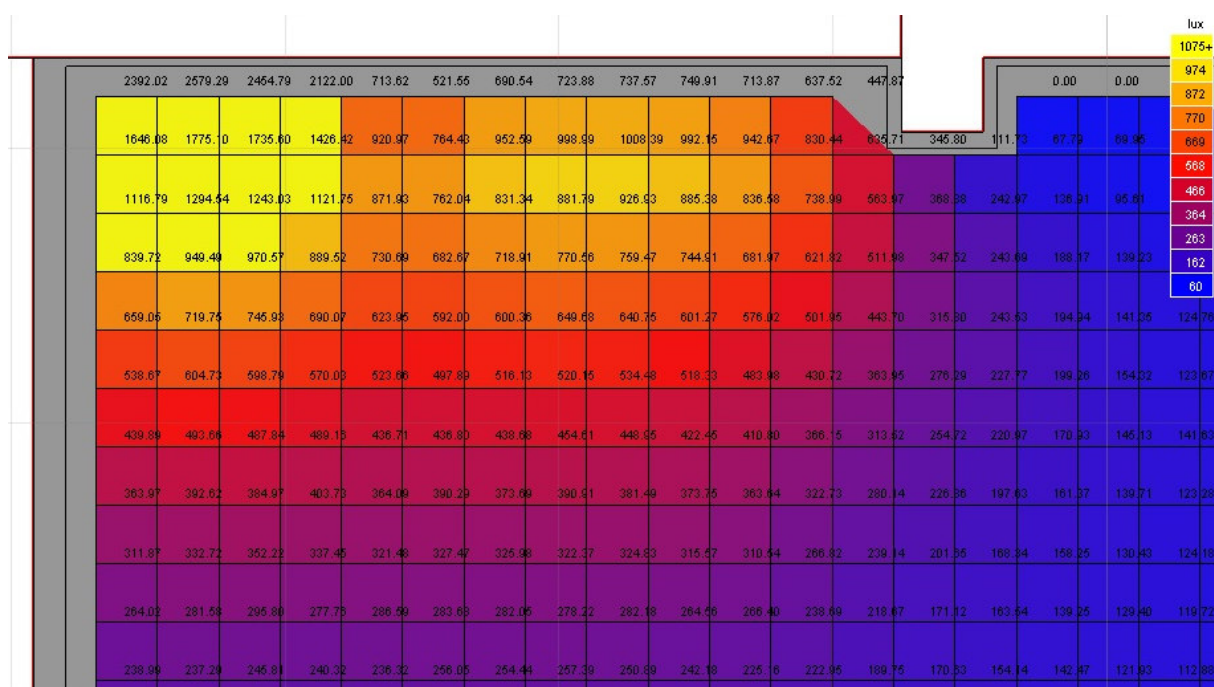


FIGURA 2.45: Valores de iluminación expresado en lux. Elaboración: Autor

En la zona más clara se puede observar niveles que superan los 1000 lux, los valores más bajos rondan los 100 lux, existen además valores de 300 y 500 lux.

Cabe recalcar que para este análisis no se considero la opacidad de la ventana así como en el caso anterior, ya que no habría ingreso alguno de iluminación.

Como resultado del análisis se puede ver que si la ventana utiliza un vidrio con un nivel de transparencia común mejoraría el nivel de iluminación en el interior, aunque observando los resultados este no logra satisfacer los dos planos de trabajo.

Los valores menores a 300 lux representan el 62,28 % del espacio analizado, entre 300 y 600 lux presenta un porcentaje del 20,14 % y mayor a 600 lux un espacio que representa el 17,58 %.

Resultados

Tabla 2.17: ANÁLISIS - CASO DE ESTUDIO 2

| Característica | Análisis |
|----------------------|---|
| Iluminación natural | El único acceso por donde la luz natural ingresa es por la puerta del local, la ventana no cumple función alguna más que permitir una vaga imagen del patio interior. Un problema resulta el bajo nivel de acristalamiento que se puede notar en el vano, esto reduce el ingreso de la luz natural. |
| Deslumbramiento | El espacio no presenta luz directa ni indirecta, solamente una luz difusa que ingresa por la puerta del sitio, es decir que al no existir luz directa no existe deslumbramiento, y por ende, no hay fatiga visual. |
| Nivel de iluminación | Los niveles de luz natural son mínimos, el espacio no puede cumplir con los niveles requeridos ya que la luz no ingresa al los planos de trabajo. |

Elaboración Autor.

2.8.6. Tabla comparativa

Tabla 2.18: ANÁLISIS GENERAL

| Característica | Caso 1 | Caso 2 |
|----------------------|---|--|
| Iluminación natural | El uso de la iluminación artificial es necesaria, ya que los planos de trabajo se encuentran alejados del vano por el que ingresa la luz. El espacio presenta un bajo nivel de acristalamiento en la puerta de ingreso, ésto reduce el nivel de iluminación. La falta de luz natural provoca un contraste al no usarse la luz artificial. | El espacio posee un vano por el cual no ingresa luz directa, solo difusa. Esto obliga al uso de la luz artificial. El vano que se encuentra en una de las paredes posee un nivel de opacidad alto. El único medio de ingreso de la luz es por la puerta. |
| Deslumbramiento | El espacio no presenta deslumbramiento | No ingresa luz directa al plano de trabajo, lo que asegura la ausencia de deslumbramiento |
| Nivel de iluminación | Posee niveles de iluminación cercanos a los 100 lux, ésto obliga al uso constante de la luz artificial | El espacio posee bajos niveles de iluminación y no cumple con la normativa. |

Elaboración Autor.

Ambos espacios poseen problemas de iluminación, razón por la cual el uso de la iluminación artificial se vuelve algo constante en todo el día, aumentando de esta manera el gasto del consumo energético. Además, los dos casos analizados presentan niveles bajos de acristalamiento en los vanos respectivos, la diferencia se da en que la luz directa si llega al espacio en el primer caso, esto no ocurre en el segundo.

En ninguno de ellos se presenta molestias por deslumbramiento.

En los dos casos, los niveles de iluminación se encuentran cercanos a los 100 lux, lo que en base a la normativa estudiada, no cumple con los requisitos mínimos para espacios de oficina.

3.1. Caso 1: Propuesta de iluminación

El primer caso de estudio resulta un poco complejo de intervenir, ya que la única iluminación que se puede aprovechar es el de la mañana, lo que necesariamente obliga a complementar con iluminación artificial, pero el hecho de permanecer con luz natural en la mañana ya sería un éxito para el diseño.

Después de analizar las posibles ideas de diseño, se propondrá un cambio de fachada del espacio, de esta forma se logrará aprovechar la iluminación natural disponible al máximo, además esto se complementará con la reubicación del mobiliario existente ya que éstos se encuentran alejados de la ventana. Además se propondrá un cambio de materialidad interno, lo que ayudará a reducir el riesgo de deslumbramiento que puede darse en el espacio con el ingreso de la luz.

3.1.1. Diseño

Fachada actual

En la fachada actual se puede identificar el bajo nivel de acristalamiento en la puerta de ingreso, lo que reduce significativamente el paso de la luz natural hacia el interior. Además se considera que, el elemento sobresaliente en el segundo nivel (balcón) reduce en cierta medida el área de la ventana al momento de permitir el ingreso de la luz.

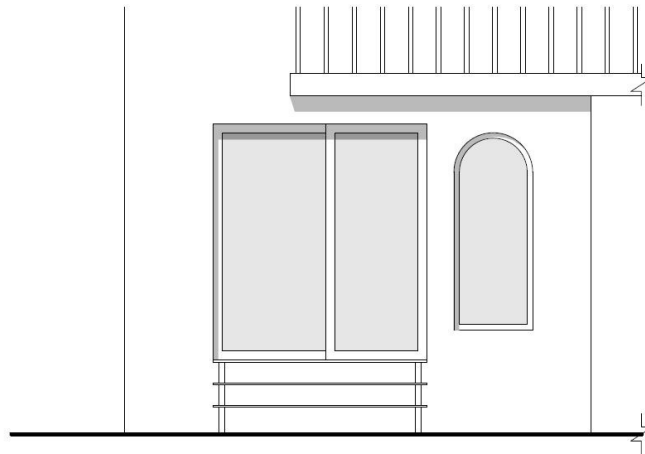


FIGURA 3.1: Fachada actual. Elaboración: Autor

Fachada propuesta

La idea fue invertir los elementos existentes en la fachada y aumentar en lo posible el área del vano que iluminará el interior de la oficina. Además de esta forma se logra aprovechar la iluminación de forma libre ya que antes la ventana que permitía el ingreso de la luz se encontraba debajo de un balcón, lo que reducía el área para aprovechar la iluminación.

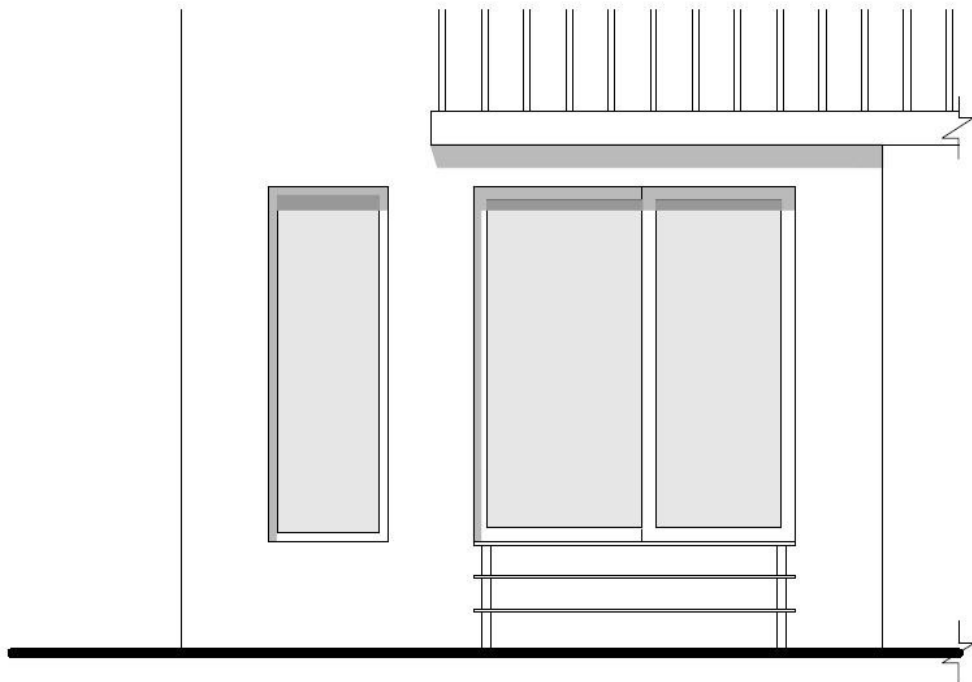


FIGURA 3.2: Fachada propuesta. Elaboración: Autor

Análisis solar

Se elaboró la volumetría de la propuesta para realizar el análisis solar y obtener los resultados.

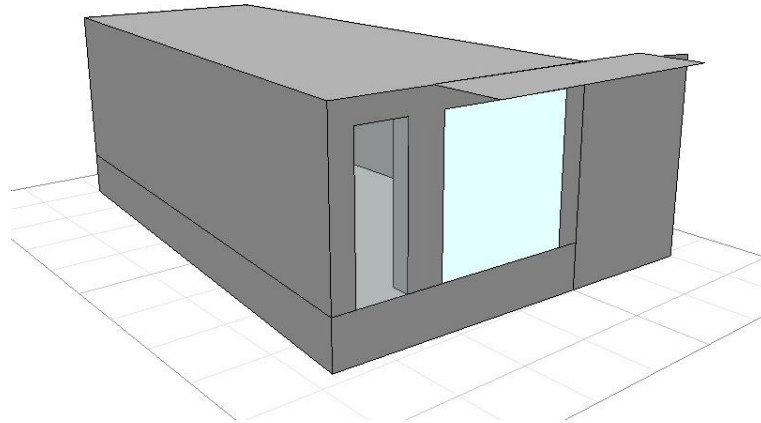


FIGURA 3.3: Volumetría de la propuesta. Elaboración: Autor

Para el análisis solar se siguió el mismo procedimiento anterior, obteniendo los siguientes resultados. Se puede notar que el área de incidencia solar tuvo un aumento significativo, lo que mejoró en gran manera la iluminación interior. Resulta difícil iluminar todo el espacio ya que el fondo de la oficina es de gran medida.

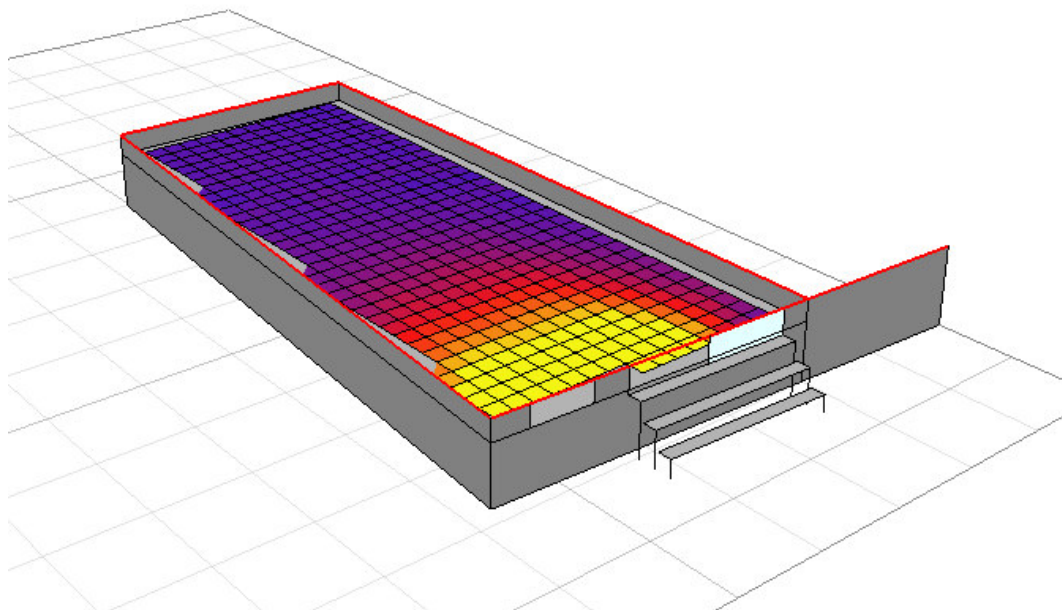


FIGURA 3.4: Análisis solar. Elaboración: Autor

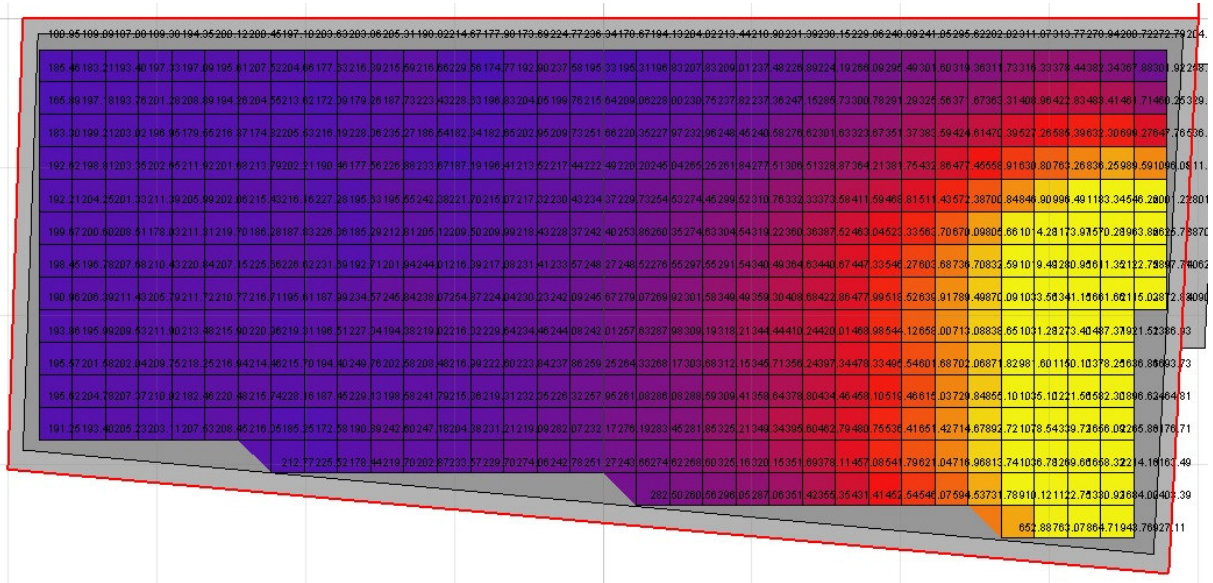


FIGURA 3.5: Valores de iluminación en lux. Elaboración: Autor

Aquí se puede apreciar los niveles de iluminación expresados en lux. Se obtuvo una gran mejoría ya que a la mitad de la habitación se obtiene al rededor de 300 lux, el nivel mínimo (según la normativa) para realizar actividades de oficina.

Representado en porcentajes los valores entre los 300 - 600 lux ascendió al 22,44 %, los valores mayores a 600 lux llegaron 18,44 % y el espacio que posee valores menores a los 300 lux disminuyó a un 59,11 %.

3.1.2. Organización interior

Organización actual

La organización interior se encuentra dispuesta de tal manera que no es posible que la luz natural llegue a los planos de trabajo (escritorios) lo que afecta el desarrollo de las actividades dentro de él.

El recuadro de color rojo indica el vano que posee la fachada actual, su nivel de acristalamiento es normal.

El elemento rodeado por el recuadro amarillo representa la puerta vidriada, y aunque se encuentra cercano a los planos de trabajo, posee un nivel de acristalamiento bajo, lo que impide el ingreso de la luz natural.

Los objetos dentro del recuadro verde son los planos de trabajo, sobre éstos debe incidir la luz natural. Por lo que se aprecia, se encuentra alejado del único elemento que transmite la luz al interior,



FIGURA 3.6: Organización actual. Elaboración: Autor

Organización propuesta

Se reorganizó el mobiliario interior en relación a la propuesta de diseño planteada, de esta manera se obtuvo una conexión directa entre el vano de la edificación que permite el ingreso de l luz natural y los planos de trabajo. Además esta distribución aprovecha en gran el espacio interior, consiguiendo un ingreso más limpio al interior.

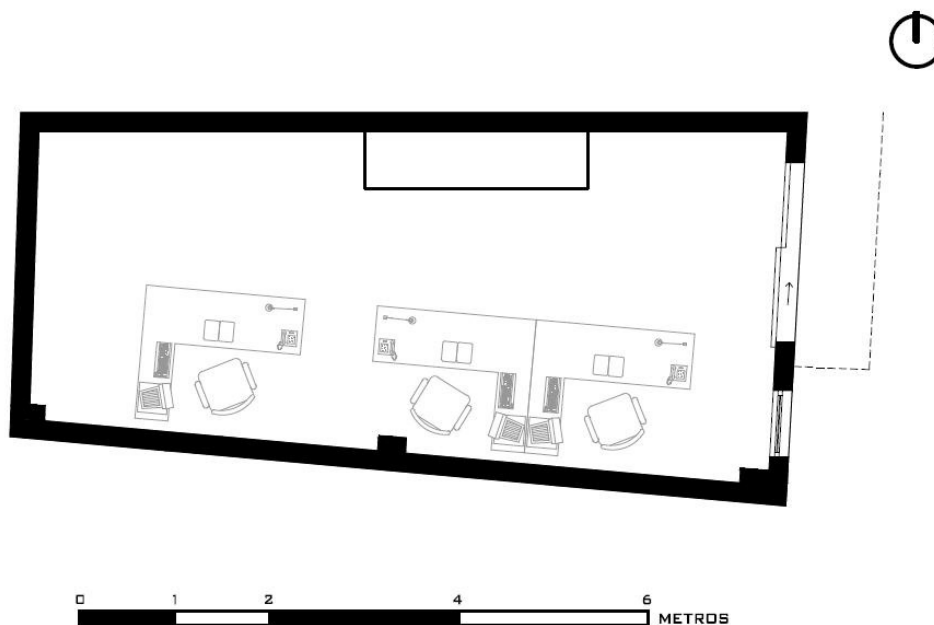


FIGURA 3.7: Organización propuesta. Elaboración: Autor

3.1.3. Materialidad

Materialidad actual

Los materiales, así como los colores internos del espacio presentan buenos niveles de reflectancia, esto beneficia a la distribución de la luz en el interior.

Tabla 3.1: FICHA TÉCNICA

| Material - Color | | | | |
|-------------------------|------------|------------|--|------------------|
| Elemento arquitectónico | Componente | | | Reflectancia (%) |
| Paredes | Material | Revoque | | 30 |
| | Color | Amarillo | | 60 |
| Piso | Material | Cerámica | | 60 |
| | Color | Ocre | | 20 |
| Cielo raso | Material | Hormigón | | 25 |
| | Color | Gris claro | | 50 |

Elaboración Autor.

Materialidad propuesta

Se plantea mantener la materialidad interna de la oficina, excepto en el piso, ya que el alto nivel de reflectancia de la cerámica aumenta el riesgo de deslumbramiento. El material propuesto para este elemento es la madera oscura, la cual posee un nivel de reflectancia del 30%, de esta forma se evita el deslumbramiento.

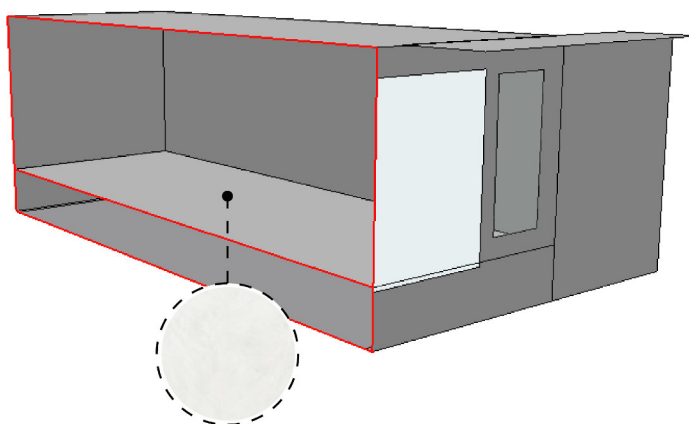


FIGURA 3.8: Material propuesto. Elaboración: Autor

Resultados

Tabla 3.2: PROPUESTA - CASO DE ESTUDIO 1

| Característica | Propuesta |
|----------------|--|
| Diseño | La propuesta de diseño mejoró el nivel de iluminación interior, con valores que rondan los 300 lux en medio de la habitación, nivel mínimo requerido para las oficinas en la normativa ecuatoriana. Cabe recalcar que este valor se obtuvo con una iluminación difusa, puesto que es el caso más desfavorable. |
| Organización | La reorganización del mobiliario interior permitió iluminar los planos de trabajo, además de mejorar la circulación de la oficina. |
| Materialidad | Con el cambio de materialidad del piso se reduce el riesgo de deslumbramiento, ya que la madera (material propuesto) no posee un alto nivel de reflexión. Los demás elementos se mantienen debido a su buen nivel de reflexión en paredes y cielo raso. |

Elaboración Autor.

Tabla 3.3: FICHA TÉCNICA

| Componentes de evaluación | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Componente general | Componente específico | | |
| Luz natural | Directa | | Si |
| | Indirecta | | Si |
| | Difusa | | Si |
| Confort lumínico | Aspecto fisiológico | Contraste | - |
| | | Deslumbramiento | - |
| | Aspecto psicológico | Fatiga visual | - |
| Componente de captación | Componente de conducción | Espacio de luz intermedio | Si |
| | | Espacio de luz interior | - |
| | Componente de transmisión | Ventana | Si |
| | | Proporción de la ventana | Amplio |
| | | Nivel de acristalamiento | Alto |
| | | Posición | Baja - Media - Alta |
| Sistema de captación | Sistema lateral | Unilateral | Si |
| | | Bilateral | - |
| | Sistema cenital | Monitor | - |
| | | Claristorio | - |
| | | Dientes de sierra | - |
| | | Claraboya | - |
| | | Sistema global | - |

| Material - Color | | | |
|-------------------------|------------|-------------|------------------|
| Elemento arquitectónico | Componente | | Reflectancia (%) |
| Paredes | Material | Revoque | 30 |
| | Color | Amarillo | 60 |
| Piso | Material | Madera | 30 |
| | Color | Café oscuro | 20 |
| Cielo raso | Material | Hormigón | 25 |
| | Color | Gris claro | 50 |

Elaboración Autor.

3.2. Caso 2: Propuesta de iluminación

En este caso de estudio resulta difícil pensar en una intervención de la fachada ya que la luz no llega de forma directa, además de que solamente se puede aprovechar la luz en las horas cercanas al medio día, esto es por la altura que presentan las edificaciones cercanas al sitio. Esto abre la posibilidad a ideas que logren introducir la luz de forma cenital.

La solución más óptima resulta ser la implementación de una claraboya en la losa de cubierta que se encuentra (en relación espacial) sobre los planos de trabajo dentro del espacio de estudio. Se complementará con un vidrio que convierta la luz directa en luz difusa, de esta forma se evitará el deslumbramiento en el interior.

3.2.1. Diseño

Cubierta propuesta

La idea para mejorar el nivel de iluminación en el espacio es la de diseñar una claraboya que permita el ingreso de la luz natural de forma cenital, de esta manera se aprovecha gran parte de la luz solar del día, lo que mejora el nivel de iluminación y reduce el uso de la luz artificial. El cristal que forma parte de la claraboya será translucido, de esta manera se evita el ingreso de la luz directa sobre los planos de trabajo.

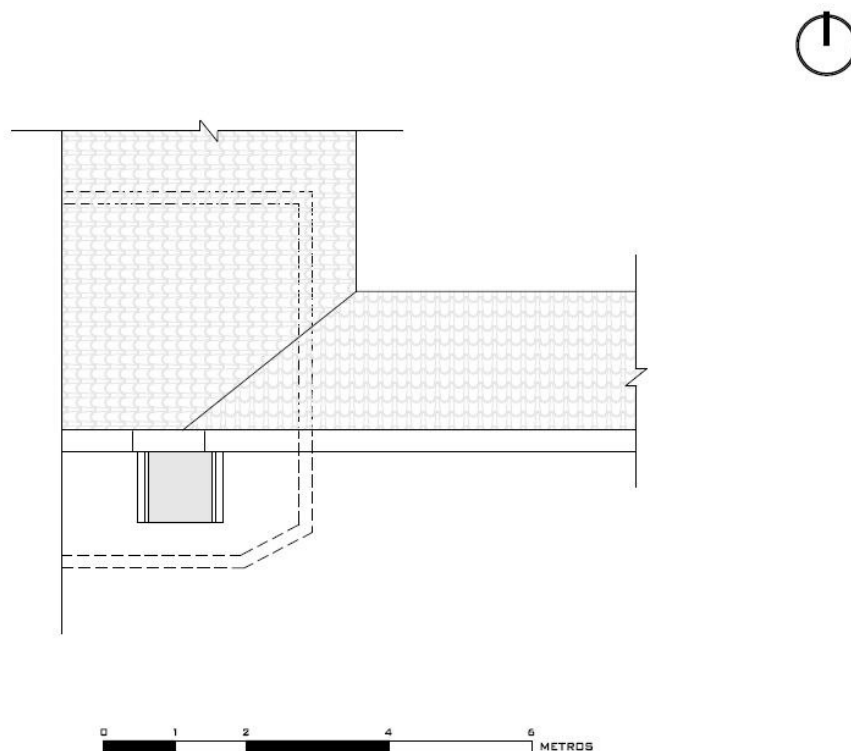


FIGURA 3.9: Propuesta - Planta. Elaboración: Autor

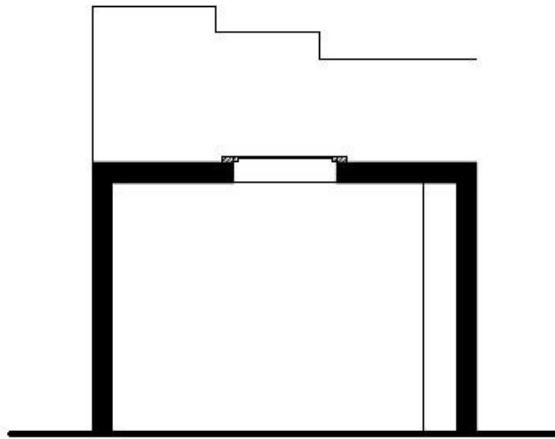


FIGURA 3.10: Propuesta - Sección. Elaboración: Autor

Análisis solar

Para realizar el análisis solar se elaboró una volumetría de la oficina con la claraboya y la materialidad propuesta.

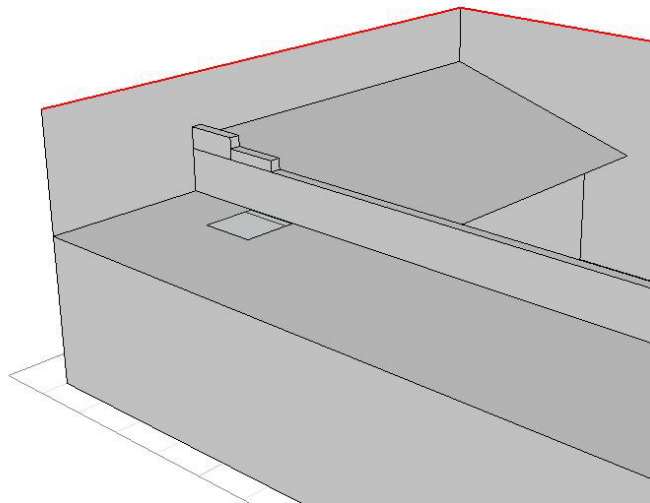


FIGURA 3.11: Volumetría de la propuesta. Elaboración: Autor

Para el análisis solar se siguió el mismo procedimiento anterior, obteniendo los siguientes resultados. Se puede notar que el área de incidencia solar tuvo un aumento significativo, ya que se encuentra sobre el área de trabajo, lo que permite reducir el uso de la iluminación artificial.

quiere decir que los valores superiores a 300 lux (valores óptimos para trabajo en oficina). Los valores entre 300 - 600 lux mejoraron hasta llegar al 42,12 %, y el espacio con niveles de iluminación mayores a 600 lux representan ahora un valor de 36,26 %.

Materialidad

Se plantea mantener toda la materialidad interna de la oficina, ya que al no tener una fuente de iluminación que llegue de manera directa, no existe riesgo de deslumbramiento. Los materiales utilizados en el piso, paredes y cielo raso poseen un buen nivel de reflexión lo que mejora el nivel de iluminación interior.

Tabla 3.4: FICHA TÉCNICA

| Material - Color | | | | |
|-------------------------|------------|-------------|------------------|--|
| Elemento arquitectónico | Componente | | Reflectancia (%) | |
| Paredes | Material | Revoque | 30 | |
| | Color | Crema claro | 70 | |
| Piso | Material | Cerámica | 60 | |
| | Color | Crema | 65 | |
| Cielo raso | Material | Enlucido | 35 | |
| | Color | Blanco | 70 | |

Elaboración Autor.

Resultados

Tabla 3.5: PROPUESTA - CASO DE ESTUDIO 2

| Característica | Propuesta |
|----------------|---|
| Diseño | La propuesta de diseño mejoró el nivel de iluminación interior, aprovechando la iluminación cenital, ya que resulta ser la única manera de transmitir luz natural al interior. |
| Materialidad | Se planteó mantener la misma materialidad por las características que cada una presenta en paredes, piso y cielo raso. De esta forma se confirma la distribución de luz. En cuanto a la propuesta se decidió colocar un vidrio translucido, así la luz directa que se logra captar, ingresará de manera difusa. |

Elaboración Autor.

Tabla 3.6: FICHA TÉCNICA

| Componentes de evaluación | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| Componente general | Componente específico | | |
| Luz natural | Directa | | - |
| | Indirecta | | - |
| | Difusa | | Si |
| Confort lumínico | Aspecto fisiológico | Contraste | - |
| | | Deslumbramiento | - |
| | Aspecto psicológico | Fatiga visual | - |
| Componente de captación | Componente de conducción | Espacio de luz intermedio | - |
| | | Espacio de luz interior | Si |
| | | Ventana | Si |
| | Componente de transmisión | Proporción de la ventana | Normal |
| | | Nivel de acristalamiento | Alto |
| | | Posición | Media |
| Sistema de captación | Sistema lateral | Unilateral | Si |
| | | Bilateral | - |
| | Sistema cenital | Monitor | - |
| | | Claristorio | Si |
| | | Dientes de sierra | - |
| | | Claraboya | - |
| | | Sistema global | - |

| Material - Color | | | |
|-------------------------|------------|-------------|------------------|
| Elemento arquitectónico | Componente | | Reflectancia (%) |
| Paredes | Material | Revoque | 30 |
| | Color | Crema claro | 70 |
| Piso | Material | Cerámica | 60 |
| | Color | Crema | 65 |
| Cielo raso | Material | Enlucido | 35 |
| | Color | Blanco | 70 |

Elaboración Autor.

Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

El haber investigado sobre los principales problemas que acarrea la iluminación natural en el espacio, ora público ora privado, de las oficinas del cantón de Azogues, resultó indudablemente positivo, puesto que se pudieron establecer estrategias adecuadas para brindar una posible solución a los diferentes inconvenientes de luz que se presentaron en tales lugares, además de mejorar el nivel de irradiación que incidía en su confort y, con ello, la reducción de la iluminación artificial, aumentando obviamente el ahorro energético.

Se abordó una temática especial y apropiada para entender la estructura fundamental de la luz, sus características, aplicación e influencia ante disímiles circunstancias de tiempo y espacio. Se relacionó a la luz con la arquitectura, en concepciones claras y precisas, lo que permitió entender y asimilar su esencia, afinidad y armonía. En base a este estudio especializado se pudo explicar los diferentes sistemas y técnicas que permiten un ingreso limpio y transparente de la luz hacia el interior de un ambiente.

Se estableció que, en efecto, las oficinas analizadas presentaban múltiples inconvenientes distributivos y de diseño, que afectaban el aprovechamiento de la luz natural, lo que supone que, en similares espacios de la ciudad, quizá con las mismas características y tipologías, existían también similares problemas de iluminación. Se demostró además que parte de estos problemas se registraban por el cambio de uso y/o destino del espacio, lo que resulta común en las ciudades en desarrollo y crecimiento.

Se expusieron los resultados, producto del análisis de casos, generando las propuestas técnicas más convenientes en base a las necesidades de ambos casos, considerando siempre la mejor opción para solucionar el problema final de la iluminación. En el primer caso se obtuvo una mejora del 21,01 % en el nivel de iluminación dentro del espacio, lo que permite iluminar más área sobre los planos de trabajo. En el segundo caso el nivel de iluminación mejoró en un 40,67 % del valor inicial, lo que confirma el éxito de la propuesta. La diferencia entre la mejora de los espacios se debe a las diferentes características que presentan en su diseño.

En la elaboración aplicada del documento, a más de analizar los casos planteados y proponer soluciones prácticas para el mejor aprovechamiento de la luz, se elaboró una base de considerandos a tener en cuenta al momento de realizar la valoración lumínica de un

espacio -dedicados a oficinas- sin que con ello se haya agotado la temática abordada, todo lo contrario, a futuro esta información podría servir para ser aplicada y aprovechada, en la medida de lo posible, y complementar un estudio de similar trascendencia en la proyección de espacios dedicados a oficinas en la distribución habitacional de Azogues.

4.2. Recomendaciones

Resulta importante el desarrollo de éste documento como una estructura, proceso o guía para futuros estudiantes ya sea en la práctica o en los procesos de trabajo, con el fin de que se realice un análisis solar completo en la etapa de diseño de un espacio arquitectónico, de esta manera se podrá dotar a un espacio de las características necesarias para la elaboración de sus actividades y se reducirá el uso de la luz artificial.

Al elaborar un trabajo de esta magnitud siempre se desea que exista una mejora continua del mismo, por lo que se recomienda continuar con el desarrollo de las investigaciones dirigidas a diferentes espacios de oficina, así mismo se deben identificar vacíos en los conocimientos o nuevos problemas en la práctica y proponer interrogantes para la investigación, con el fin de obtener una base sólida a cerca del análisis lumínico de éstos espacios, considerando todos y cada uno de los aspectos que en ellos pueden incidir, lo que genera distintos casos de estudio.

Resulta recomendable el implementar un mayor número de programas que faciliten el análisis solar de un espacio, lo que permitirá realizar comparaciones entre los resultados arrojados por estos, mejorando así la experiencia del análisis.

Finalmente se aconseja extender el alcance de los estudios expuestos a diferentes edificaciones como talleres, escuelas o locales comerciales, de esta manera se podrá generar un documento completo en base a un sistema analítico que posea variables aleatorias para todos lo espacios que se requieran analizar.

Referencias bibliográficas

- Aldo Piñeda, G. and Montes Paniza, G. (2014). ERGONOMÍA AMBIENTAL: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos.
- Almeida de Oliveira, R., Pinto Martins, A. F., and Bispo da Silva, A. P. (2018). Thomas Young e a teoria ondulatória da luz no início do século XIX: aspectos conceituais e epistemológicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(2).
- Arango Díaz, L., Montoya Flórez, O. L., Rendón Gaviria, L., and Callejas Ochoa, L. F. (2018). Estrategias de iluminación natural en el diseño de viviendas económicas: el caso Mihouse, Solar Decathlon 2015.
- Araújo, S. M. and Wellington, F. (2009). A TEORIA ONDULATÓRIA DE HUYGENS EM LIVROS DIDÁTICOS PARA CURSOS SUPERIORES The wave theory of Huygens in textbooks for undergraduate courses. pages 323–341.
- Artes Visuales (2016). ¿QUÉ ES EL COLOR? — TEORÍA DEL COLOR Y SUS PROPIEDADES – Artes Visuales.
- Aveiro, Y. (2015). Teorías de la luz. pages 1–6.
- Borobio Navarro, L. (1995). Luz y Arquitectura. *Revista de edificación*, 1:77–82.
- Cassini, A., Levinas, L., and Pringe, H. (2015). Einstein y la evidencia experimental a favor de la hipótesis del cuanto de luz. *Scientiae Studia*, 13(1):73–96.
- Cassini, A. and Levinas, M. L. (2007). La hipótesis del cuanto de luz y la relatividad especial ¿Por qué Einstein no las relacionó en 1905? *Scientiae Studia*, 5(4):425–452.
- CEI (2005). *Guía Técnica Aprovechamiento de la luz natural de edificios Guía*.
- Chavarría Cosar, R. (1986). NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo.
- Colombo, E., O´Donell, B., and Kirschbaum, C. (2006). Iluminación Eficaz , Calidad y Factores Humanos. pages 1–24.
- Cortés Parejo, J. (2000). La Percepción del Color.
- de la construcción, I. (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*.

- Diccionario de Arquitectura y Construcción (2019). Definición de cubierta en diente de sierra — Diccionario de arquitectura y construcción.
- Dionísio, P. H. (2005). ALBERT EINSTEIN E A FÍSICA QUÂNTICA. pages 147–164.
- Dirección General de Industria Energía y Minas (2006). Guía Técnica de Iluminación Eficiente.
- EADIC (2013). Arquitectura bioclimática.
- Esquivias, P. M., Navarro, J., and Muñoz, C. M. (2011). HACIA LA OPTIMIZACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LUZ NATURAL A TRAVÉS DEL DISEÑO DE HUECOS. pages 229–274.
- Flores Soto, J. A. (2011). El uso consciente de la luz en la arquitectura a través de varios espacios romanos.
- Font, J. L. (2003). ÓPTICA GEOMÉTRICA.
- Fontal, B., Suárez, T., Reyes, M., Bellandi, F., Contreras, R., and Romero, I. (2005). El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones. pages 1–151.
- Galles, C. D. (2004). El camino de Max Planck hacia los cuantos de energía. 17.
- García, E. (2008). La luz. Naturaleza y propagación. pages 1–20.
- García, L. A. (2009). Los ojos de la arquitectura. espacios para ver y ser visto.
- García Sanz, M. P. (2012). Iluminación en el puesto de trabajo. criterios para su evaluación y acondicionamiento. pages 1–39.
- González Arias, A. (2007). ¿ Qué es la luz? pages 51–53.
- Guadarrama Gándara, C. and Bronfman Rubli, D. (2015). Sobre luz natural en la arquitectura. pages 76–83.
- Guasch Farrás, J. (1988). Tipos de lámparas e iluminación.
- INSHT (2015). Iluminación en el puesto de trabajo.
- Laserna, D. B. (2015). LUZ Y ONDAS . HUYGENS : LA LUZ COMO PROPAGACIÓN ONDULATORIA. 191.
- Laszlo, C. (2016). Manual de Luminotecnia para interiores.
- Leal, L. d. Q. and Leder, S. M. (2018). Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos. *Ambiente Construído*, 18(4):97–117.
- López, E. and Aroca, C. (2015). Descubriendo a Maxwell.
- Martin, R. and Vecilla, G. (2011). Agudeza visual. pages 2–21.

- Martínez, M. (2015). ¿Qué es la luz? — lightroom.lighting.
- Mayo Clinic (2019). Fatiga ocular - Síntomas y causas - Mayo Clinic.
- Ministerio de la Salud Presidencia de la Nación (2014). MANUAL DE OFTALMOLOGIA PARA PROMOTORES Y AGENTES DE SALUD DEL PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN.
- Montalvo Arenas, C. E. (2010). OPTICA. pages 1–9.
- Monteoliva, J. M. and Pattini, A. (2013). Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en clima soleados. pages 235–248.
- Moreno, L. (2004). Propiedades de los colores.
- Moreno, M., Quintero, A., Pargas, T., and Hernandez, M. (2012). CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN ALUMBRADO PÚBLICO. 2(6):407–417.
- Moura, B. A. and Bragatto Boss, S. L. (2015). Thomas Young e o resgate da teoria ondulatória da luz: Uma tradução comentada de sua Teoria Sobre Luz e Cores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(4):4203–1–4203–24.
- Nóbrega, M., Freire Jr., O., and Pinho, S. (2013). Max Planck e os enunciados da segunda lei da termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(3):1–9.
- Novljan, T. and Rihtar, J. (2015). FLAT LIGHT GUIDE - A SUSTAINABLE AND CREATIVE LIGHT SOURCE. 10(28):77–90.
- Pardo, L. C. (2004). Fundamentos La Luz, Teorías de la luz. pages 54–55.
- Pattini, A. (2007). Luz Natural e Iluminación de Interiores. *Manual de Iluminación Natural*, pages 2–24.
- Piderit, M. B., Cauwerts, C., and Diaz, M. (2014). Definition of the CIE standard skies and application of high dynamic range imaging technique to characterize the spatial distribution of daylight in Chile. pages 22–30.
- Pimentel, J. (2015). Teorías de la luz y el color en la época de las luces. 191.
- Pinzón Latorre, A. (2008). Luz natural en el espacio interior . Estudio de estados lumínicos en el Stata Center.
- Revista Diagonal N° 23 (2010). La luz es el tema.
- Revista Diagonal N° 26 (2010). La luz es el tema.
- Revista Diagonal N° 27 (2011). La luz es el tema.
- Revista Diagonal N° 30 (2011). La luz es el tema.
- Revista Diagonal N° 33 (2012). La luz es el tema.

Revista Diagonal N° 37 (2014). La luz es el tema.

Ruiz, M. A. and Correa, E. N. (2009). CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS. COMPARACIÓN DE MODELOS Y SU APLICABILIDAD EN CIUDADES DE ZONAS ÁRIDAS. 13:71–78.

Serra Florensa, R. and Coch Roura, H. (1996). *Arquitectura y energía natural*.

Sheedy, J. (2014). LA FATIGA VISUAL. pages 34–37.

Silva, C. C. and Martins, R. d. A. (2003). A TEORIA DAS CORES DE NEWTON : UM EXEMPLO DO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM SALA DE AULA. pages 53–65.

Sirlin, E. (2005). Física de la luz. *Diseño de iluminación*, pages 1–14.

Soler, A. and Pilar, O. (1996). TECNOLOGIA Y CONSTRUCCION. pages 1–88.

Ugarte, J. (1999). Guia de arquitectura bioclimatica.

Vásquez, C. (2010). La luz en la obra de Le Corbusier. *ARQ (Santiago)*, (76):20–27.

Véliz Gómez, B. (2013). ILUMINACIÓN NATURAL La luz , confort , métrica y diseño.

Vendrell, M. (2002). ÓPTICA CRISTALINA.

5.1. Normativa

5.1.1. Normativa Internacional

Normativa Europea

Riesgos generales - Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo

Los colores internos de un espacio pueden afectar de manera directa en la iluminación interior. En la siguiente tabla se exponen algunos factores de reflexión de los colores más comunes.

Tabla 5.1: FACTOR DE REFLEXIÓN DE LOS COLORES EN INTERIORES

| Color - Material | Factor de reflexión (%) |
|--|-------------------------|
| Blanco | 100 |
| Papel blanco | 80 - 85 |
| Marfil, amarillo lima | 70 - 75 |
| Amarillo brillante, ocre claro, crema | 60 - 65 |
| Verde lima, rosa, naranja, gris pálido | 50-55 |
| Madera clara, azul celeste | 40 - 45 |
| Roble, hormigón seco | 30 - 35 |
| Rojo oscuro, verde árbol, verde oliva | 20 - 25 |
| Azul oscuro, púrpura | 10 - 15 |
| Negro | 0 |

Nota 1. Se representó el valor de los colores más comunes en oficinas.
Elaboración Autor.

Identificar el tipo de actividad de un espacio es importante porque puede cambiar la decisión en el diseño del espacio. Esto permite controlar el nivel de iluminación que se

quiere en el proyecto. A continuación se expone una tabla con los niveles recomendados de iluminación según diferentes actividades.

Tabla 5.2: NIVELES RECOMENDADOS DE ILUMINACIÓN

| Ubicación - Tarea | Valor recomendado de iluminación (lux) |
|-----------------------------------|--|
| Oficinas generales | 500 |
| Puestos de trabajo informatizados | 500 |
| Áreas de montaje en fábrica | |
| Trabajo de poca precisión | 300 |
| Trabajo medio | 500 |
| Trabajo de precisión | 750 |
| Trabajo de alta precisión | |
| Montaje de instrumentos | 1000 |
| Reparaciones de joyería | 1500 |
| Quirófanos de hospital | 50.000 |

Elaboración Autor.

Normativa Española

UNE - EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo

Luz natural

La luz natural puede iluminar en su totalidad o parcialmente un espacio mediante el flujo luminoso horizontal que se transmite a través de las ventanas.

Las ventanas permiten además un contacto visual con el exterior, lo cual resulta beneficioso para los usuarios.

Inventario de requisitos de iluminación

Los requisitos para los diferentes espacios según sus actividades son:

Tabla 5.3: REQUISITOS DE ILUMINACIÓN

| Actividad - Tarea | Em (lux) | UGR | Observaciones |
|--|----------|-----|--|
| Archivo, copias, etc. | 300 | 19 | |
| Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos. | 500 | 19 | Trabajo en EPV |
| Dibujo técnico | 750 | 16 | |
| Puestos de trabajo de CAD | 500 | 19 | Trabajo en EPV |
| Salas de conferencias y reuniones | 500 | 19 | La iluminación debería ser controlable |
| Mostrador de recepción | 300 | 22 | |
| Archivos | 300 | 25 | |

Nota 1. UGR es el índice de deslumbramiento. EPV (Equipo con pantalla de visualización).
Elaboración Autor.

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo

Iluminación de los lugares de trabajo

Los lugares de trabajo tendrán iluminación natural siempre, solamente si existe necesidad de complementar esta iluminación se dispondrá de luz artificial.

Los niveles mínimos de iluminación para lugares de trabajo son los siguientes:

Tabla 5.4: NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

| Lugar de trabajo | Nivel mínimo de iluminación (lux) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Bajas exigencias visuales | 100 |
| Exigencias visuales moderadas | 200 |
| Exigencias visuales altas | 500 |
| Exigencias visuales muy altas | 1000 |
| Áreas o locales de uso ocasional | 50 |
| Áreas o locales de uso habitual | 100 |
| Vías de circulación de uso ocasional | 25 |
| Vías de circulación de uso ocasional | 50 |

Elaboración Autor.

La iluminación en los espacios debe cumplir otras características:

- a) La distribución de la luz será igual en todo el espacio.

- b) Será necesario tener iluminación según el nivel de exigencia de las tareas.
- c) Se evitara el deslumbramiento directos e indirectos

Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización (2da Edición)

El color en un espacio de trabajo puede llegar a afectar de dos maneras el desempeño de las actividades, el primero como estimulante para realizar las tareas asignadas y el segundo como elemento que influye en la iluminación interior del espacio.

Como un ejemplo del primer caso se tiene un trabajo monótono en el cual lo recomendable es introducir colores estimulantes, para el segundo es recomendable colocar colores claros en paredes amplias.

A continuación se expone un cuadro con valores de reflectancia para diferentes superficies.

Tabla 5.5: VALORES DE REFLECTANCIA PARA DIFERENTES SUPERFICIES

| Superficie | Reflectancia |
|-------------------|---------------------|
| Mesa de trabajo | 0,2 a 0,5 |
| Pantalla, teclado | 0,2 a 0,5 |
| Documentos, papel | 0,4 a 0,8 |
| Techos | 0,6 a 0,8 |
| Paredes | 0,4 a 0,8 |
| Suelos | 0,15 a 0,5 |

Elaboración Autor.

Normativa Mexicana

NORMA Oficial Mexicana NOM - 025 - STPS - 2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo

Los niveles mínimos de iluminación que deben existir sobre la mesa de trabajo son los siguientes:

Tabla 5.6: NIVELES DE ILUMINACIÓN

| Tarea visual del puesto de trabajo | Niveles mínimos de iluminación (luxes) | Área de trabajo |
|---|--|--|
| En interiores | 100 | Áreas de circulación y pasillos, salas de espera, salas de descanso. |
| Requerimiento visual simple: trabajo en banco y máquina. | 200 | Servicios al personal: recepción y despacho. |
| Distinción moderada de detalles: trabajo medio en banco y máquina, trabajos de oficina. | 300 | Talleres: aulas y oficinas. |
| Distinción clara de detalles: captura y procesamiento de información. | 500 | Talleres de precisión: salas de cómputo. |

Elaboración Autor.

Evaluación de los niveles de iluminación

Se necesita identificar el factor de reflexión existente en un espacio, analizando los valores en las paredes y el plano de trabajo. Los máximos valores permitidos son:

Tabla 5.7: NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DEL FACTOR DE REFLEXIÓN

| Concepto | Niveles máximos de reflexión, Kf |
|------------------|----------------------------------|
| Paredes | 60 % |
| Plano de trabajo | 50 % |

Nota 1. Cuando el valor de la reflexión (Kf) supere lo establecido existirá deslumbramiento.

Elaboración Autor.

Normativa Colombiana

ANEXO GENERAL DEL REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO

Niveles de iluminación o iluminancias y distribución de luminancias

Niveles de iluminancia.- Para lugares de trabajo se debe cumplir con los niveles de iluminancia adaptados de la norma ISO 8995 “Principles of visual ergonomics – The lighting of indoor work systems”.

Al momento del diseño es importante buscar cumplir el nivel medio de iluminación.

Tabla 5.8: NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADA

| Espacio | UGR | Mínimo | Medio | Máximo |
|--------------------------|-----|--------|-------|--------|
| Oficinas de tipo general | 19 | 300 | 500 | 750 |
| Oficinas abiertas | 19 | 500 | 750 | 1000 |
| Oficinas de dibujo | 16 | 500 | 750 | 1000 |
| Salas de conferencia | 19 | 300 | 500 | 750 |

Nota 1. UGR es el índice de deslumbramiento
Elaboración Autor.

Aprovechamiento de la luz natural

Algunos de los criterios que permiten aprovechar la luz son:

a) Se debe disponer de ventanas o claraboyas que permitan el contacto visual con el exterior, lo cual resulta benéfico para el confort del usuario. El diseño de las ventanas o claraboyas debe ser analizado desde el inicio del proyecto.

b) Se debe evitar que la luz directa ingrese sobre el plano de trabajo ya que provocara deslumbramiento.

c) Se debe buscar el método de ingresar luz natural al espacio mediante la difusión o reflexión, evitando el uso de la iluminación artificial.

d) Se debe poseer conocimiento sobre la cantidad de luz en cielo despejado, parcialmente despejado, y nublado. Esto permitirá un mejor desarrollo de la propuesta de iluminación.

e) Las ventanas deben cumplir lo siguiente:

1. Controlar el ingreso de luz directa sobre el plano de trabajo.
2. Reducir el deslumbramiento sobre el plano de trabajo.
3. Restar la temperatura de un espacio en días soleados.

Normativa Peruana

NORMA EM.010 - Instalaciones eléctricas interiores

Cálculos de iluminación

En la elaboración de los proyectos se obligan a realizar cálculos de iluminación en locales como: comerciales, oficinas, talleres, etc.

A continuación se expone la Tabla de iluminancias (lux) mínimas a considerar según estos ambientes, identificando la actividad que en ellos se realizan.

Tabla 5.9: TABLA DE ILUMINANCIAS PARA AMBIENTES INTERIORES

| Ambientes | Iluminancia (lux) | Calidad |
|---------------------------------------|-------------------|---------|
| Oficinas | | |
| Archivos | 200 | C - D |
| Salas de conferencia | 300 | A - B |
| Oficinas generales y salas de cómputo | 500 | A - B |
| Oficinas con trabajo intenso | 750 | A - B |
| Salas de diseño | 100 | A - B |

Elaboración Autor.

Tabla 5.10: CALIDAD DE LA ILUMINACIÓN POR TAREA VISUAL

| Calidad | Tipo de tarea visual o actividad |
|---------|--|
| A | Tareas visuales muy exactas. |
| B | Tareas visuales con alta exigencia. Tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración. |
| C | Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con un cierto grado de movilidad del trabajador. |
| D | Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores moviéndose frecuentemente dentro de un área específica. |
| E | Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área. |

Elaboración Autor.

5.1.2. Normativa Nacional

Normativa Ecuatoriana

INEN - 1152. ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS

Requisitos generales de iluminación natural

El nivel de iluminación externa se utilizará como base para el análisis de la luz natural que debe existir en el interior de una edificación. En el caso de no lograr la iluminación adecuada en un espacio específico para una actividad determinada, se verá necesario complementar con luz artificial. Los niveles de iluminación se encuentran en el Código de Práctica INEN para iluminación de Interiores.

Componentes de cielo recomendados y que deben mantenerse en los diferentes locales

Los niveles de iluminación natural se deben analizar sobre el plano de trabajo en las siguientes posiciones:

- a) A una distancia de 3,00 a 3,50 metros a lo largo de la línea central perpendicular a la ventana.
- b) En el centro del local.
- c) A lugares fijos donde estén ubicados, escritorios, mesas de trabajo, etc.

Tamaño de ventanas

El ancho y alto apropiados para las ventanas se encuentran especificadas en las Tablas del Anexo A.

Existen tablas que especifican los valores para el tamaño de las ventanas con las cuales se logra la iluminación recomendada, sin embargo la decisión final se basa según los aspectos económicos, técnicos y arquitectónicos.

Disposición de ventanas para proporcionar una buena iluminación natural

Una ventana alta permite mayor ingreso de iluminación, y una ventana ancha, una mejor distribución.

Las ventanas anchas funcionan de mejor manera cuando sus antepechos se elevan de 30 a 60 cm por encima del plano de trabajo.

Es necesario poseer un elemento que permita el control de la iluminación para evitar el ingreso de luz solar directa al espacio interior.

Se debe conseguir reflejar parte de la luz en el cielo raso, de esta manera aumentara la iluminación difusa en el interior, consiguiendo que llegue luz a las áreas más alejadas a las ventanas y originando una iluminación más uniforme del espacio. Se evitará además cualquier deslumbramiento provocado por la ventana. Las superficies con colores claros y un buen índice de reflexión mejoran el nivel de iluminación difusa en el interior del espacio.



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL

Yo, **Marcos Damián León Rodríguez** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302093323. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Estrategias de control de la luz natural para optimizar el ahorro energético y la captación en oficinas de la ciudad de Azogues**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 06 de agosto de 2019

F: 
Marcos Damián León Rodríguez
C.I. 0302093323