

Dispositivo De iluminación Natural A Partir De La Refracción.

Presentado por:

Harold Sebastián Torres Quiroz.

Nicolay Alexander Monroy Prieto.

Daniela Abril Velandia.

Universidad la Gran Colombia

Facultad de arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá – Colombia 5 de diciembre del 2018

Dispositivo De iluminación Natural A Partir De La Refracción.

Presentado por:

Harold Sebastián Torres Quiroz.

Nicolay Alexander Monroy Prieto

Daniela Abril Velandia.

.

Trabajo de grado como requisito parcial para optar título de:

Tecnólogo en construcciones arquitectónicas

Director de proyecto:

Arquitecta. Melisa Gálvez Bohórquez

Línea de investigación:

Hábitat tecnológico y constructivo

Universidad la Gran Colombia

Facultad de arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá – Colombia 5 de noviembre del 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ciudad Bogotá, 5 de diciembre del 2018

Agradecimientos

La elaboración del presente proyecto de grado ha sido posible gracias a la contribución de varias personas sin embargo hemos considerado un reconocimiento especial:

A la Arquitecta Melisa Gálvez Bohórquez por su continuo acompañamiento en la proyección del proyecto, por animarnos y persuadirnos siempre con su mayor entusiasmo.

A los Arquitectos Juan David Giraldo Gallego y Yuber Alberto Nope, por revisar, guiarnos y compartir todos sus conocimientos con nosotros, llevando acabo las pruebas de laboratorio, capacitándonos y ofreciendo la asistencia continúa para las debidas intervenciones.

A aquellos profesores que estuvieron presentes durante este gran camino, que por medio de sus conocimientos fueron pieza clave para la realización de este objetivo.

A nuestros padres las personas más importantes y quien sin ellas no hubiésemos podido lograr este objetivo tan importante, ya que con sus consejos fueron de gran inspiración para la superación y lucha de cada día.

Resumen

El presente proyecto de grado busca reducir los costos de consumo en la energía eléctrica lumínica para las viviendas de un nivel pertenecientes al grupo de uso I determinado en la NSR-10 por medio de un prototipo de iluminación natural que funciona bajo el fenómeno de la refracción, generando conciencia de ahorro energético desde la innovación tecnológica sostenible. La investigación nos acerca a la proyección de las nuevas formas para abastecer lumínicamente las edificaciones sin consumir energía convencional todo desde una iluminación natural, remplazando los sistemas de abastecimiento con luz convencional luminaria como las bombillas por dispositivos que permitan el suministro de luz natural en la vivienda, pues a la fecha se han implementado sistemas con esta finalidad como lo son el Solatube y el litro de luz los cuales se contemplan en el desarrollo del prototipo a exponer, obteniendo resultados comparativos mediante la simulación de una vivienda localizada en la ciudad de Bogotá, esta representación se desarrolla de manera dinámica y física, donde se demuestra la eficiencia y competitividad del dispositivo, proyectando de forma viable la adaptación y caracterización del mismo de forma técnica, arquitectónica, constructiva y económica.

Palabras clave: Consumo energético, Construcción, Innovación, Refracción, Luz natural, Prototipo lumínico, iluminación, confort lumínico, espectro lumínico, Bogotá.

Abstract

The present degree project seeks to reduce the costs of luminous electric energy for homes of a level belonging to the group of use resolved in the NSR-10 by means of a prototype of natural lighting that works under the phenomenon of refraction. , generating awareness of energy savings based on sustainable technological innovation. Research informs us about the projection of new ways of supplying light to buildings without conventional energy, all from natural lighting, replacing traditional systems of light supply, such as light bulbs with devices that provide natural light. To date, several systems have been implemented, such as the Solatube and the liter of light, contemplated in the development of the prototype to exhibit, obtaining comparative results through the simulation of a house located in the city of Bogotá in a dynamic and physical way , which demonstrates the efficiency and capacity of the device, in a viable way with technical, architectural, constructive and economic characterization.

Keywords: Energy, Construction, Innovation, Refraction, Natural light, light prototype, Lighting, Bogotá D-C.

Tabla de contenido

PARTE I GENERALIDADES.

1. Introducción.....	4
2. Planteamiento Del Problema-Justificación.....	6
3. Delimitación Del Problema	10
Problema Interrogativo.....	10
Problema Declarativo	10
4. Hipótesis	11
5. Objetivo General.....	12
6. Objetivos Específicos	12
7. Metodología.....	13

PARTE II REFERENCIAS.

8. Marco de Referencia.....	15
Marco teórico	15
Marco conceptual	24
Marco normativo.	35
9. Proyectos Referentes.....	37
Solatube	37
Litro De Luz	40

PARTE III PROPUESTA

10. Capitulo I. Diseño Del Prototipo	41
Criterios de diseño	41
Diseño Ecorefractor.	44
11. Capitulo II. Métodos experimentales.....	55
Caso de estudio.....	55
Prueba Dinámica	64
Prueba Física.	73
12. Observaciones.....	90
13. Conclusiones	92
14. Referencia bibliográfica	93

Índice De Tablas.

<i>Tabla 1. Aumento de demanda eléctrica en Colombia y responsabilidad lumínica 2018.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2. Demanda energética en centrales térmicas y responsabilidad lumínica 2018.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3. Índices de color cromático determinado por la CIE.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 4. Niveles de iluminancia según el espacio.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5. Variables de análisis para el diseño del ecorefractor ante rendimiento lumínico.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6 Índices de refracción para una longitud de onda = 589nm.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 7 ubicación estudio de caso.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 8. Información De La Cuenta.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 9. Componentes del valor unitario del kWh.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 10. Consumo Energético Mensual (promedio)y factores de consumo eléctrico de la edificación.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 11. Estudio: intensidad lumínica natural.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 12. Estudio 3x3 intensidad lumínica natural.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 13. Recursos humanos, técnicos y materiales para el desarrollo de prueba física.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 14. Obtención de indicadores de rendimiento lumínico por método.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 15. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico prototipo sin película, cielo nublado.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 16. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico prototipo sin película, cielo despejado.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 17. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico, por simulación en caso crítico.</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 18. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico para identificar casos críticos.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 19. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico, final.</i>	<i>89</i>

Índice De Ilustraciones.

<i>Ilustración 1. Responsabilidad de la construcción en el aumento del consumo energético lumínico.</i>	6
<i>Ilustración 2. Distribución de consumo de energía eléctrica por sector en Colombia 2018 y distribución uso de energía secundaria en el sector residencial.</i>	6
<i>Ilustración 3. Metodología para obtener la responsabilidad del consumo energético.</i>	7
<i>Ilustración.4. Comportamiento de demanda anual de energía eléctrica en Colombia GWh.</i>	8
<i>Ilustración 5. Tarifas de consumo eléctrico mes Octubre central Enel Codensa.</i>	8
<i>Ilustración 6. Metodología para desarrollar proyecto de grado.</i>	14
<i>Ilustración 7. Distribución de producción de energías primarias y secundarias en Colombia 2016 TJ.</i>	15
<i>Ilustración 8. Distribución del consumo de energía general y energía eléctrica por sectores Colombia 2016.</i>	16
<i>Ilustración 9. Generación de energía eléctrica GWh en Colombia 2017.</i>	17
<i>Ilustración 10. Factores de consumo energético en el sector residencial.</i>	17
<i>Ilustración 11. Factores de consumo eléctrico en el sector residencial Colombia KWh.</i>	17
<i>Ilustración 12. Participación de bombillas en el sector residencial. 2015.</i>	17
<i>Ilustración 13. Responsabilidad lumínica dentro de la demanda de consumo eléctrico.</i>	19
<i>Ilustración 14. Distribución de vivienda en el sector residencial 2018.</i>	20
<i>Ilustración 15. Ítems de una factura eléctrica Colombiana, empresa Enel Colombia.</i>	22
<i>Ilustración 16. Función administrativa de energía eléctrica en Colombia 2018.</i>	23
<i>Ilustración 17. Fuentes, manifestaciones, y propiedades de la energía.</i>	25
<i>Ilustración 18. Criterios básicos de rendimiento lumínico en un espacio interior.</i>	27
<i>Ilustración 19. Escala de temperatura de colores en unidad de medida grados Kelvin.</i>	29
<i>Ilustración 20. Diferencia entre reflexión y refracción.</i>	31
<i>Ilustración 21. Partes de modelos Solatube 160 DS.</i>	38
<i>Ilustración 22. Estrategias del Solatube.</i>	39
<i>Ilustración 23. Estrategias del litro de luz.</i>	40
<i>Ilustración 24. Metodología de recolección de datos para desarrollar diseño.</i>	41
<i>Ilustración 25. Integración de criterios en la adopción del diseño.</i>	43
<i>Ilustración26, refracción oblicua en un vidrio incoloro.</i>	45
<i>Ilustración 27. Ciclo de vida del vidrio.</i>	49
<i>Ilustración 28. Propuesta de diseño Ecorefractor.</i>	51
<i>Ilustración 29. Propuesta de anclaje Ecorefractor.</i>	51
<i>Ilustración 30. Enfoques del Ecorefractor como aparato eficiente en la adopción de nuevas técnicas sostenibles.</i>	53
<i>Ilustración 31. Proyección del ecorefractor como solución ante la sociedad.</i>	54
<i>Ilustración 32. Localización grafica de la zona.</i>	56
<i>Ilustración 33 Localización grafica de la edificación.</i>	56
<i>Ilustración 34. Edificación entre medianera.</i>	57
<i>Ilustración 35 Localización de la vivienda.</i>	58
<i>Ilustración 36. Foto del proyecto, Fachada frontal.</i>	58
<i>Ilustración 37. Plano arquitectónico.</i>	59
<i>Ilustración 38. Vista 3d en Revit, caso de estudio.</i>	59
<i>Ilustración 39. Plano arquitectónico.</i>	60
<i>Ilustración 40 Distancia entre correas y teja española.</i>	61
<i>Ilustración 41. Corte cubierta, un agua y estructura en madera.</i>	61
<i>Ilustración 42 Comportamiento del consumo mensual en Kwh en un periodo aprox de 7 meses.</i>	63
<i>Ilustración 43. Render caso de estudio.</i>	64
<i>Ilustración 44. Render caso de estudio, análisis de iluminación natural.</i>	65
<i>Ilustración 45 Planta arquitectónica caso de estudio, análisis de iluminación natural.</i>	66
<i>Ilustración 46 Render caso de estudio, análisis de iluminación natural.</i>	66
<i>Ilustración 47 Grafica de intensidad lumínica natural (11-21-2018).</i>	67

<i>Ilustración 48. Plano arquitectónico caso de estudio, Selección de espacios a estudiar.</i>	68
<i>Ilustración 49 Análisis 21-marzo-2018, hora: 8:00 A.m.</i>	69
<i>Ilustración 50 Análisis 21-marzo-2018, hora: 12:00 p.m.</i>	69
<i>Ilustración 51. Análisis 21-marzo-2018, hora: 4:00 pm.</i>	69
<i>Ilustración 52. Análisis 21-junio-2018, hora: 8:00 A.m.</i>	70
<i>Ilustración 53. Análisis 21-junio-2018, hora: 12:00 pm.</i>	70
<i>Ilustración 54. Análisis 21-junio-2018, hora: 4:00 pm.</i>	71
<i>Ilustración 55. Análisis 21-diciembre-2018, hora: 8:00 A.m.</i>	71
<i>Ilustración 56. Análisis 21-diciembre-2018, hora: 12:00 p.m.</i>	72
<i>Ilustración 57. Análisis 21-diciembre-2018, hora: 4:00 p.m.</i>	72
<i>Ilustración 58. Metodología prueba física.</i>	74
<i>Ilustración 59. Imagen maqueta caso de estudio escala 1:20 14 de noviembre – 8 de noviembre 2018.</i>	75
<i>Ilustración 60. Imagen maqueta caso de estudio critico escala 1:25. 25 de noviembre.</i>	75
<i>Ilustración 61. Imagen Digital light meter. 19 de noviembre</i>	75
<i>Ilustración 62. Posición del luxómetro para obtención correcta de los indicadores.</i>	76
<i>Ilustración 63. Foto diagrama de sombras ciudad de Bogotá. 22 de noviembre</i>	76
<i>Ilustración 64. Foto Ecorefractor escala 1:20 en vidrio. 24 de noviembre.</i>	76
<i>Ilustración 65. Estéreo radian de cuarto crítico.</i>	77
<i>Ilustración 66. Fotos Estudio 1 casa esc 1:25 diagnostico base. 8 de noviembre</i>	78
<i>Ilustración 67. Fotos Estudio 2 casa esc 1:25 diagnostico base y mejorado. 21 de noviembre</i>	79
<i>Ilustración 68. Fotos Estudio 3 caso critico esc 1:20 diagnostico base y mejorado. 26 de noviembre</i>	81
<i>Ilustración 69 Determinación de casos críticos dentro de la vivienda.</i>	83
<i>Ilustración 70. Diagnostico base Prototipo con película - Maqueta 1:25</i>	84
<i>Ilustración 71. Diagnostico mejorado Prototipo con película - Maqueta 1:25</i>	84
<i>Ilustración 72. Diagnostico base ante diagnostico mejorado en rendimiento de lux.</i>	85
<i>Ilustración 73. Diagnostico base ante diagnostico mejorado en rendimiento de factor de luz dia.</i>	85
<i>Ilustración 74 Índice de confort lumínico del ecorefractor.</i>	86
<i>Ilustración 75. Espacio de caso crítico ante cumplimiento de confort diagnostico base.</i>	86
<i>Ilustración 76. Fotos Estudio 3 espectro lumínico en tiempo real 10.00am</i>	87
<i>Ilustración 77. Espacio de caso critico bajo el diagnostico base y el diagnostico mejorado.</i>	87
<i>Ilustración 78. Espacio de caso critico bajo el diagnostico de flujo luminoso.</i>	88
<i>Ilustración 79. Confort de actividades diagnostico base y mejorado en tiempo real.</i>	88
<i>Ilustración 80 .Confort de actividades diagnostico base y mejorado en simulación de tiempo.</i>	89

Introducción

La demanda energética enfrenta cambios drásticos, las exigencias dado su elevado consumo van aumentando y el prever el uso de energía totalmente amigable y eficiente se vuelve una proyección no tan lejana, para ello los sectores industriales actualmente contribuyen de diversas formas, por ejemplo en un marco legal la Unión Europea establece niveles de consumo mínimos comunes de eficiencia energética, las empresas de abastecimiento eléctrico desarrollan programas para minimizar el consumo energético, en Colombia el Ministerio De Minas y Energía (MINMINAS) también promulga mediante guías y leyes estimular el compromiso tanto de la empresas eléctricas, como de la industria y la sociedad, la construcción por su parte muestra interés en brindar confort en las edificaciones, con diseños articulados a la naturaleza, el factor clima y materiales más sostenibles, desarrollando así una arquitectura que contemple los recursos naturales y los vincule en la construcción, considerando así el gasto de consumo energético y la responsabilidad que tiene sobre tal factor.

El déficit actual de la construcción ante esta necesidad energética, está dada principalmente por la imposibilidad técnica, falta de innovación, falta de recursos económicos, falta de concienciación y otros aspectos que en un conjunto son el desarrollo sostenibles de las edificaciones, pues las necesidades de habitabilidad que la sociedad actual ostenta, las diversas actividades realizadas en una edificación y el estilo de vida de consumo actual exige construcciones más sostenibles, sirva de ejemplo y de consideración el censo realizado en el 2018 por el DANE donde se ratifica con indicadores que en las viviendas Colombianas el servicio más implementado es el de la energía eléctrica con el 96,9%

De esta manera la construcción está en la obligación de garantizar ambientes confortables y de alta calidad habitacional, para ello actualmente y en su mayoría se

implementa equipamiento eléctrico, pero son de alto consumo energético y afectan directamente los costos reflejados en el sector público. Una de las acciones para disminuir tal demanda energética es implementar sistemas de adaptación para las energías renovables, el agua, el sol, el viento; Otra es el desarrollo de normas que regulen la construcción e incentiven a la innovación y adaptación de nuevos elementos que articulen las edificaciones a un suministro de energía económica sostenible.

Dicho lo anterior, el presente documento corresponde a una investigación en la cual se trata la alta demanda energética, haciendo énfasis en el costo que se está enfrentando y la responsabilidad que la iluminación artificial tiene sobre dicha tarifa, las nuevas tecnologías implementadas para satisfacer la necesidad lumínica de las viviendas de forma natural ante una construcción que obstaculiza tal aprovechamiento de luz solar y el proponer un prototipo estandarizado que abastezca lumínicamente viviendas de un piso en la ciudad de Bogotá por medio de la refracción solar, generando la disminución de los costos energéticos.

De esta manera el contenido del proyecto de grado se divide en dos fases; la primera corresponde a la epistemología del tema y problema encontrado donde se expone la síntesis, hipótesis, finalidad y los marcos referenciales necesarios para la obtención de la correspondiente información, es decir un estudio comparativo de los sistemas de iluminación natural más desarrollados en la actualidad y los criterios de rendimiento lumínico. La segunda parte corresponde a la obtención práctica-teórica por medio de una metodología física equivalente a una maqueta e instrumento de medición y dinámica por medio de revit plugin insight 360, midiendo el rendimiento del prototipo propuesto sobre simulación de una vivienda estudio de caso localizada en Bogotá, partiendo de un diagnóstico base a un diagnóstico mejorado donde el alcance de obtención lumínica natural nos evidencia la capacidad y eficiencia del prototipo desarrollado.

Planteamiento Del Problema-Justificación

La prioridad del presente trabajo es disminuir el consumo elevado de la energía eléctrica convencional luminaria, remplazándola por luz natural debido a los elevados costos que se generan ante la imposibilidad lumínica natural que las edificaciones presentan por sus condiciones estructurales y arquitectónicas, de esta forma la construcción está en la obligación y en la necesidad de innovar elementos complementarios para hacer de una edificación un conjunto eficiente.



Ilustración 1. Responsabilidad de la construcción en el aumento del consumo energético lumínico. Fuente propia.

La construcción determina como parte del conjunto eficiente de una vivienda la habitabilidad, en efecto la prestación de los servicios públicos es un determinante dentro de este, el cual tiene que ser técnico, eficaz y económica. En la actualidad el servicio energético de una vivienda es abastecido por electricidad convencional, sin embargo tiene insuficiencias dado su elevado consumo evidenciado en; Aumento del costo en el sector público e impacto ambiental.

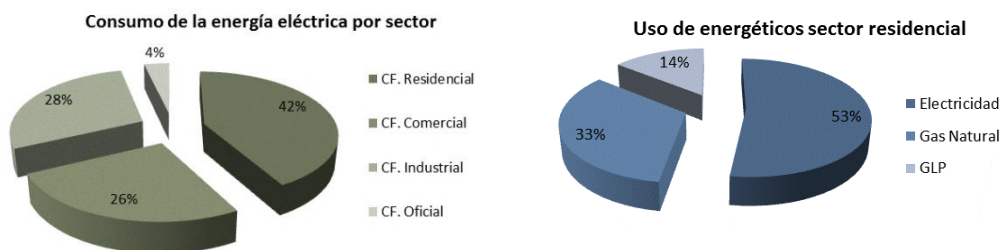


Ilustración 2. Distribución de consumo de energía eléctrica por sector en Colombia 2018 y distribución uso de energía secundaria en el sector residencial. Tomado de: (UPME & MINMINAS, 2018)

El consumo de energía eléctrica por sectores en los años 2013 a 2017 según la última revisión realizada por la unidad de planeación minero energética UPME, menciona que el sector con mayor participación de consumo eléctrico es el residencial en un rango del 39% al 42% por encima del sector industrial y comercial, así mismo el sector residencial tiene como mayor uso la energía eléctrica dentro del mismo, con un porcentaje del 53% seguido del gas natural con el 33% como se puede observar en la ilustración 2, además es preciso mencionar el porcentaje de responsabilidad que la iluminación tiene sobre tal uso de energía eléctrica el cual corresponde al 11%.

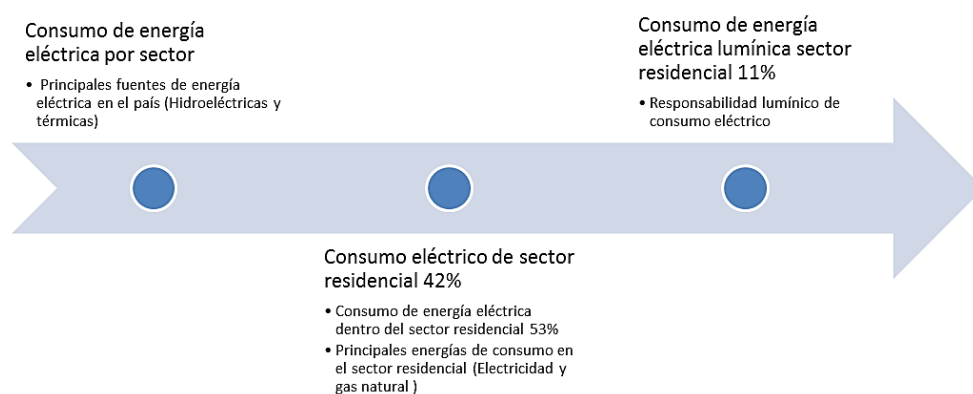


Ilustración 3. Metodología para obtener la responsabilidad del consumo energético
Fuente propia.

Dicho esto es importante relacionar el aumento de la demanda energética entre el año 2016 y 2017 el cual fue del 1.3% llegando a un consumo total de 66,893 GWh analizada por XM, lo que corresponde a consumir 0,575GWh de más, este sobre el 42% residencial es igual a 0,2415GWh en moneda Colombiana \$123.242.280 con responsabilidad lumínica del 11% igual a \$13.556.650 conviene subrayar que esto es sobre el aumento de demanda, ahora sobre el total del consumo la responsabilidad lumínica es de \$1.577.121.812, lo anterior tomando de base las tarifas de rango de consumo para el estrato dos de la compañía Enel.

Ilustración 4

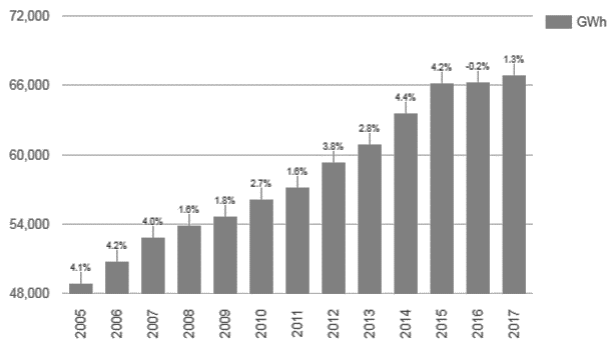


Ilustración 5

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN 1		
ESTRATO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)
E1	0-CS (+)	205,5468
	Más de CS	510,3286
E2	0-CS (+)	256,9335
	Más de CS	510,3286
E3	0-CS (+)	433,7793
	Más de CS	510,3286
E4	Todo consumo	510,3286
E5	Todo consumo	612,3943
E6	Todo consumo	612,3943

(+) CS: Consumo de Subsistencia

Ilustración.4. Comportamiento de demanda anual de energía eléctrica en Colombia GWh Tomado de: (XM, 2018)

Ilustración 5. Tarifas de consumo eléctrico mes Octubre central Enel Codensa. Tomado de: (Enel Codensa, 2018)

Por otra parte encontramos la responsabilidad del consumo energético ante el impacto ambiental actual, pues las emisiones de dióxido de carbono provienen en un 97% de las actividades llevadas a cabo por la sociedad urbana, las cuales en responsabilidad porcentual la construcción y el transporte tienen un 60% y la industria el 40%, tal porcentaje que le compete a la construcción contempla la ejecución del edificio y su vida útil la cual desarrolla un consumo energético continuo, con factores como la calefacción, refrigeración e iluminación obtenidas en su mayoría por fuentes de energías no renovables y productoras de dióxido de carbono como lo son los combustibles fósiles; carbón, petróleo, gas natural, con un promedio en 2016 de emisiones de dióxido de carbono 1143468.72 kg de CO₂, esto descrito en un artículo de la revista de la academia de ciencias colombiana de colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales.

De esta forma se evidencia el aumento de la demanda energética, el incremento de los costos y la responsabilidad lumínica dentro del consumo actual, adicional a esto el constante aumento de las emisiones de dióxido de carbono dada la producción de las energías primarias no renovables para el abastecimiento energético de los diferentes sectores, donde el sector residencial tiene el porcentaje de mayor consumo en energía convencional eléctrica.

Todo esto va surgiendo por la dependencia al sistema, sin embargo es una necesidad indispensable para desarrollar la cotidianidad de las actividades humanas de esta forma su uso se torna obligatorio y el implementar nuevas tecnologías para sustituir la energía brindando no solo la solución a las necesidades de servicio público, si no generando un sistema eficiente se torna conveniente ante el marco energético evidenciado.

Hablando en términos de iluminación residencial es preciso ante la incapacidad actual de la construcción para adaptar estructuras más sostenibles, proponer la adaptación de elementos que garanticen el mismo suministro de la luz, seguridad en el abastecimiento y una productividad mayor en aspectos económicos y sostenibles.

Proyectar una vivienda que se abastezca lumínicamente con solo la luz del sol mediante un prototipo que trabaja a refracción, resulta modesto al pensar en la contribución que se puede generar en el sector público, en la tecnología sostenible, en la eficiencia de las edificaciones y en la disminución del impacto ambiental, pues el implemento del recurso natural de la luz del día se considera ante la proyección de disminuir el porcentaje eléctrico que representa la iluminación en el sector residencial.

Basado en lo anterior y ante las limitadas opciones que hay en la actualidad en lo referente a dispositivos o sistemas que aprovechen la luz natural provista por el Sol es necesario y conveniente investigar y analizar a fondo las alternativas actuales; es por ello que a través de este documento se dará a conocer los diferentes aspectos por los cuales se generará una propuesta lumínica como componente constructivo e innovador con alternativa económica, competitiva y de calidad para las edificaciones bajo la innovación tecnología y la sostenibilidad constructiva que se está exigiendo hoy en día; basándose en alternativas actuales que aprovechan los recursos naturales presentes en el ambiente con el fin de llegar a una propuesta sólida y su consecuente aplicación a través de un modelo o prototipo.

Delimitación Del Problema

Se contempla como problemática los costos elevados en el consumo de energía eléctrica lumínica por periodos extensos de su utilización en las viviendas de un nivel en la ciudad de Bogotá, debido a la necesidad de su implemento para desarrollar las actividades en los espacios arquitectónicos y en presencia de que no hay un aprovechamiento de la iluminación natural en horas de incidencia solar.

Problema Interrogativo

- ¿En qué medida la implementación de un prototipo de iluminación natural por medio de la refracción puede solucionar el alto consumo de energía eléctrica en las viviendas de un nivel y generar avance en el desarrollo de una construcción sostenible?
- ¿Cuánta responsabilidad tiene la falta de iluminación natural en los costos elevados y en el consumo de energía eléctrica?

Problema Declarativo

- La falta de iluminación natural en edificaciones de un nivel pertenecientes al grupo de uso I genera un aumento de energía eléctrica convencional incrementando sus costos.

Hipótesis

El implemento de un dispositivo lumínico que funciona bajo la refracción del sol disminuye y controla considerablemente el aumento del consumo eléctrico, regulando los costos de la demanda energética, desarrollando un consumo lumínico eficiente, supliendo la necesidad energética con alternativas renovables y contribuyendo con la consolidación de una construcción más sostenible, aportando variedad en el diseño de viviendas eficientes y disminuyendo el impacto ambiental en lo que le respecta al consumo de energía eléctrica.

Objetivo General

1. Implementar un prototipo de iluminación natural bajo el fenómeno de refracción con la finalidad de disminuir los índices de consumo energético en viviendas de un nivel pertenecientes al grupo de uso I determinado en la NSR-10.

Objetivos Específicos

1. Conocer los niveles de iluminación convencional dentro del consumo eléctrico, costos y demanda energética mediante el caso de estudio.
2. Comparar el desempeño de las alternativas actuales de iluminación natural (Solatube y litro de luz) como ejemplos para conformar el prototipo a exponer ante los criterios de rendimiento lumínico y confort en los espacios residenciales.
3. Desarrollar pruebas dinámicas y físicas al prototipo, mediante la simulación del caso de estudio, para obtener los criterios de rendimiento lumínico.
4. Proponer el diseño de dispositivo lumínico modular cuyo principio sea el uso de la refracción para la iluminación de espacios arquitectónicos.

Metodología

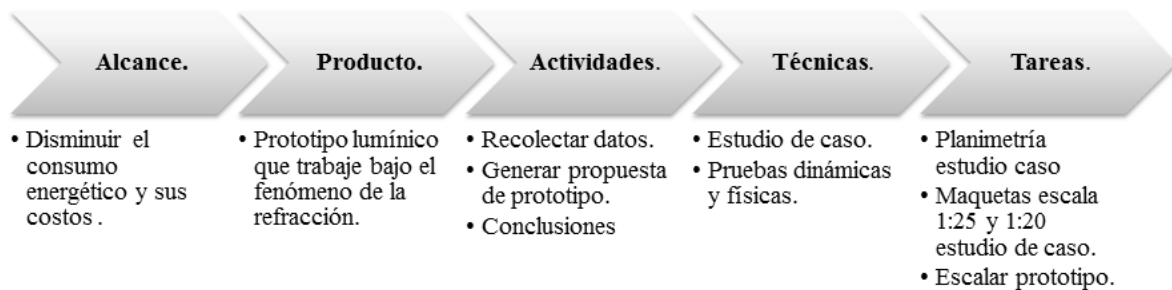
La realización de este proyecto se llevara a cabo mediante tres partes, respectivamente recolección de datos, propuesta y conclusiones.

En primera instancia se identifican dos sistemas lumínicos y su innovación basados en la luz natural con respecto a las necesidades que el sistema de energía eléctrica suple y en la importancia de la transformación del sistema energético lumínico convencional a un sistema totalmente abastecido por luz natural, con el fin de conocer dichas alternativas, su alcance y más concretamente las tecnologías empleadas, por otra parte identificar los criterios de rendimiento lumínico y confort dentro de los espacios arquitectónicos residenciales dada la norma colombiana RETILAP, de esta forma determinar pruebas a realizar y alcance del prototipo, por ultimo dentro de la recolección de datos, generar un diagnóstico de los posibles materiales a implementar dentro de la conformación del producto, dadas especificaciones físicas, químicas, económicas y ambientales.

Dicho lo anterior se contempla la propuesta con base a lo investigado sobre los sistemas identificados en contexto, el diagnostico de los materiales aptos a causa del nivel de reflectancia y los indicadores de iluminación y rendimiento, adicionalmente se escoge un estudio de caso el cual es una vivienda de un nivel localizada en la ciudad de Bogotá localidad de Usme sobre el cual el diseño se desarrolla dadas sus características técnicas, arquitectónicas y estructurales, dicho esto para la obtención de las pertinentes pruebas se procede de forma física y dinámica, donde físicamente consiste en realizar dos maquetas unas escala 1:25 de la vivienda estudio de caso, determinando bajo un diagnostico base el espacio más crítico en iluminancia, el cual es resultado de la segunda maquete a escala 1:20, en el caso de las dos escalas se realiza diagnostico base y diagnostico mejorado basado en niveles de iluminancia, flujo luminoso y factor de luz día, en relación con la prueba dinámica

consiste en determinar mediante el programa Revit insight 360 el diagnostico base de la casa en lux y la cantidad de radiación solar sobre la cubierta en KWh.

Dentro de las conclusiones, bajo las pruebas realizadas de iluminancia, flujo luminoso y factor luz día se determina la caracterización energética dentro del confort lumínico de los espacios dadas las especificaciones normativas del RETILAP, además se desarrolla un marco comparativo con la bombilla incandescente de 60w, para definir la eficiencia porcentual en costos, por ultimo concluir la caracterización técnica, constructiva y económica.



*Ilustración 6. Metodología para desarrollar proyecto de grado.
Tomado de: Fuente propia.*

Marco de Referencia

A continuación se hace un acercamiento al estado actual de la energía eléctrica en Colombia y como la iluminación acarrea una gran porcentaje de responsabilidad, presentando la demanda energética y el consumo en costos, posteriormente algunos conceptos específicos para la contextualización del trabajo, se definirán dos elementos principales para el desarrollo de la investigación, el primero es la energía lumínica y el segundo la energía eléctrica, por otra parte el marco normativo para el confort lumínico de los espacios y criterios de rendimiento lumínico. Se realizará una descripción del concepto de cada uno, haciendo énfasis en los aspectos o términos que intervienen en el desarrollo del prototipo lumínico a exponer, con el propósito de encontrar las características para poder plantear una nueva alternativa de iluminación natural.

Marco teórico

Demanda energética en Colombia

Producción y consumo

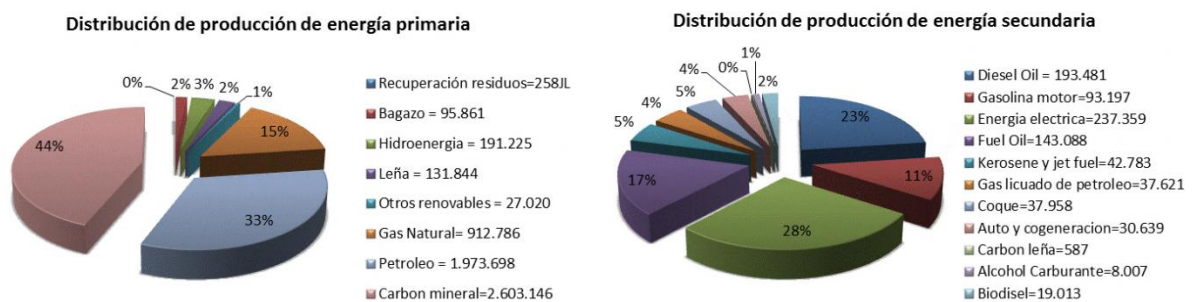


Ilustración 7. Distribución de producción de energías primarias y secundarias en Colombia 2016 TJ Tomado de: (UPME, 2017)

En la ilustración 6 se puede observar la producción de energía primaria y secundaria en Colombia para el año del 2016 según el último boletín estadístico de la unidad de planeación de minas y energía (UPME), en el cual se puede evidenciar que la mayor producción se encuentran en fuentes de energías no renovables correspondientes al carbón

con el 44% y el petróleo con el 33%, dentro de la producción de energía secundaria encontramos la distribución de energía eléctrica con el 28% y el diesel oil con el 23%, en consonancia se relaciona con el consumo del sector residencial, el cual como distribución general sobre todas las energías y su consumo se encuentra en tercer lugar con el 19% como se observa en la ilustración 7, por otra parte dentro de la distribución sectorial del consumo de energía eléctrica el sector residencial es el principal consumidor con el 39% correspondiente a 22.377 GWh para el año 2016.

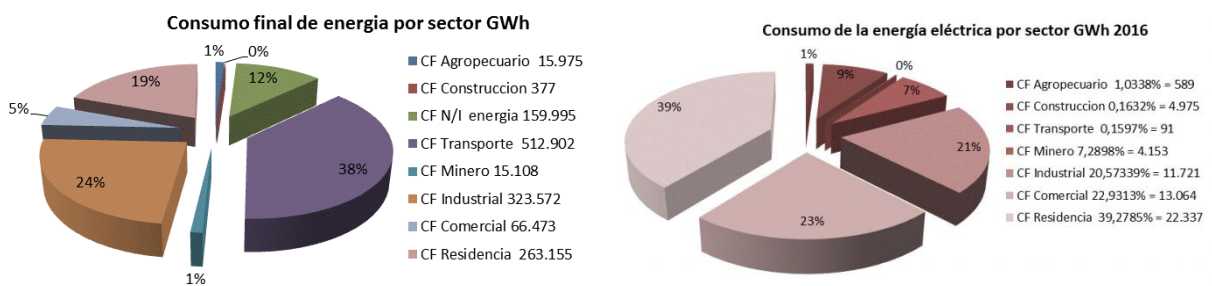


Ilustración 8. Distribución del consumo de energía general y energía eléctrica por sectores Colombia 2016.

Tomado de: (UPME, 2017)

El sector residencial tiene factores principales dentro de la demanda total de energías, estos corresponden a la cocción, la refrigeración y la iluminación, respectivamente en orden de mayor a menor consumo, cabe resaltar que el factor lumínico consume el 11% y que tales consumos entran en caracteres bioclimáticos principales, los cuales se pueden abastecer en una gran parte sosteniblemente, por otra parte la energía eléctrica en Colombia tiene dos producciones primarias relevantes, las centrales hidroeléctricas con el 71% y las centrales térmicas con el 28% observable en la gráfica 8, ahora dentro del consumo del sector residencial de la energía eléctrica producida para el País, anteriormente ya mencionado, el sector implementa en un 100% energía de fuentes térmicas primarias no renovables y en donde el consumo de electricidad tiene el 53% del uso de energético, de manera que dentro del 28% de la generación de energía eléctrica en Colombia al menos el 20% se implementa

en el sector residencial, dado que el consumo de energías dentro de este sector son netamente producidas en centrales térmicas, como lo son el gas natural el GLP y la energía eléctrica, así las viviendas Colombianas se abastecen en su totalidad de energías no renovables, siendo el principal sector de consumo eléctrico.

Ilustración 9

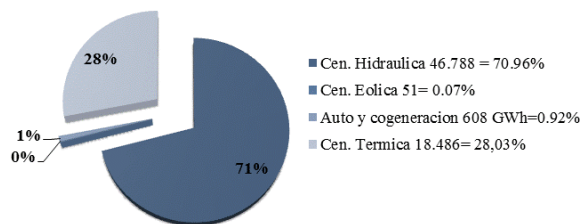


Ilustración 10

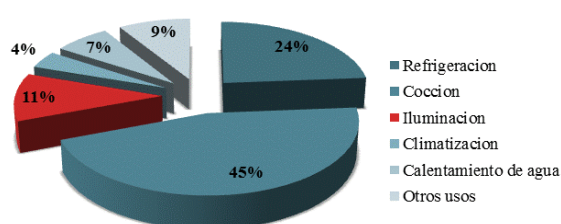


Ilustración 9. Generación de energía eléctrica GWh en Colombia 2017

Tomado de: (MINMINAS & UPME, 2016)

Ilustración 10. Factores de consumo energético en el sector residencial.

Tomado de: (MINMINAS & UPME, 2016)

Efecto del consumo lumínico

Ilustración 11

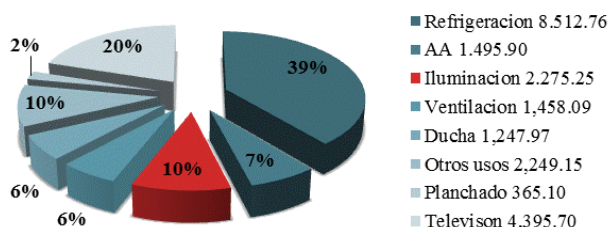


Ilustración 12

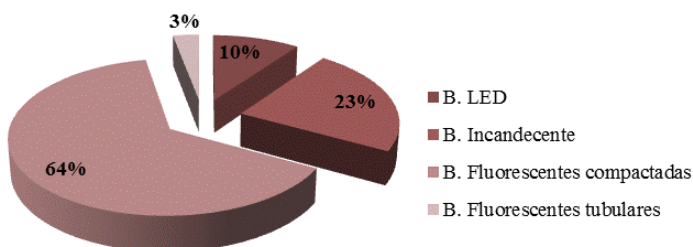


Ilustración 11. Factores de consumo eléctrico en el sector residencial Colombia KWh.

Tomado de: (MINMINAS & UPME, 2016)

Ilustración 12. Participación de bombillas en el sector residencial. 2015

Tomado de: (MINMINAS & UPME, 2016)

Con respecto al consumo eléctrico lumínico el MINMINAS bajo un estudio realizado por E&Y para el año 2015, se determinó que dentro del sector se encuentra en el tercer factor con mayor consumo, con un porcentaje del 10% como se evidencia en la ilustración X, donde

las bombillas incandescentes hasta el año 2015 tenían un consumo del 23% sobre la energía lumínica, y las bombillas de mayor participación son las fluorescentes compactas con el 64%.

Tabla 1. Aumento de demanda eléctrica en Colombia y responsabilidad lumínica 2018

Año y mes	Demanda mes SIN GWh	Aumento de demanda (A.D) en SIN		Sector residencial (S.R) 42% / Aumento de demanda de SIN		Responsabilidad lumínica (R. L) 10% / Sec. Residencial		
		%	KWh	KWh	\$	KWh	\$	
2017	OCT	5,740	2.6	153.000	64.260	32.793.163	6.426	3.279.510
	NOC	5,573	2.7	145.000	60.900	31.078.488	6.090	3.107.848
	DIC	5,672	3.2	124.000	52.080	26.577.465	5.208	2.657.746
2018	ENE	5,619	3.5	191.000	80.220	40.937.870	8.022	4.093.787
	FEB	5,239	1	50.000	21.000	10.716.720	2.100	1.071.672

Fuente: propia, datos de demanda (XM, 2018)

Nota: La tabla obtiene los valores por datos estadísticos de XM y planteadas las siguientes formulas: Demanda SIN: Fuente XM; Aumento de demanda %: Fuente XM; KWh A.D = D.E SIN mes – mismo mes del años pasado (DATOS XM) = X GWh; Conversión de GWh a KWh = GWh*1000000 = KWh; \$ A.D = KWh A.D*510,32(Tarifa de energía eléctrica codensa estrato 2).

Aumento de demanda en S.R: KWh S.R =KWh A.D*42%; \$ C.T=KWh C.T*510,32.

Responsabilidad lumínica: KWh R.L= KWh C.T X 11%, \$ R.L = KWh R.L* 510,32.

En la tabla se puede observar el aumento de consumo energético bajo la demanda de algunos meses correspondientes a los años 2017 y 2018, cada mes se compara con el respectivo mes del año pasado, de esta forma se puede sacar en porcentaje y GWh el aumento, así por ultimo determinar bajo la actual tarifa del abastecimiento energético en las viviendas de estrato dos de Bogotá, en donde efectivamente se puede visualizar que a la fecha la energía lumínica tiene un alto grado de responsabilidad en el consumo energético de las vivienda y los posibles costos que una iluminación eficiente puede estar ahorrando, por otra parte en la tabla X se puede observar el consumo total de la energía eléctrica en algunos

meses y la incidencia que la iluminación de las viviendas Colombiana tienen en factor monetario y en demanda.

Tabla 2. Demanda energética en centrales térmicas y responsabilidad lumínica 2018

Año y mes	Demanda mes SIN GWh	Sector residencial (S.R)42%/ demanda de SIN		Responsabilidad lumínica (R.L) 10% Sec. Residencial		
		KWh	\$	KWh	\$	
2017	OCT	5,740	2.410.800	1.230.279.456	241.080	123.027.945
	NOC	5,573	2.340.660	1.194.485.611	234.066	119.448.561
	DIC	5,672	2.382.240	1.215.704.716	238.224	121.570.471
2018	ENE	5,619	2.359.980	1.204.344.993	235.998	120.434.499
	FEB	5,239	2.200.380	1.122.897.921	220.038	112.289.792

Fuente: Propia, datos de demanda de (XM, 2018)

Nota: Formulas: Demanda SIN: Fuente XM

Sector residencial S.R: $KWh\ S.R = Demd * 42 / 100$ (42%)*1000000 (Equivalente de 1KWh a 1e-6GWh); $\$ C.T = KWh\ S.R * 510,32$ (Tarifa eléctrica codensa estrato 2.)

Responsabilidad lumínica: $KWh\ R.L = KWh\ S.R * 11$; $\$ R.L = KWh\ R.L * 510,32$



Ilustración 13. Responsabilidad lumínica dentro de la demanda de consumo eléctrico.

Fuente propia.

Todas estas observaciones se relacionan con la población actual de Colombia y la división de las edificaciones en el sector residencial. El último censo Nacional de población y vivienda (CNPV) realizado en el 2018 por el DANE presenta una población estimada de 45,5 millones de personas, 13,1 millones de hogares, “los cuales el 61,4 % son casas, el 33,1% son apartamentos y 4,4% son tipo cuarto” (DANE, 2018), dicho esto se establece por medio de la prestación de servicios que en cifras porcentuales el más alto corresponde al consumo

eléctrico con el 96,9% sobre el total de las viviendas censadas, es decir que la mayoría de las viviendas colombianas cuentan con el sistema energético eléctrico en sus casas

En relación los estratos uno, dos y tres generan más consumo energético, según los estudios del MININAS debido a la imposibilidad de implementar equipos eficientes y sostenibles, dado los altos costos y el alcance monetario que los estratos bajos tienen para obtener tales sistemas, añadido a esto el estrato dos es el más alto en suscriptores de energía eléctrica previsto en el año 2015 con un cantidad del 38% sobre los demás estratos socioeconómicos.

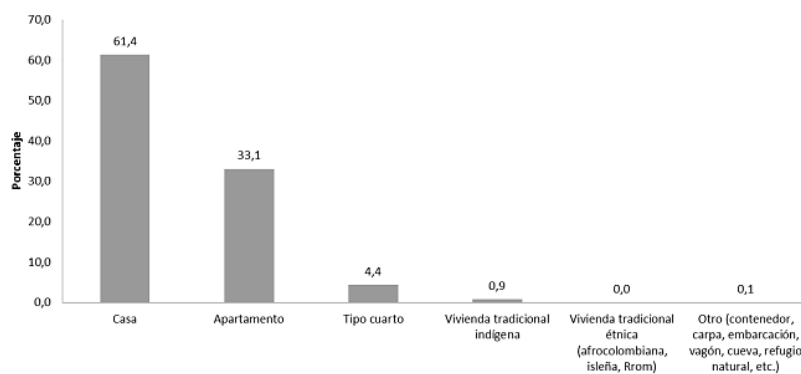


Ilustración 14. Distribución de vivienda en el sector residencial 2018
Tomado de: (DANE, 2018)

Cobro del servicio eléctrico Colombia.

El servicio público eléctrico en Colombia está dirigido por el MINMINAS y planeado por la UPME, los cuales establecen que la CREG es la entidad que se encarga de regular el suministro de servicios públicos en los diferentes sectores del país, bajo las leyes y normas gubernamentales. En cuanto al cobro y las tarifas de consumo eléctrico para el sector residencial se establecen mediante la resolución CREG 079 de 1997 por lo cual se regulan, los criterios de subsidio los cuales aplican a los estratos uno, dos y tres el cual en la actualidad es del 15%, la contribución que es la aportación del estratos altos para tal subsidio,

la tarifa que es el costo de la energía según el usuario y su nivel socio económico y cargo por unidad de consumo, que son la delimitación de las tarifas de los diferentes entes prestadores del servicio, los cuales generan la tarifa dado este unitario mediante la fórmula: “Costo de servicio = $(G+T+D+PR+R+Cv)*consumo + Cf$ ” (CREG, 2018) donde generación, G= producción, T= transporte, D= distribución, PR= pérdidas reconocidas, R= restricciones comercialización, Cv= Costo de comercialización y Cf= Distribución.

Factura consumo energético en Colombia.

- 1. NIC:** Numero de contrato de prestación de servicios, sirve para pagos y consultas.
- 2. ID de cobros:** Factura de servicios públicos es un número con el cual se puede pagar el servicio.
- 3. Datos del cliente:** Información general del propietario para la identificación y localización.
- 4. Fechas:** fecha de la próxima lectura de consumo, fecha de suspensión la cual se el día que se quita el servicio por el pago no oportuno y la fecha de pago oportuno que es el plazo que tiene el cliente para cancelar el consumo energético.
- 5. Comportamiento de consumo:** Describe la cantidad de kw/h facturados al mes, el valor promedio del kilovatio por hora, la cantidad de consumo kilovatio por hora y muestra el histórico de consumo de los últimos seis meses.
- 6. Componente tarifario:** Es el valor de cada kilovatio-hora sobre rangos de consumo actual en la regulación de Colombia.
- 7. Cobro del servicio de la energía:** este se calcula restando la lectura actual a la lectura anterior nos da la energía facturada la cual se multiplica por el valor del kv/h unitario, por último se le resta el subsidio que es ley para los estratos 1,2 y 3 de Colombia correspondiente al 15% y de esta manera obtener el valor facturado.

- 8. **Otros cobros asociados a energía:** Valores que se cobran por conceptos diferentes al valor de la energía como mora, pólizas, reconexiones o ajustes entre otras.
- 9. **Calidad de servicio:** Cantidad y frecuencia de interrupción en el mes facturado.
- 10. **Información de la cuenta:** Describe dada la ubicación la estratificación económica de la vivienda, la clase de servicio, la carga de kilovatios, la ruta de reparto y el medidor correspondiente.
- 11. **Total a pagar:** Total a pagar correspondiente al último mes facturado.

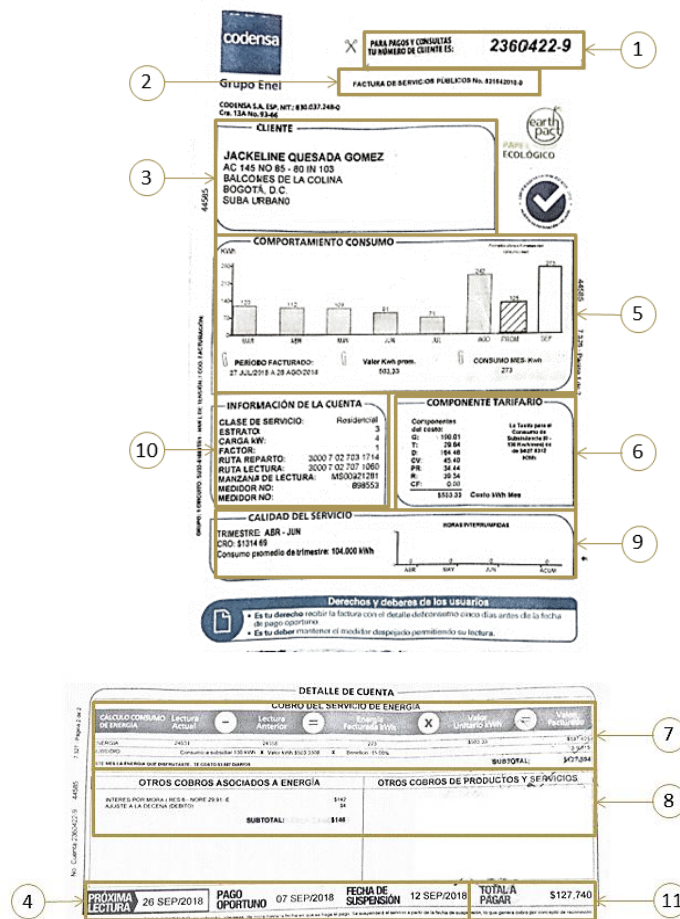


Ilustración 15. Ítems de una factura eléctrica Colombiana, empresa Enel Colombia. Tomado de: (Enel- CODENSA, 2017)

Acrónimos usados en la determinación de la demanda energético de Colombia 2018.

SIN: Sistema interconectado nacional.

BECO: Balance energético Colombiano.

UPME: Unidad de planeación minero – energética.

MINMINAS: Ministerio de minas y energía.

CREG: Comisión de regulación de energía y gas.

CAC: Comité asesor de comercialización en el sector eléctrico.

CON: Comité nacional de operación

XM: Filial de isa, los expertos en el mercado.

SIEL: Sistema de información eléctrico Colombiano.

SIMEC: Sistema de información minero energético de Colombia.

\$: Peso Colombiano.

\$/KWh= Peso colombiano por kilovatio hora.



Ilustración 16. Función administrativa de energía eléctrica en Colombia 2018
Tomado de: (ACOLGEN , 2018)

Marco conceptual

Desarrollo sostenible: Según el MINMINAS es poder generar bienestar social y calidad de vida bajo un buen desarrollo económico, donde no se agoten los recursos naturales, ni se comprometa el deterioro del medio ambiente o las condiciones de vida halando de necesidades de las generaciones futuras.

Consumo: El balance energético es la representación física y económica de la producción, transformación y utilización de dicha energía generado en un periodo de tiempo por país normalmente de un año, de esta manera proyectar indicadores relevantes como la eficiencia energética, la intensidad, la participación de las variables, sus costos y el consumo entre otros aspectos.

FNCE: Fuentes no convencionales de energía, son aquellas fuentes renovables que dentro de la producción intensiva para el consumo no se implementa en un porcentaje notable sin generar amplia comercialización, esto determinado por la UPME el cual también establece que energías dentro del país están entre los recursos masivos y recursos marginados.

Calidad: El RETIE estable que dentro del contexto de un producto y sus material es el conjunto de características, precio, disponibilidad, durabilidad y certificación para satisfacer de forma eficiente las necesidades de un entorno destinado.

Vida útil: En el contexto de materialidad de los dispositivos de iluminación la capacidad del mismo en tiempo ante su eficiencia y durabilidad de los materiales.

Energía: Cualquier cosa que implique el desarrollo de una acción, un movimiento, una transformación o en síntesis un trabajo es energía, que es el producto de una fuerza, pues de esta manera es que se logra el movimiento de una masa, deformaciones o cambios de estado en un cuerpo lo cual produce un trabajo, dicho lo anterior la energía está ligada a las fuerzas de las masas y se puede manifestar de diferentes formas, globalmente las podemos

clasificar en energías primarias y secundarias dada la obtención y transformación de las misma, obtenidas de fuentes renovables no limitadas, como el sol, el agua y el viento, o por fuentes de recursos no renovables, el carbón, uranio, petróleo y gas natural básicamente combustibles fósiles; La energía consta de cuatro propiedades específicas, se transforma, se transfiere, se conserva y se degrada.

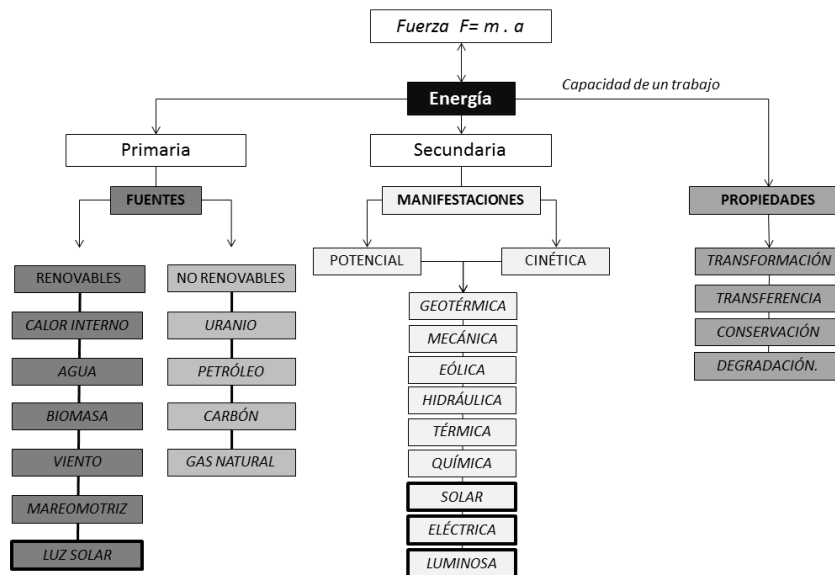


Ilustración 17. Fuentes, manifestaciones, y propiedades de la energía. Fuente propia, datos tomado de

Eficiencia energética: Es la capacidad para desarrollar, adaptar y suministrar de forma adecuada, sostenible, accesible, competitiva y rentable la necesidad energética de la humanidad, proyectando en el estado actual una disminución de costos, una energía segura, la disminución de dióxido de carbono, así mismo el impacto ambiental y el uso razonable de las energías, mejorando la competitividad en la producción y prestación de bienes y servicios públicos. “Relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2016)”

Energía solar: Energía obtenida a través de la radiación electromagnética producida por el sol.

Radiación: Es el fenómeno de transferencia en ondas electromagnéticas.

Luz natural: Es una forma de energía radiante, con cantidades físicas que viajan a 300.000km/s y se propaga por ondas compuestas por dos campos magnéticos y eléctricos en el vacío, con la ayuda de una fuente puede transformarse y ser visible para la ojo humano.

Producción de la luz: Su producción se puede dar debida a la transformación de varias energías, bien sea de fuentes renovables o no renovables, las principales formas de energías para abastecer las viviendas colombianas con la incandescencia y la luminiscencia.

La incandescencia se produce cuando la fuente de luz produce temperaturas superiores a 600 °C generada principalmente de fuentes de combustibles fósiles, y la luminiscencia se genera bajo el fenómeno de descarga eléctrica, bajo los factores de tensión y corriente, en la actualidad es la forma en la cual se ha podido generar el mayor número de sistemas lumínicos

La producción de luz más conocida y natural proviene del sol, donde su iluminancia promedio es de 160cd/m², llegando alcanzar en un día soleado 100.000 Lx y en un día nublado 10.000lx

Energía lumínica: Fracción visible de la energía que transporta la luz y puede ser manifestada de diferentes formas.

Iluminación: Donde llega la luz suministrada de la fuente luminosa, a continuación criterios básicos de rendimiento lumínico.

Potencia lumínica: la potencia es la capacidad para desarrollar un trabajo determinado bajo el factor tiempo en la iluminación es la capacidad de transformación de las energías lumínicas, dada la fuente de luz y el flujo luminoso.

Composición espectral de la luz:

(ϕ) **Flujo luminoso:** Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa, es decir la cantidad de luz proporcionada de forma visible en todas sus direcciones por una fuente de iluminación en un espacio, esta es medida por el lumen. $Lm = Lx \cdot \text{área}$.

(**Lm**) **Lumen:** Es la unidad correspondiente para medir el flujo luminoso, describiendo la cantidad de luz que contiene un espacio.

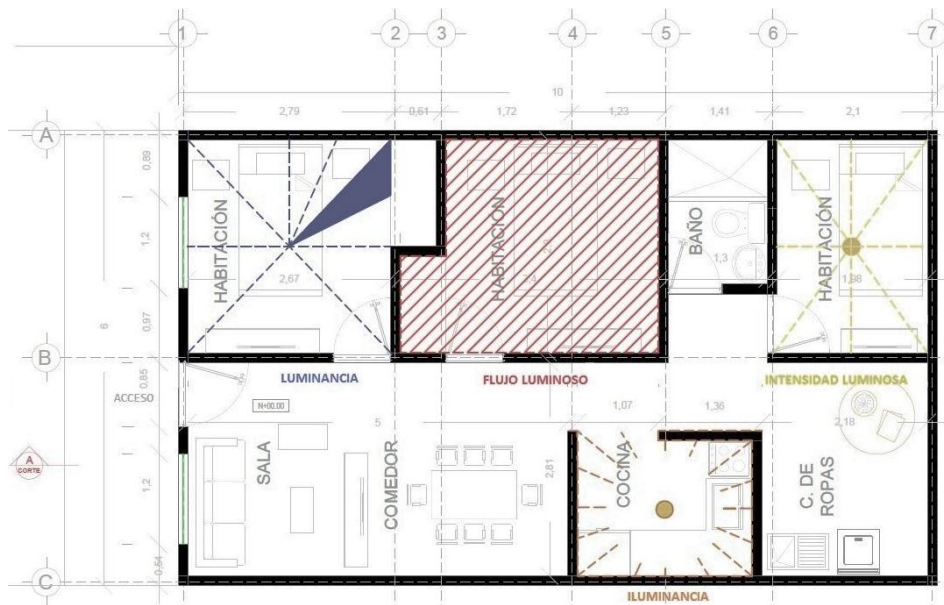


Ilustración 18. Criterios básicos de rendimiento lumínico en un espacio interior.
Fuente propia,

(**I**) **Intensidad luminosa:** Es una media espacial de la cantidad de flujo luminoso que lleva cada rayo que emite la luz de la fuente luminaria en una dirección por ángulo sólido (estéreo radian), la unidad de medida es la candela (cd)

(**Cd**) **Candela:** Es la unidad de la intensidad luminosa y equivale a un lumen por estereorradián, y nos muestra la cantidad de flujo luminosos que cada rayo de la fuente de luz lleva dado su área de cobertura, se obtiene multiplicando el estéreo radian de la fuente de luz por la cantidad de flujo luminoso en el espacio, $cd = Lm + sr$.

(Sr) Estéreo Radian: Es una cantidad definida como un ángulo de tres dimensiones para medir la luz con relación al espacio y tiempo relacionándolo con una fuente puntual de luz que al momento de encender genera una “esfera” de esta forma podemos relacionar el área que se ilumina y la distancia desde la fuente de luz hasta el final iluminado (radio) de esta manera se obtiene el (sr) = estero radian, el cual es una unidad que nos brinda un medición explicativa cualitativa. $\frac{a}{r^2} = 4\pi sr$

(E) Iluminancia o nivel de iluminación: Es la cantidad de flujo luminoso sobre una superficie o espacio físico, es medida en lux. ($E = \phi / \text{área}$) (Ministerio de minas y energia, 2013), es de mencionar que la iluminancia producida por una fuente de energía disminuye a medida que la distancia del plano iluminado aumenta, ahora 1lumen de flujo luminoso incidiendo sobre un metro cuadrado de superficie el nivel de iluminación será 1Lux.

(Lx) Lux: Es la unidad para medir la iluminancia o nivel de iluminación en un determinado espacio.

Luminancia: Corresponde al único espectro lumínico visible al ojo humano sobre una determinada área, de esta forma describiendo la impresión visible de la fuente de luz, esta media en candelas/metro cuadrado.

(Cd/m²) Candela sobre metros cuadrado: Es al medida de la luminancia, la cual corresponde a dividir la cantidad de candelas por los metros cuadrados del área, lo que nos determina cuanto un rayo de luz en un metro cuadrado incide en unidades de candela, y perceptibles al ojo humano.

Factor de luz día: Es en porcentaje la cantidad de luz interna natural en un determinando espacio sobre la externa, en tanto el porcentaje sea mayor el tiempo de luz natural en el interior del espacio será mayor, cabe mencionar que la condición del cielo, la materialidad del espacio y los diferentes agentes factores de transmisión solar inciden en el

porcentaje, este es la forma más eficiente para comprender las propiedades lumínicas naturales dentro de la vivienda.

Temperatura De Color: Es el color de una fuente de luz en mediada por el espectro lumínico, definiendo que tan cálida, fría o media es la luz de una fuente, está en grados kelvin a pesar de que en síntesis no se esté hablando de temperatura si no del grado de color y el tono que va a generar sobre un espacio, además se mide en grados kelvin y se establece que entre más cálida es una luz más baja es su temperatura y si es más fría más alta será su temperatura de color, por lo cual y como ejemplo un espacio con amarilla tendrá una temperatura de color cálida pero con menos grados kelvin en comparación con un tono de color blanco, el cual la temperatura es alta, pero tonalidad fría.



Ilustración 19. Escala de temperatura de colores en unidad de medida grados Kelvin Tomada de (Muchos Leds, 2018.p.2)

En la ilustración podemos ver que la luz más neutra vendría siendo la del sol con la temperatura de 5500k y color blanca, ahora los colores azul, verde y violeta entran en la escala de fríos lo cuales ubican con una temperatura superior a 5000° K, no obstante una tonalidades de verde también entrarían en la temperatura del color intermedio en conjunto con el amarillo oscilando entre los 3300° Y 5000° K, por último en los colores cálidos se encuentra el rojo o naranja con temperaturas inferiores 3300°.

Por otra parte la ilustración muestra un cuerpo negro el cual es el responsable de delimitar los rangos de temperatura en el color, pues este color negro no refleja ni produce algún tipo de frecuencia están solo, sin embargo algo colocarse bajo las temperaturas de los demás colores se consigue una determinada longitud de onda, la cual ayuda a determinar el alcance del color en temperatura.

Criterios de rendimiento lumínico: No existe una globalización o estandarización de los sistemas de iluminación, sin embargo hay unos factores que son vitales dentro del rendimiento de un aparato lumínico ante el confort de un espacio.

- **Rendimiento lumínico:** Emisión de los lúmenes y lux desde el aparato lumínico, con respecto a la cantidad de iluminación necesaria, factores determinados en la norma RETILAP, para los distintos espacios y dada la actividad.
- **Temperatura de color:** Según el uso al cual se enfrenta cada espacio se determina en una escala general de tres tonalidades de temperatura, frío, medio y cálido, según lo establecido en la norma Europea 169 bajo los criterios del ente CENTC, Centro para la Habilitación de Nuevas Tecnologías a través de Catálisis, los cuales en aspectos generales concluyen que la temperatura de color correspondiente para usos residenciales son colores cálidos, para actividades de trabajo o temperaturas intermedias y finalmente temperatura fría para actividades educativas o de acciones técnicas.

Tabla 3. Índices de color cromático determinado por la CIE

Clase	Índice de reproducción de color (CRI ó Ra) %
1A	>90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

Tomado de: (Alcaldía Mayor De Bogota , 2003)

- **Reproducción del color:** El índice de reproducción del color (cromática) en una medida cuantitativa que determina la capacidad que tiene una fuente de luz para emitir de manera fiel los colores de los objetos en comparación con la fuente de luz perfecta del sol.

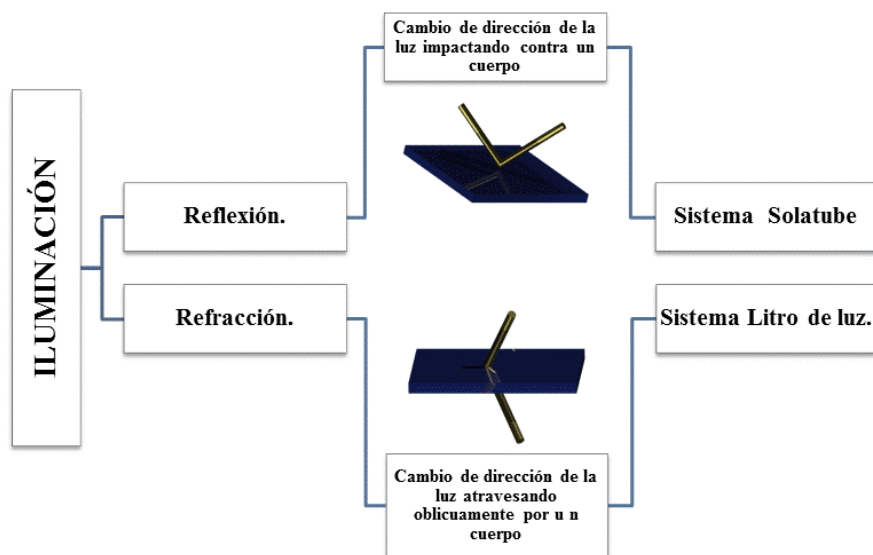
La comisión internacional de la iluminación desarrollo una escala de 0 a 100, donde 0 es deficiente y 100 excelentes.

- *Vida útil del producto:* La vida útil de un producto está ligado tanto al costo como al rendimiento del mismo con el paso del tiempo, para ello hay que determinar el mantenimiento que es requiere, posibles formas de deterioro, las causas de tales fallas y sus consecuencias o lesiones sobre el producto dadas las condiciones de trabajo.
- *Eficacia:* Para el aparato lumínico será relación entre el flujo luminoso y su potencia determinando que tan bueno o mala puede ser ante el consumo.

Características fotométricas.

Es la forma y distribución en la cual la luz se está desarrollando dado el espacio y la fuente de energía, las principales características fotométricas son reflexión, refracción y adsorción.

Reflectancia: Es la capacidad que tiene un sólido de reflejar la luz que recibe directamente ligada al brillo del sólido y con la capacidad de mejorar la eficiencia lumínica de un espacio o sistema lumínico.



*Ilustración 20. Diferencia entre reflexión y refracción.
Tomada de. Fuente propia.*

Reflexión: Proceso mediante el cual un rayo de luz impacte ante un cuerpo reflector dadas sus características materiales genera un ángulo direccionando el rayo de luz.

“Devolución de una radiación por una superficie sin cambio de frecuencia.” (Alcaldía Mayor De Bogota , 2003)

Refracción: Proceso mediante el cual el rayo de luz es re direccionado atravesando una materia. “Proceso mediante el cual la dirección de un rayo de luz cambia conforme pasa oblicuamente de un medio a otro en el que su velocidad es diferente” (Alcaldía Mayor De Bogota , 2003)

Las espectros de reflexión y refracción de luz depende directamente de la materiales de la fuentes de luz y la materialidad del objeto u espacio que general el fenómeno, en consonancia con el los espacios arquitectónicos, incide en de las paredes, la cubierta, el cielo raso y demás, dadas la pintura, la textura, el área y demás propiedades de conformación tanto física como mecánica.

Confort Lumínico.

Bajo los criterios de rendimiento lumínico se estable el alcance de los dispositivos en cuanto a exigencia de calidad, dado un determinado espacio y las actividades a desarrollar, pues para cada una se debe ajustar el nivel de iluminación y la capacidad de uniformidad en la distribución.

De esta forma la norma RETILAP establece los niveles mínimos de iluminación mantenidos para garantizar la correcta realización de las actividades en un espacio, el cual depende directamente de la fuente de luz, teniendo en cuenta los criterios de, características fotométricas, vida útil, eficacia lumínica, temperatura de color, luminancia, flujo luminoso, intensidad lumínica, nivel de iluminación y el índice cromático.

Por otra parte los criterios que identifican unas fuentes de luz en virtud de iluminar espacios son: “su uso, su fotometría, tipología de la fuente, dimensiones, instalación, índice de protección y superficie reflectora.” (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

Tabla 4. Niveles de iluminancia según el espacio.

Espacio	Iluminación (Lux)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Dormitorios	100	150	200
Baños	100	150	200
Salas de estar	200	300	500
Cocina	100	150	200
Estudios.	300	500	750

Tomada de: (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

Nota. El RTILAP dada la norma ISO 8995 expone los criterios de rendimiento lumínico bajo para los respectivos diseños y cálculos dentro de un espacio partiendo del nivel de iluminación que una actividad requiere, el cual es tomado en unidad de media lux y determinando niveles mínimos, medios y máximos

Sistema lumínico: Es el diseño de un elemento que abastece lumínicamente un sector determinado y un uso según la actividad prevista contribuyendo con el diseño del espacio y el confort de visibilidad

Eficiencia de un sistema lumínico: Es la relación entre flujo luminoso y potencia energética consumida para funcionar. Lm/Watt

Energía eléctrica:

Es la capacidad para obtener algún tipo de trabajo y se puede transformar en otros tipos de energías como la energía luminosa, mecánica o térmica.

Medición de la energía eléctrica: El consumo de la electricidad se da por la cantidad de vatios que un dispositivo requiere para funcionar, es decir una bombilla incandescente de 60w con un uso continuo durante cinco horas consumirá 300w la unidad de medida correcta en el tiempo es kilovatio hora, es decir 0,3KWh, es preciso mencionar que el consumo de energía se mide según la potencia que necesita cada dispositivo. $1 \text{ GW} = 1000 \text{ MW}$; $1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW}$; $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$

Tensión: La tensión es una de las principales propiedades de la energía eléctrica la cual es medida en voltio (V) y se encarga de controlar la transportación o fluencia eléctrica que se genera en los diferentes puntos para llegar al final de abastecimiento.

Potencia energética W: La potencia es el indicador que mide el ritmo con el que se produce un trabajo, de la mano de variables, de tiempo, consumo y resultado, obteniendo la relación de transformación de las energías

Radiación electromagnética: Proceso por el cual la energía se transfiere para finalizar en ondas con propiedades de campo eléctrico y campo magnético, con la capacidad de propagarse de a través de un vacío o un medio material; Entre más potencia tenga la energía, mayor será el flujo de la onda y menor será la longitud de las mismas.

kTEP: Tonelada equivalente de petróleo (TEP), es la cantidad de energía que produciría una tonelada de petróleo al quemarse, como sub abreviatura se usan el kTEP que hace referencia a 1.000 TEP o el mTEP en 1.000.000 de TEP.

(w): Vatio – Watt: Es la unidad para medir la potencia eléctrica.

(kw): Kilovatio: Unidad de medida en la potencia eléctrica equivale a 1000 vatios.

(kw/h) Kilovatio hora: Es el consumo que se ha determinado para un periodo de tiempo, es decir es lo que consume un aparato

Potencia eléctrica: Es la rapidez o ritmo con el que un aparato eléctrico transforma o consume la energía eléctrica que obtiene. (GIRAVARDE , 2015, pág. 45)

Marco normativo.

RETIE.

El ministerio de minas y energía bajo la resolución 40908 expide la conformación del reglamento técnico de instalaciones eléctricas generando un documento estableciendo niveles de calidad, seguridad en la instalación y el suministro del servicio eléctrico, el 30 de agosto del 2013 corregidos algunos ítems se estable el actual reglamento del RETIE. (Ministerio de minas y energía, 2013), El cual como objetos principales está el preservar la vida humana bajo los posibles peligros presentados por la producción, transformación, distribución y suministro de la energía eléctrica, en todo su ámbito desde la energía primaria hasta el último dispositivo de suministro en los diferentes sectores.

La norma en relación con la iluminación estipula mediante el artículo 17° que el constructor y diseñador de los dispositivos lumínicos tienen que determinar el esquema lumínico conforme a las necesidades de los espacios, por otra parte estipula los requisitos del producto lumínico y la debida instalación, con el objetivo de generar seguridad, productividad, rendimiento y confort visual, estas especificaciones son netamente en relación con las portalámparas

RETILAP.

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, el cual se establece mediante la resolución 18 1331 DE 2009 (Ministerio de Minas y Energía, 2010), por el cual se establece los criterios de rendimiento lumínico ante las actividad a desarrollar en un determinado espacio bien sea interior o exterior, dando así parámetros proyectar la eficiencia

de los dispositivos y sistemas de iluminación, por otra parte garantizar la seguridad de los usuarios y el implemento de delimitantes para controlar el impacto ambiental.

Manual Único de Alumbrado Público el cual se encuentra bajo el decreto 500 DE 2003 "Por el cual se definen las reglas para la adopción del Manual Único de Alumbrado Público (MUAP) para Bogotá, D.C. y se conforma el Comité de Alumbrado Público del Distrito Capital" (Alcaldia Mayor De Bogota , 2003)

Ley 1715- 13 DE MAYO DEL 2014

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. (Congreso de Colombia, 2014) El congreso de la republica Colombiana dado el compromiso obtenido ante la necesidad de reducir el impacto ambiental y la huella de carbono por la que el planeta está pasando se dispuso en el año 2014 generar bajo el marco de una ley la promoción y desarrollo de las energías renovables en instrumentos de eficiencia energética sostenibles.

Resolución 1283 03-2016 Por medio del cual se establece el procedimiento y los requisitos para la certificación de nuevas fuentes no convencionales de energías renovables FNCER (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible , 2016)

Proyectos Referentes

Alrededor del mundo se está creando una gran conciencia de responsabilidad ambiental en todos los grandes aspectos de industria, la construcción es conocida como una causa mayor de impacto ambiental, a raíz de ello se vienen desarrollando diversas innovaciones para hacer de un edificio una construcción sostenible, promoviendo la transformación de tal industria pero en marco ambientalmente responsable. Entidades como la fundación un litro de luz y Solatube International son algunos entes colaboradores, dando su aporte desde la eficiencia energética y el implemento de los recursos naturales para con las edificaciones hacer un conjunto sostenible.

Solatube

Es el producto de una compañía Española líder mundial en la industria de la iluminación natural para las edificaciones a través de aparatos tubulares, la idea parte en Alemania donde inventan el “tragaluz tubular “el cual fue el primer dispositivo con la capacidad de llevar luz natural al interior de la vivienda, desde el año de 1991 la empresa se dedica a innovar con toda una línea de dispositivos de iluminación natural para aprovechar y transmitir el sol como fuente de luz, de esta forma se propuso a desarrollar durando todo su crecimiento empresarial la adaptación de los sistemas con la construcción,

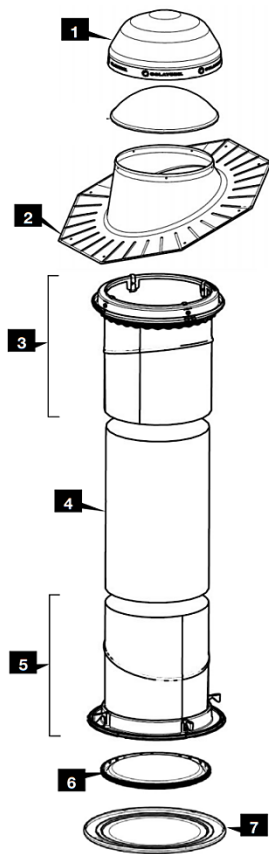
A diferencia de los tragaluces, el Solatube captura la luz del sol y los envía a los espacios interiores donde por cuestiones constructivas la luz solar no podía llegar.

(SOLATUBE INTERNATIONAL, INC., 2013)

El Solatube consiste es un sistema de iluminación natural bajo el fenómeno de la reflexión, el cual consiste en recolectar la luz solar y transferirla bajo la reflexión del cuerpo del prototipo dadas las características del material, en la actualidad tiene una gran variedad en sus productos con más de veinte marcas para su comercialización. Las diferentes tecnologías

desarrolladas son para uso residencial o comercial, lo cual genero el criterio para producir un sistema más completo dado factores como la tipología de las cubiertas, el área a iluminar, las características de los accesorios y/o complementos y la instalación.

El diseño presentado por Solatube Innovation in Daylighting en el año 2006 consiste en una cúpula (1) o domo acrílica bajo la tecnología de Raybender 3000, el cual está conformada por uno lentes los cuales se encargan de la obtención de la luz solar y donde la cúpula es aprueba de impactos y con la tecnología necesaria para regular la cantidad de luz a



reflejar dentro del espacio, además tiene un deflector el cual cumple la función de re direccionar de forma correcta la luz que la cúpula obtiene, por ultimo para su ajuste tiene el diseño de una banda de protección en el borde.

El cuerpo (4) está diseñado bajo la tecnología de Spectralight, el cual está realizado con el material más refractivo del mundo donde tal espectro lumínico llega al 99.7% y tiene como finalidad trasferir la luz hasta el difusor, las dimensiones de este varían según el diseño, sin embargo el prototipo recomendado para uso residencial consta de unas dimensiones de 25cm x máximo 6m donde el área de cobertura se encuentra entre los 14 y 19 m², en consonancia a la infraestructura de la casa se plantea la integración de ángulos orientan el cuerpo y diseñando de forma adecua el lugar final para la distribución de luz en el espacio

Para la distribución de la luz en el espacio tienen una amplia variedad de accesorio certificados por Energy Star, dentro

[Ilustración 21. Partes de modelos Solatube 160 DS](#)
Tomada de:
[\(Solatube, BrightenUp! nstallInstructionsv2.3spanish.pub, 2011\)](#)

de los cuales se encuentran los tubos de extensión (3) que cumplen con ampliar la longitud del tubo dada la necesidad de ajuste, otro accesorio es el control de difusor lumínico el cual cumple la función de un interruptor convencional, con la diferencia que no enciende o paga la luz si no que la regula, por último los difusores tiene la capacidad de adaptar la luz a los espacios de forma adecuado donde se juega con las diferentes formas para lograr el espectro lumínico esperado.

La base de la cubierta (2) es metálica y diseñaron diferentes tipos dadas las diferentes cubiertas, donde el diseño se configura por parte de la inclinación en teja universal, sin pendientes, teja ene madera, teja cerámica, teja universal, teja metálica por nombrar algunas de las contempladas

Bajo el control de los posibles problemas plantearon estrategias como la forma del cuerpo para evitar las filtración de aire o agua, dada la temperatura del espacio, de esta forma contemplan tres tipos de unión y manejo de juntas, como los selladores, tornillo y demás, por otra parte el anclaje con las cubiertas podrían generase agrietamientos en la misma base del Solatube, lo que solucionaron bajo una producción en estampado para metales , lo cual le permite al producto obtener mayores niveles en su deformación además del eficiente ajuste con la solera que se hace mediante un perfil interno de la base como se observa en la ilustración X el cual no permite filtraciones y se encuentra impermeabilizado.



Ilustración 22. Estrategias del Solatube
Tomada de. (Solatube, 2017)

Litro De Luz

Es el producto del desafío de abastecer lumínicamente millones de viviendas en Colombia sin acceso a electricidad desarrollado por Camilo Herrera en el año 2011 en Boyacá, Cundinamarca y posteriormente en Cali, no obstante el origen de la idea surge de un brasilero llamado Alfredo Moser en el año 2002, lo que dio inspiración en Pilipinas con el Liter of Light como solución social para poblaciones de bajos recursos, lo que dio origen en el año 2011 a la fundación Myshelter creando el programa un litro de luz

El aparato lumínico consta de una botella plástica de 1,5 o 2,0 litros, rellena con agua y un poco de cloro, para su colocación se hace un orificio en el techo y se mete bajo presión. En la actualidad han presentado mejorados con paneles micro solares y lámparas LED por medio de una batería para brindar no solo luz diurna si no también abastecer en las horas de la noche.

Físicamente consta de una botella plástica más, agua con cloro, donde la estructura o forma de anclaje es una lata de acero galvanizado, el cual tiene un hueco para poder ingresar a presión la botella, esta forma de abastecer lumínicamente las viviendas es muy económica , de fácil acceso, fácil manipulado y con una proyección de eficiencia alta pues maneja un índice de reflectancia de 40 a 60 watts, previniendo casi 200k de emisiones de carbono, y con un ciclo de vida de cinco años, sin embargo al ser un producto tan artesanal se torna estéticamente bajo, cuan se habla de implementar el prototipo en otro tipo de vivienda



*Ilustración 23. Estrategias del litro de luz
Tomada de. (Liter of light, 1013)*

Capítulo I. Diseño Del Prototipo

Criterios de diseño

Partiendo de la hipótesis planteada para disminuir el consumo energético se busca generar un sistema de iluminación natural que funcione bajo el fenómeno de la refracción, apoyando los avances de energías renovables, impulsando la eficiencia energética y contribuyendo con el mercado tecnológico de la construcción, desarrollando el diseño bajo los dos sistemas anteriormente nombrados del Solatube y el litro de luz.

Dicho lo anterior en la recolección de datos se procede a delimitar el alcance de estudio al cual se va a someter el diseño del prototipo dados los criterios de diseño, en primera instancia considerar la necesidad del mercado acorde a la demanda energética actual, posteriormente la caracterización técnica, arquitectónica y constructiva del caso de estudio delimitando lineamientos técnicos en el desarrollo de la propuesta, el cual bajo el fenómeno de refracción se proyecta cumplir con los criterios de rendimiento lumínico los cuales por el alcance del proyecto se delimitan, estos en marco comparativo con los parámetros de confort en cuanto actividades de los espacios establecido por el RETILAP.

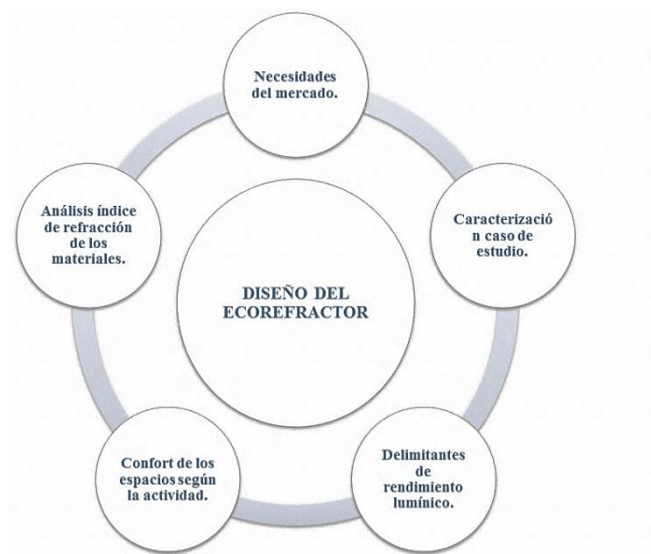


Ilustración 24. Metodología de recolección de datos para desarrollar diseño. Tomada de. Fuente propia.

Necesidades del mercado: Teniendo en cuenta el estudio de demanda energética, se determina unas necesidades para la planificación del diseño, en el cual se consideran en el mercado el implemento e innovación de sistemas lumínicos de alta eficiencia energética, con iluminación de calidad, buena reproducción de los colores, bajo volumen de los aparatos, que no emitan mucho calor, de fácil manipulación, no contaminantes, y de bajo costo.

Estudio de caso: Caracterización técnica, constructiva, estructural y arquitectónica de la vivienda por la cual se estable composición física del prototipo, dado unos espacios, materiales, factores climáticos por ubicación del mismo y bajo el estado actual de rendimiento lumínicos.

Tabla 5. Variables de análisis para el diseño del ecorefractor ante rendimiento lumínico.

VARIABLES DE RENDIMIENTO LUMÍNICO ANALIZADAS.	
Eficacia	NO
Flujo luminoso	SI
Nivel de iluminación.	SI
Temperatura de color	NO
IRC	NO
Energía radiante.	NO
Factor de luz día.	SI
Intensidad lumínica	SI
Vida útil	SI
Instalación.	NO
Luminancia	SI
Costo	SI
Factor de adsorción	NO
Índice de deslumbramiento	NO

Tomado de. Fuente propia, Variables tomadas de (Alcaldía Mayor De Bogotá , 2003)

Criterios de rendimiento lumínico: El rendimiento del espectro lumínico por refracción se desarrolla bajo el análisis de los materiales y su capacidad de producir el fenómeno eficientemente cumpliendo los criterios de iluminación, sin embargo se delimitara

el análisis a los factores de flujo luminoso, el nivel de iluminancia, factor de luz día, intensidad lumínica, vida útil, costos y luminancia, como se observa en la tabla.

Criterios de confort.

Los criterios de confort por los cuales se desarrolla el alcance del diseño, son neamente de actividad en el espacio, los índices de cada uno es adoptado por la norma RETILAP mencionados en el marco conceptual y bajo los indicadores de los materiales para cumplir el rendimiento de iluminación dada la actividad.

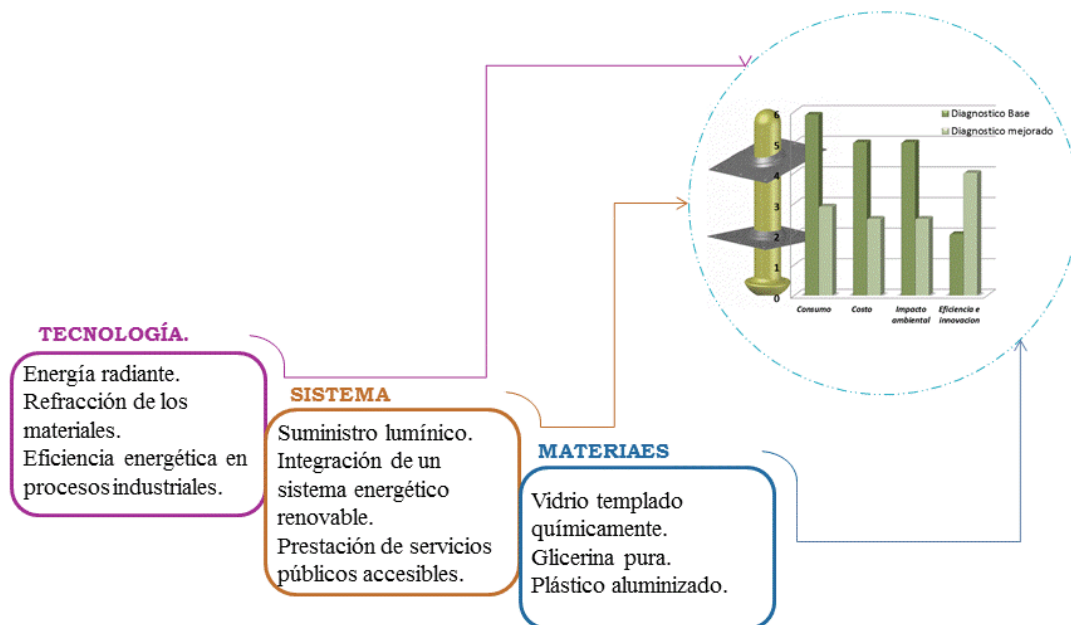


Ilustración 25. Integración de criterios en la adopción del diseño.
Tomada de. Fuente propia.

En la integración de los criterios se concluye un prototipo que funciona bajo el fenómeno de la refracción, transmitiendo la energía radiante en lumínica, con materiales de índices de refracción altos como el vidrio y la glicerina, proyectados a cumplir con los rendimientos mínimos de una fuente luminaria para una vivienda residencial, generando el confort establecido en la norma.

Diseño Ecorefractor.

Materiales

En cuanto a materiales y debido a los principios con los cuales está planteado el ecorefractor, es decir que sea eficiente, resistente y amigable con el medio ambiente, se emplea vidrio templado químicamente y glicerina pura. El vidrio es un material ideal para este proyecto puesto que al tener una forma especial y al ser un elemento que se integra con la construcción, debe garantizar en todo momento su seguridad y eficiencia.

Este vidrio se obtiene sumergiéndolo en un baño de sales de fusión, este baño se encuentra a una temperatura aproximada de 450°C, consiguiendo un intercambio iónico de los iones contenidos en el vidrio por los iones contenidos en las sales, estos al ser más grandes y tener un volumen mayor, comprimen la capa superficial del vidrio, incrementando la resistencia del vidrio considerablemente.

Este vidrio posee propiedades mecánicas, ópticas y químicas, las cuales lo hacen un material versátil e ideal para este proyecto.

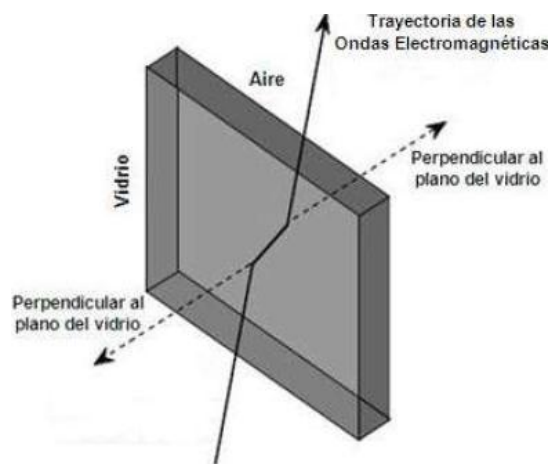
Propiedades mecánicas

Al tratarse de un elemento que se integrara en la construcción, se debe tratar de un vidrio que ofrezca seguridad, y por ello ser resistente a la compresión, en este caso al referirnos a un vidrio templado químicamente cuyo valor no debe ser inferior a 100 N/mm², lo valores de tensiones de compresión oscilan entre 80 y 150 N/mm².

En cuanto a la resistencia a la flexión lo valores para este tipo de vidrio están en 120 a 200 N/mm², sin embargo este valor se verá afectado de acuerdo a la manufactura y principalmente al grosor del virio

Propiedades ópticas

Como el fenómeno principal bajo el cual este dispositivo va a funcionar es la refracción es de vital importancia que los materiales posean un nivel de refracción alto y además que permitan el paso de la luz, esto con el fin de dirigir la luz hacia la edificación de manera más eficiente y con ello lograr iluminar los espacios interiores. El vidrio cuando recibe la luz de manera perpendicular no afectara la dirección de esta, caso contrario si esta llegara de manera oblicua.



*Ilustración26, refracción oblicua en un vidrio incoloro
Tomada de (El vidrio en la edificación. propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales, 2017, pag.77)*

En nuestro caso a poseer una parte superior cóncava y estructura tubular se minimizara al máximo el cambio de dirección de la luz y por el contrario se focalizara en un solo lugar.

En cuanto al tono la luz esta no se verá afectada puesto que se trata de un vidrio incoloro; su transmisión será aproximadamente de un 90%, solamente siendo afectada en caso de que se emplee color en la composición del vidrio.

Propiedades químicas

Debido a su naturaleza, los vidrios poseen resistencia al ataque del agua o sustancias acuosas; aunque en este aspecto son importantes ciertos factores como la composición, la superficie del vidrio, la sustancia química que este en contacto, la duración y la temperatura. (Ortega, 2017), Este dispositivo solo estará expuesto al medio ambiente, por lo que su contacto con sustancias químicas será nulo, solo teniendo contacto directo con la glicerina sin ningún efecto adverso.

Por otra parte y como parte del desarrollo de este dispositivo tenemos a la **Glicerina pura**, Es un líquido incoloro, inodoro, de baja toxicidad ambiental, soluble en agua y otros disolventes polares, insoluble en hidrocarburos, hidrocarburos clorinados y éteres, no se considera un líquido volátil. (Carmen Betancourt Aguilar, Renato de Mello Prado, Leónides Castellanos Gonzáles y Cid N. Silva Campos, 2016)

La glicerina también conocida como glicerol, es un derivado de las grasas o aceites, su aplicación actual va desde la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia.

Sin embargo para este proyecto, la cualidad más importante es su alto valor para refractar la luz, como lo veremos a continuación en la

Tabla 6 Índices de refracción para una longitud de onda = 589nm

Líquidos			
Nombre	Fórmula	Temperatura °C (λ)	<i>n</i>
Aceite vegetal		50	1,47
Acetaldehído	CH ₃ CHO	20	1,35
Acetona	CH ₃ -CO-CH ₃	20	1,36
Ácido nítrico	HNO ₃	25	1,393
Ácido perclórico	HClO ₄	50	1,3819
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	20	1,4183
Agua	H ₂ O	0	1,33432
Agua	H ₂ O	20	1,33336
Agua	H ₂ O	100	1,31861
Amoniaco	NH ₃	-77 (578 nm)	1,3944
Argón	Ar	-188	1,2312
Azúcar (disolución al 25%)		20	1,3723
Azúcar (disolución al 50%)		20	1,4200
Azúcar (disolución al 75%)		20	1,4774
Ázufre	S	125	1,9170
Benceno	C ₆ H ₆	20	1,501
Bromo	Br ₂	15	1,659
Bromuro de estaño(IV)	SnBr ₄	31	1,6628
Bromuro de fósforo(III)	PBr ₃	25	1,687
Bromuro de germanio (IV)	GeBr ₄	26	1,6269
Bromuro de hidrógeno	HBr	10	1,325
1-Butanol	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	20	1,399
Cianuro de hidrógeno	HCN	20	1,26136
Cloro	Cl ₂	20	1,3834
Cloroformo	CHCl ₃	20	1,48
Cloruro de antimonio(V)	SbCl ₅	22	1,5925
Cloruro de arsénico (III)	AsCl ₃	16	1,604
Cloruro de estaño(IV)	SnCl ₄	25	1,5086
Cloruro de fósforo(III)	PCl ₃	21	1,5122
Cloruro de germanio (IV)	GeCl ₄	25	1,4614
Cloruro de hidrógeno	HCl	18 (581 nm)	1,3287
Cloruro de titanio(IV)	TiCl ₄	18	1,6076
Dicloruro de azufre	SCl ₂	14	1,557
Dióxido de azufre	SO ₂	25	1,3396
Dióxido de carbono	CO ₂	24	1,6630
Disulfuro de carbono	CS ₂	20	1,62774
Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	20	1,361
Fluoruro de hidrógeno	HF	25	1,1574
Fosfina	PH ₃	17	1,317
Glicerina (glicerol)	C ₃ H ₈ O ₃	20	1,4729
Helio	He	-269 (546 nm)	1,02451
1-Heptanol	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₂ OH	25	1,423
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	25	1,167
Hidracina	N ₂ H ₄	22	1,470
Hidrógeno	H ₂	-253	1,1096
Kriptón	Kr	-157 (546 nm)	1,3032
Leche		20	1,35
Metanol	CH ₃ OH	20	1,329
Miel con un 13% de agua		20	1,504
Miel con un 17% de agua		20	1,494
Miel con un 21% de agua		20	1,484
Nitrógeno	N ₂	-196 (578 nm)	1,19876
Óxido nítrico / monóxido de nitrógeno	NO	-90	1,330
Óxido nitroso / monóxido de dinitrógeno	N ₂ O	25	1,238

Oxígeno	O ₂	-183 (546 nm)	1,2243
Oxisulfuro de carbono	COS	25	1,3506
Pentafluoruro de bromo	BrF ₅	25	1,3529
Peróxido de hidrógeno	H ₂ O ₂	28	1,4061
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	-80	1,460
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	20	1,3682
Tetrabromosilano	SiBr ₄	31	1,5685
Tetraclorosilano	SiCl ₄	25	1,41156
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	25	1,461
Trementina		25	1,472
Tribromuro de boro	BBr ₃	16	1,312
Trifluoruro de bromo	BrF ₃	25	1,4536
Trióxido de azufre	SO ₃	20	1,40965
Trióxido de difósforo	P ₂ O ₃	27	1,540
Xenón	Xe	-112 (546 nm)	1,3918
m-Xileno	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	20	1,49722
o-Xileno	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	20	1,5058
p-Xileno	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	20	1,4958
Yoduro de hidrógeno	HI	16	1,466

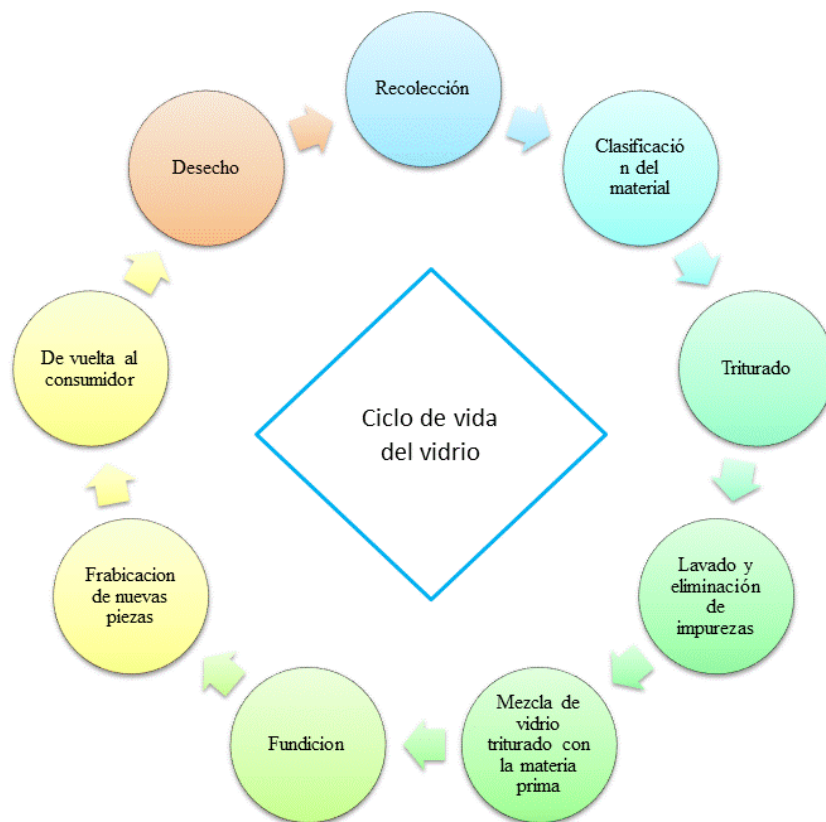
Tomada de: http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/inrefraccion.pdf

La glicerina posee un índice de refracción de 1.4729, si bien no es el más alto (el azufre posee 1.9171) la mayoría de estos compuestos son sustancias tóxicas que representarían un alto riesgo para los seres humanos. Este alto valor lo hace un elemento idóneo para el máximo aprovechamiento de la luz solar, ya que canaliza la luz sin alterar su color, además de que al emplearse materiales naturales para su obtención, este no representa un riesgo para los habitantes de la edificación.

Otro elemento importante es el **Plástico aluminizado**, este es un plástico ampliamente utilizado en la industria alimentaria para el empaque de alimentos y su protección contra agentes externos, como olores, sustancias e incluso los rayos solares. En nuestro proyecto hemos querido darle un enfoque y uso diferente, al poseer una superficie brillante y espejada este cumplirá la función de rodear la estructura tubular del dispositivo, con el fin de evitar la pérdida de luz consiguiendo más eficiencia lumínica de una manera muy sencilla y económica. Este importante elemento se fabrica a partir de polietileno, “es un termoplástico barato, fácil de obtener, procesar y con muy buenas propiedades físicas, químicas y mecánicas, eléctricas, térmicas y ópticas que lo hace el plástico más consumido en el mundo; se obtiene por reacción química, conocida con el nombre de polimerización del

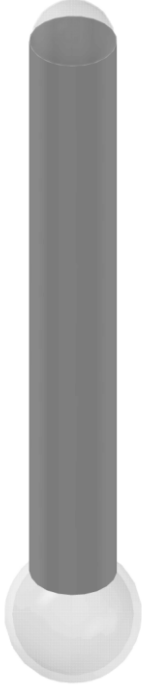
etileno a temperaturas y presiones, relativamente bajas en presencia de un catalizador” (Girón, 2015) su uso es muy amplio, desde simples objetos como bolsas plásticas, botellas, tuberías hasta como un elemento clave en la manufactura de juguetes y chalecos antibalas.

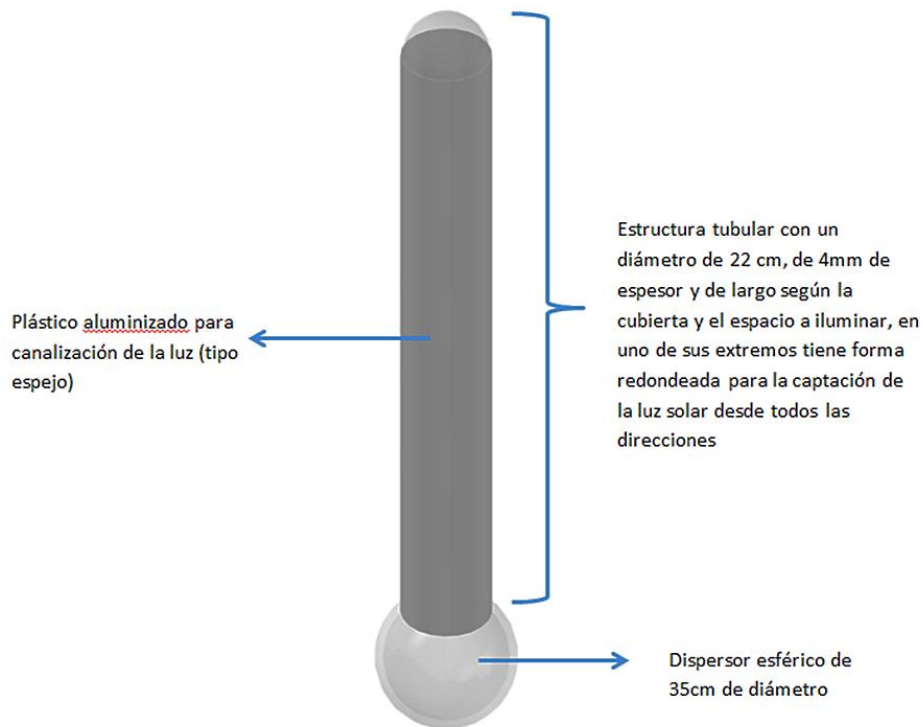
Estos materiales no solo representan una ventaja en la concepción del Ecorefractor, tanto por sus características físicas como su versatilidad, se trata de materiales amigables con el medio ambiente que permiten ser reciclados y aprovechados de una manera sencilla.



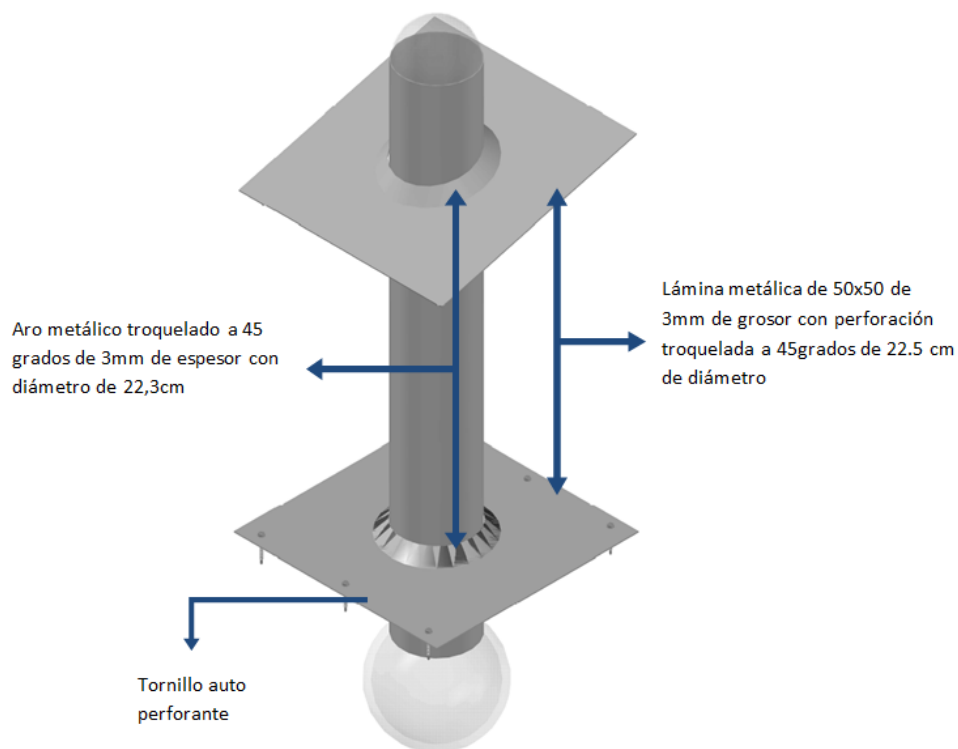
*Ilustración 27. Ciclo de vida del vidrio.
Tomado de: fuente propia.*

Descripción Del Ecorefractor

FICHA TÉCNICA ECOREFRACTOR	
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	<p>El ecorefractor es un aparato lumínico que abastece con luz solar los espacios de una vivienda en horas del día por medio de la refracción solar consiguiendo una alta eficiencia lumínica y energética, está compuesto por una estructura tubular en vidrio templado químicamente, con unas dimensiones correspondientes en diámetro a 22cm y en ancho a 0.4 cm, una cúpula de cristal y un dispersor esférico de diámetro de 35cm, el interior del tubo se llena con Glicerina, la cual refractara la luz. Esta estructura tubular estará rodeada de una película plástica Aluminizada (tipo espejo) con el fin de evitar que esta se pierda en el medio de refracción y maximizar la luz que llega al espacio arquitectónico.</p>
MATERIAS PRIMAS	
Cúpula, Estructura tubular y Dispersor	Fabricado en vidrio templado químicamente para ofrecer seguridad y resistencia, no posee color
Película Aluminizada	Fabricado a partir de polietileno de alta densidad
Peso Aproximado (varía según la longitud) dispositivo de 80 cm	60 kilogramos
Precio aproximado	150000 pesos



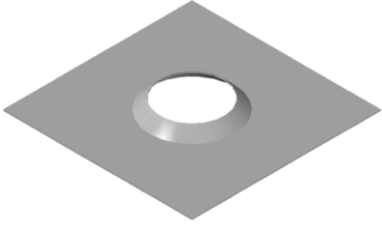


*Ilustración 28. Propuesta de diseño Ecorefractor
Tomado de: fuente propia*



*Ilustración 29. Propuesta de anclaje Ecorefractor
Tomado de: fuente propia*

Anclaje

Para fijar el dispositivo a la cubierta, se buscó que este fuera lo más sencillo posible, de manera que cualquier persona pueda hacerlo, este sistema está constituido de la siguiente manera.

FICHA TÉCNICA ELEMENTOS DE ANCLAJE	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	<p>Soporte a cubierta: Lámina metálica de 50x50 de 1.5mm de grosor con perforación troquelada a 45grados de 22.5 cm de diámetro interno, este se fijara a la cubierta con tornillos auto perforantes</p>
<p>Materiales: lamina de acero cold rolled Peso: 5.7kg aproximadamente</p>	
	<p>Soporte ecorefractor: Aro metálico troquelado a 45 grados de 3mm de espesor con diámetro de 22,3cm, el cual se fijara al dispositivo con pegamento tipo epoxi</p>
<p>Materiales: lamina de acero cold rolled Peso: 640 gr aproximadamente</p>	
	<p>Tornillo auto perforante de cabeza hexagonal y punta de broca</p>
<p>Materiales: Acero templado cementado</p>	

Caracterización criterios de rendimiento lumínico Ecorefractor.

Temperatura de color: cualitativamente se encuentra en un rango de color intermedio neutro con un color blanco y un aproximado de 5500 grados kelvin, esto dado la fuente de luz natural, ahora la norma europea 169 determina que el color neutro u blanco es recomendable para espacios de trabajo sin embargo hace hincapié que su uso es neutral y puede aplicarse en ámbito residencial.

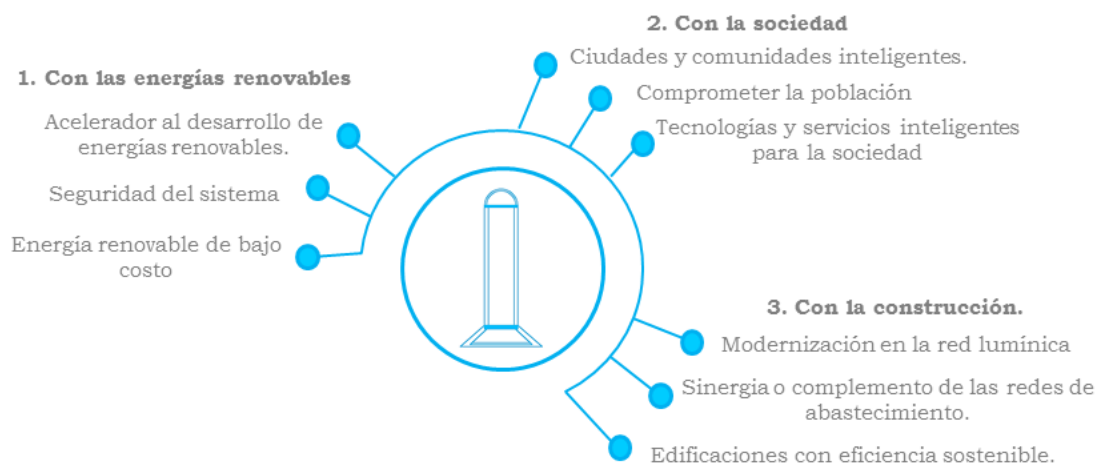
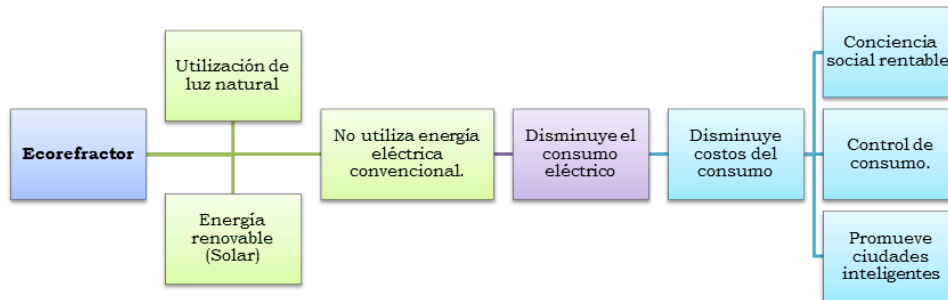


Ilustración 30. Enfoques del Ecorefractor como aparato eficiente en la adopción de nuevas técnicas sostenibles.

El ecorefractor tiene tres enfoques como estrategia innovadora en el mercado: con la energía renovable, con la sociedad y con la construcción, de modo que se integre como una nueva tecnología prometedora de la actual industria.

El desarrollar este tipo de innovación tecnológica ante un marco social parece prometedor ante el control y regulación del consumo, pues el suministro de energía lumínica para las edificaciones se implementa de forma totalmente natural, lo que ocasiona que no se utilice luz eléctrica convencional para iluminar un espacio, de esta manera ya se está disminuyendo el consumo eléctrico de una vivienda, lo que también desenvuelve que lo costos de la factura de los servicios públicos disminuya y las personas contemplen los

servicios inteligentes que la actual tecnología sostenible está innovando ocasionando una mira comprometedora en la población y proyectando ciudades inteligentes en el aspecto ambiental.



*Ilustración 31. Proyección del ecorefractor como solución ante la sociedad.
Fuente propia.*

Capítulo II. Métodos experimentales

Para el dimensionamiento y la concepción de los criterios de rendimiento lumínico y confort de los espacios arquitectónicos del prototipo ecorefractor en una vivienda de un piso se van a implementar los siguientes métodos en el proceso experimental.

1. Caso de estudio.
2. Prueba dinámica Revit Insight 360.
3. Prueba física.



Caso de estudio.

A fin de estudiar los aspectos físicos de las edificaciones, referente al estado lumínico. Se ha realizado un estudio enfocado a una vivienda localizada en el departamento Bogotá.

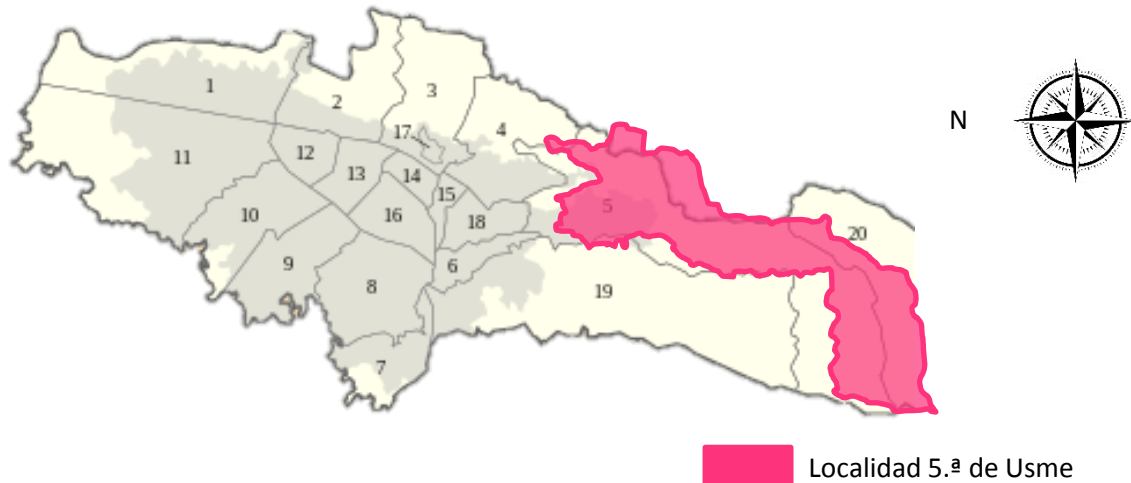
Localización del Proyecto

El proyecto seleccionado se encuentra ubicado en el departamento de Bogotá en la localidad 5.^a de Usme al sur oriente de la ciudad. Según lo informa la alcaldía local de Usme (2015), entre su uso residencial predomina el estrato socioeconómico 1 y 2, clase baja. La edificación se encuentra en un contexto arquitectónico urbano conocido como el barrio “granada sur” el cual podremos identificar en la calle 72 A Sur #14x- 37.

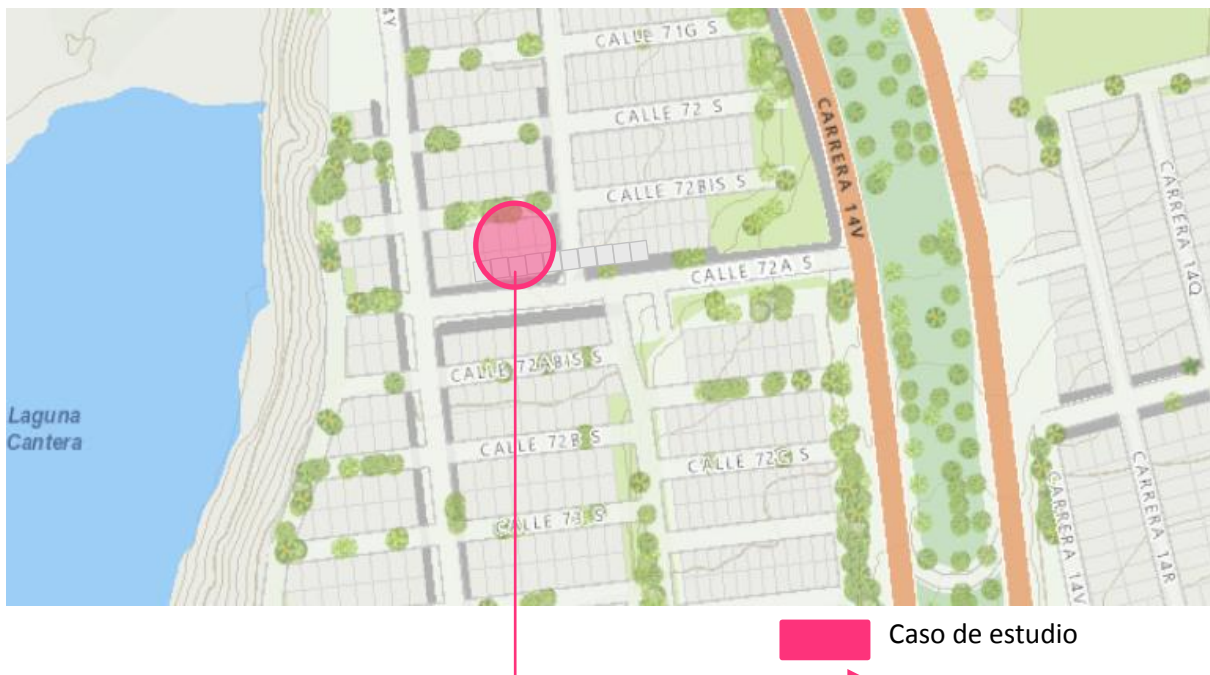
Tabla 7 ubicación estudio de caso.

País	 Colombia
Departamento	 Bogotá
Barrio	Granada sur
Dirección	calle 72 A Sur #14x- 37

Ubicación del proyecto (Datos obtenidos en campo. elaboración propia, 2018)



*Ilustración 32. Localización grafica de la zona.
Tomado de: (Shadowxfox Wikipedia, 2013)*



*Ilustración 33 Localización grafica de la edificación.
Tomado de: mapas. Bogotá, 2018)*

Objeto Del Caso De Estudio

El objetivo principal del caso es estudio es analizar cada una de las condiciones lumínicas que presenta dicha vivienda, teniendo en cuenta aspectos principales como: orientación y ubicación geográfica, tipo de construcción, espacios internos de la edificación,

ingreso de iluminación natural, consumo de energía eléctrica en horas del día y posteriormente sus costos, Mediante el uso de visitas de campo.

Para así prevalecer dicha problemática y proponer solución o medidas estratégicas que permitan disminuir el uso excesivo de la energía convencional.

Criterios De Elección Del Caso

Para definir el caso de estudio, se procuró analizar edificaciones de un nivel de carácter residencial pertenecientes al grupo “1 de la nsr-10”. Las cuales y consecuente a la falta de iluminación natural en los espacios internos, se presentan costos elevados en las facturas mensuales de energía.

Estado Actual De La Vivienda

La vivienda en su estado actual, responde a una arquitectura económica y estandarizada, compuesta por volúmenes que forman los espacios interiores permitiendo así la privacidad de cada uno de ellos.

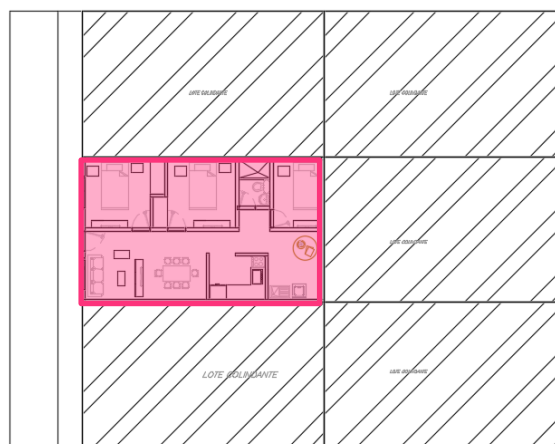


Ilustración 34. Edificación entre medianera.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo, (2018)

Cuenta con tres de sus fachadas obstruidas por edificaciones aledañas que impiden el ingreso de iluminación natural a los espacios internos (edificación entre medianeras). La

edificación de un solo nivel en concreto reforzado y cubierta en teja española es de carácter residencial y unifamiliar.

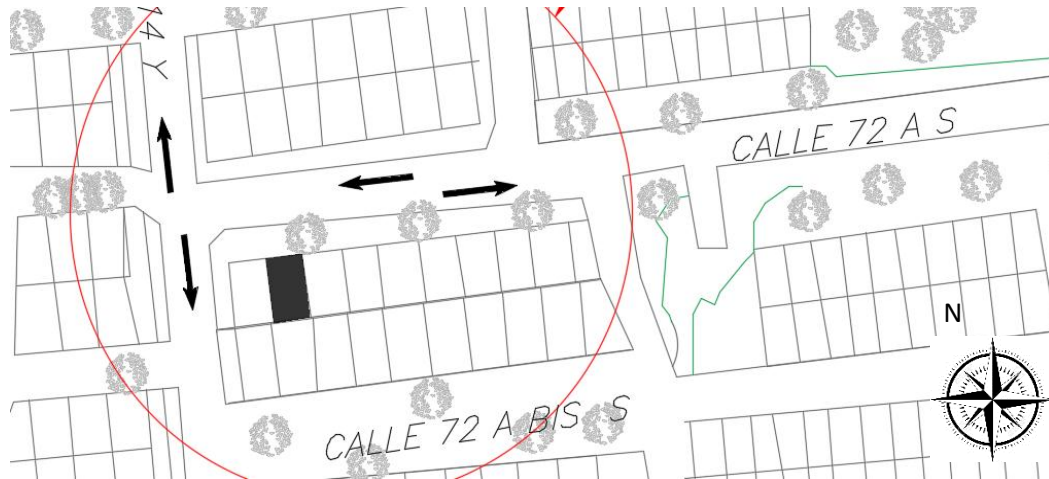


Ilustración 35 Localización de la vivienda.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo, (2018)

Fachada Frontal

Su fachada frontal con dirección hacia el norte tiene mínimo flujo de iluminación natural consecuente a la abertura de pequeñas ventanas y a la trayectoria solar.



Ilustración 36. Foto del proyecto, Fachada frontal.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo, (2018)

La edificación cuenta con una sola planta de 90mts² de los cuales solo 60 mts² de ella se encuentran construidos. Dicha edificación se desarrolla en un terreno plano con las siguientes dimensiones, 6 mts de frente por 10 mts de fondo.

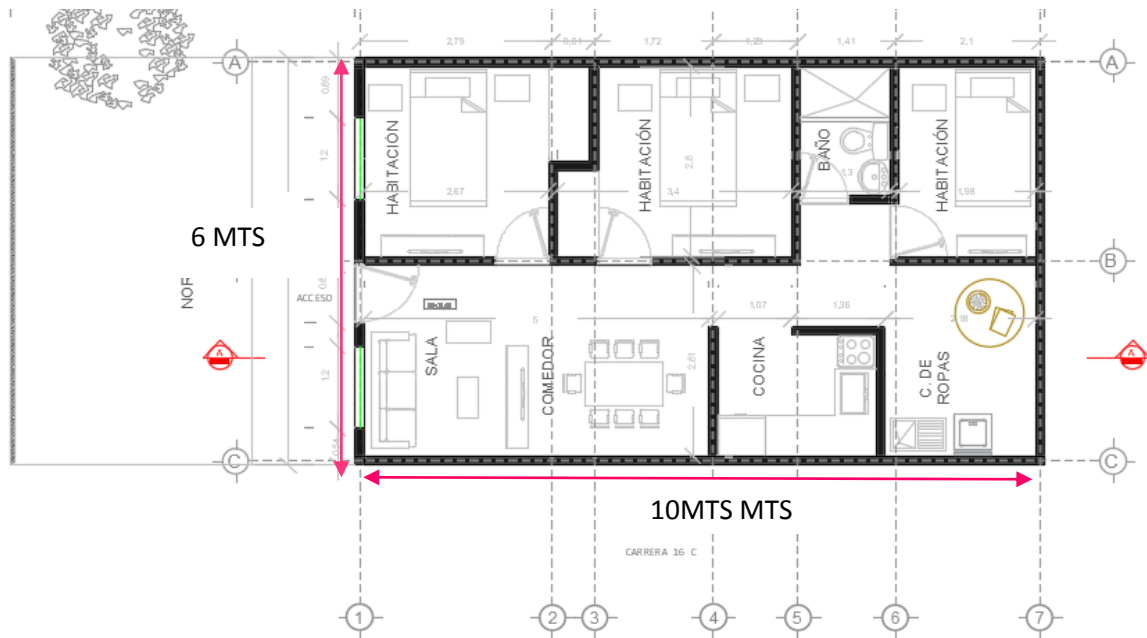


Ilustración 37. Plano arquitectónico.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo, (2018)

Características Arquitectónicas

Espacios

La composición de los espacios internos respecto a su distribución, da gran comodidad para el carácter unifamiliar y el desarrollo de diversas actividades sin obstrucción alguna.



Ilustración 38. Vista 3d en Revit, caso de estudio.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo,

Sus espacios internos (habitaciones, sala-comedor, cocina, baño y patio permiten un confort uniforme respecto al espacio).

Planta

El espacio interior de la edificación se ha dividido en 3 dormitorios, sala-comedor, cocina, baño, y un pequeño patio que permite el ingreso de un mínimo porcentaje de iluminación natural por medio de una cubierta en teja de plástico transparente, sus muros se extienden a una altura de 2.30mts hasta alcanzar la pendiente de la cubierta.



Ilustración 39. Plano arquitectónico.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo, (2018)

Materiales

La casa se asienta sobre una losa de cimentación en concreto armado que da gran resistencia al levantamiento de sus muros de concreto con malla electro soldada. sus dos ventanas previstas en su fachada frontal construidas con vidrio de 3mm y marcos en aluminio que dan vista a la calle 75A SUR

Cubierta

La edificación cuenta con una cubierta en teja española a un agua. “la teja española es una teja de fibrocemento moldeada a mano, que le imprime a la cubierta el aspecto de los techos en teja de barro tradicional” (Eternit,2018, p.4)

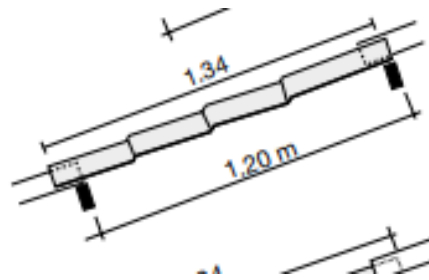


Ilustración 40 Distancia entre correas y teja española.

Tomado de: (cubiertas de fibrocemento teja española, 2018)

1.5.5. Dimensiones de la teja

La teja española Eternit tiene dimensiones de 1.34 mts x 1.06 mts y la cubierta cuenta con una inclinación del 15° con fijación a cada 1.20mts a correas de 5x10cm.

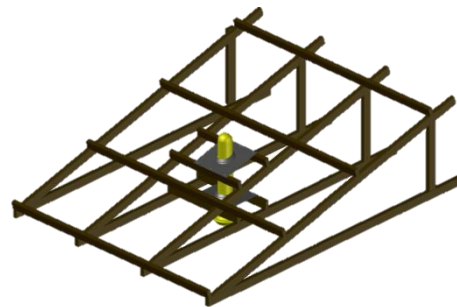
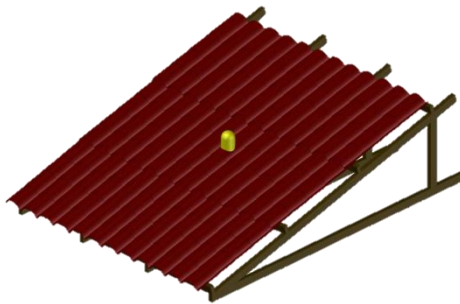


Ilustración 41. Corte cubierta, un agua y estructura en madera.

Fuente: propia, Datos obtenidos en campo, (2018)

Consumo Energético

El proyecto al no contar con una iluminación natural en sus espacios internos en horas del día, depende drásticamente de la energía convencional. lo que ínsita a que sus costos mensuales sean incrementados sin importar el estrato socioeconómico al que está sometida dicha edificación.

Características energéticas de la edificación

La edificación cuenta con consumo mensual promedio de 242,5 kWh con una responsabilidad lumínica del 10% que indican un gasto elevado para una edificación de un solo nivel, donde viven cuatro personas de las cuales solo una permanece durante el día.

Componentes de tarifario caso de estudio

Tabla 8. Información De La Cuenta

Información de la cuenta	
Clase de servicio	Residencial
Estrato	2
Carga kW	2
Factor	1

Datos obtenidos en el campo, tomado de: facturación mensual de la vivienda “recibos”. (2018)

La vivienda cuenta con 8 luminarias halógena con una potencia de 53 w y un flujo luminoso de 830 lúmenes. Lo que provoca que la edificación no sea eficientemente sostenible, tanto ambiental como económicamente.

Tabla 9. Componentes del valor unitario del kWh

Componentes de tarifario	
G	1912970,00
T	302871,00
D	1706383,00
CV	448935,00
PR	350981,00
R	359541,00
CF	0.00
TOTAL	\$5081681,00

Datos obtenidos en el campo, tomado de: facturación mensual de la vivienda “recibos”. (2018)

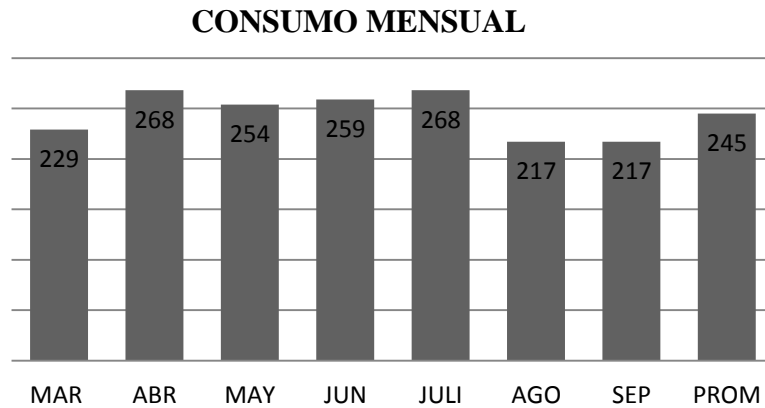


Ilustración 42 Comportamiento del consumo mensual en Kwh en un periodo aprox de 7 meses. (Datos obtenidos en campo, facturación mensual de la vivienda “recibos”. (2018)

Tabla 10. Consumo Energético Mensual (promedio) y factores de consumo eléctrico de la edificación.

Responsabilidad	kWh	Precio
Energía promedio facturada kWh (mes)	242,5 kWh	123.190 pesos
Responsabilidad lumínica	24,25 kWh	12.319 \$
Responsabilidad refrigeración	94,575 kWh	48.044,1 \$
Responsabilidad ventilación	14,55 kWh	7.391,4 \$
Responsabilidad ducha	14,55 kWh	7.391,4 \$
Responsabilidad otros usos	24,25 kWh	12.319 \$
Responsabilidad planchado	4,85 kWh	2.463,8 \$
Responsabilidad televisión	48,5 kWh	24.638 \$
Responsabilidad AA	16,975 kWh	8.623,3 \$
Valor unitario promedio kWh		
508 pesos		

Fuente: propia, con factores de consumo tomados de: Minminas UPME (2016)

Prueba Dinámica.

Prueba diagnostico base con iluminación natural

La edificación fue analizada en el Software de Revit Insinght 360, el cual nos permite evidenciar el flujo luminoso dentro de la vivienda que representa “la cantidad de energía lumínica por unidad en tiempo de llegada” (Revit, 2018, parámetros de intensidad inicial). Dando como resultados datos estadístico en lux.

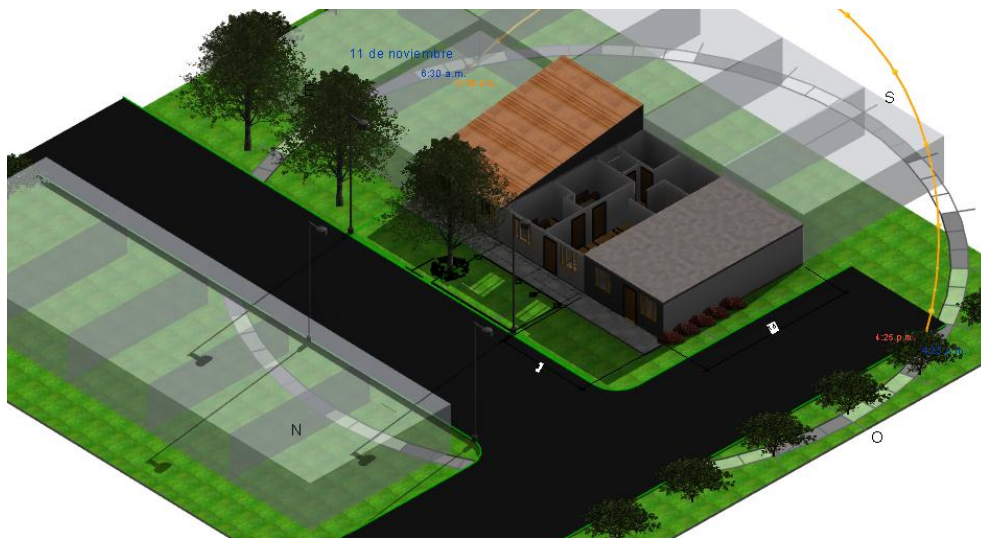


Ilustración 43. Render caso de estudio

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software de Revit. (2018))

Objeto de estudio

El estudio fue realizado con la finalidad de analizar como el flujo luminoso natural de la edificación es expuesto en los espacios arquitectónico internos, Y que intensidad proporciona la radiación solar en lux para cada uno de los espacios. Para así evidenciar cual es el diagnostico base del proyecto y su estado crítico.

Metodología del análisis lumínico

Recolección de datos

Fue necesaria la selección de una vivienda de un nivel en la localidad 5 de Usme (calle 72 a SUR #14- 37) para así conocer la incidencia solar en diversas horas del día y dar a conocer los índices en lux que presenta la edificación.

Evaluación dinámica, diagnostico base.

Con el programa Revit Insight 360, se buscó el análisis de radiación solar anual en la vivienda, mediante el uso de una matriz 3x3 considerando el solsticio y el equinoccio del año 2018, Es decir los momentos en donde el sol alcanza su mayor y menor altura, además de ello se estimaron los tres horarios del día más relevantes para la captación del recorrido solar:

8:00 am

12:00pm

4:00pm

Con ello se obtuvieron los niveles de iluminación en lux, visualizados en mapas intermedios dentro de la vivienda a la altura de 1.00 metros (ver ilustración #16)

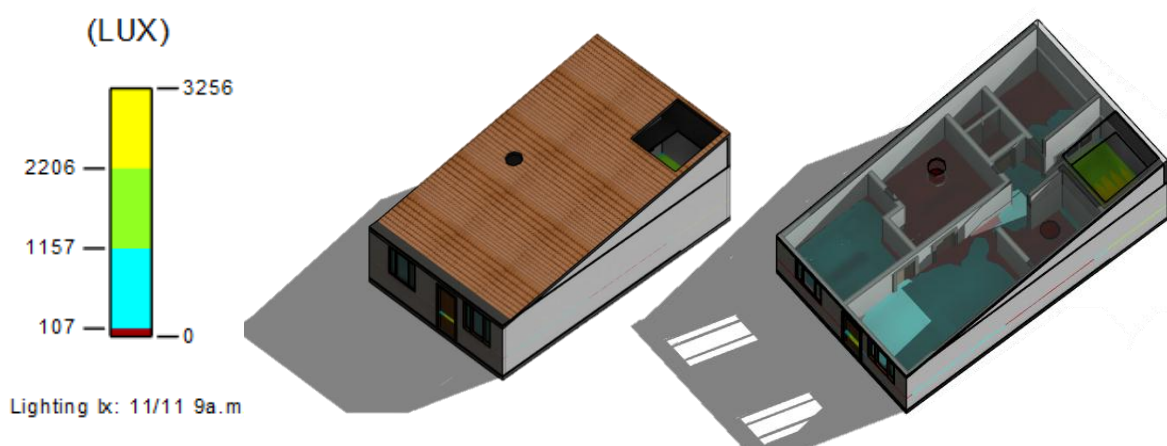


Ilustración 44. Render caso de estudio, análisis de iluminación natural

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software de Revit. (2018)

Análisis Numero 1

Análisis 21 de noviembre estudio solar estático

Ilustración: 45

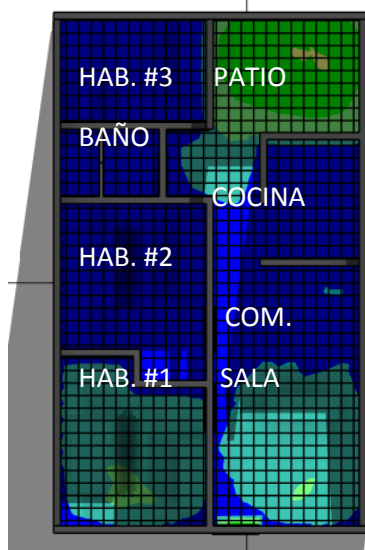


Ilustración: 46.

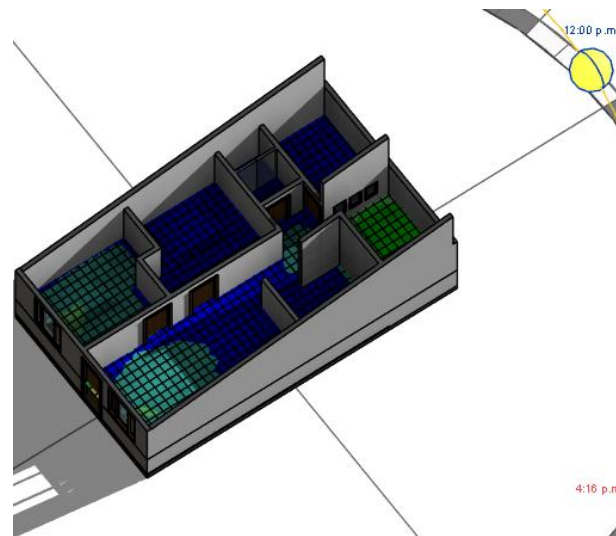


Ilustración 45 Planta arquitectónica caso de estudio, análisis de iluminación natural

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software de Revit. (2018)

Ilustración 46 Render caso de estudio, análisis de iluminación natural

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software de Revit. (2018)

Tabla 11. Estudio: intensidad lumínica natural

2018			
HORA	ESPACIO	NOVIEMBRE	DIA
12:00PM	HAB. #1	43 lux- 250 lux	21
	HAB. #2	0 lux- 43 lux	21
	HAB. #3	0 lux- 43 lux	21
	SALA	43 lux- 250 lux	21
	COMEDOR	0 lux- 43 lux	21
	COCINA	0 lux- 43 lux	21
	BAÑO	0 lux- 43 lux	21
	PATIO	341 lux- 725 lux	21

Fuente: propia, con factores de consumo tomados de: Software Revit.

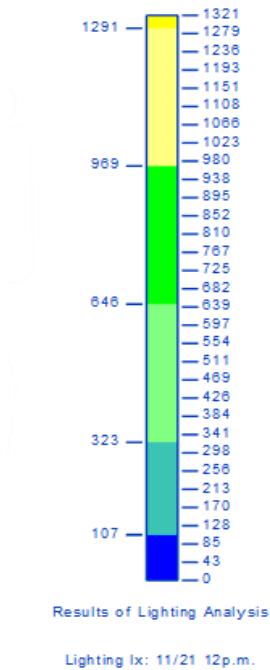


Ilustración 47 Grafica de intensidad lumínica natural (11-21-2018)

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software de Revit. (2018)

Conclusiones

Análisis Numero 1

El análisis numero 1 dio resultados muy alarmantes para la distribución de los espacios arquitectónicos en cuanto a su iluminación a las 12:00pm, donde el sol se encuentra en uno de sus puntos más altos y debería proporcionar iluminación natural mayor.

Según los datos estadísticos de la gráfica proporcionada por Revit mas del 50% de la casa no cumple con los estándares proporcionados por la normativa de Retilap en cuanto a los niveles de iluminación recomendados en lux.

Análisis Numero 2

Para realizar un contraste de iluminación, fue necesario seleccionar dos de los espacios internos y recolectar los datos de cada uno de ellos en lux y así demostrar el mal flujo luminoso que tiene el proyecto.

Espacios seleccionados

Para la selección de los espacios se vio involucrado la visita a campo, donde se evidencia visualmente cual es el espacio con mayor y menor flujo luminoso, para así llegar a la selección del cuarto número 1 y numero 2 (ver ilustración #20)



Ilustración 48. Plano arquitectónico caso de estudio, Selección de espacios a estudiar. Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software autodesk. (2018)

Resultados Matriz 3x3

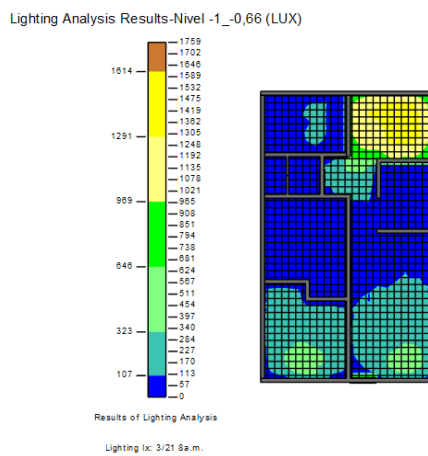
Tabla 12. Estudio 3x3 intensidad lumínica natural

			PUNTO MAS ALTO DEL SOL 90°	MAX O MINIMA ALTURA DEL SOL	MAX O MINIMA ALTURA DEL SOL
			MES-EQUINOCCIO	MES-SOLSTICIO	MES- SOLSTICIO
HORA	ESPACIO	DIA	MARZO	JUNIO	DICIEMBRE
8:00AM	HAB. #1	21	57Lux- 170 Lux	200 Lux- 800 Lux	65 Lux- 200 Lux
	HAB. #2	21	0 Lux- 57 Lux	0 Lux- 57 Lux	0 Lux- 57 Lux
12:00PM	HAB. #1	21	300 Luz- 800 Lux	300 Lux- 900Lux	300Lux- 600 Lux
	HAB. #2	21	0 Lux - 107 Lux	57 Lux- 250 Lux	0 Lux- 107 Lux
4:00PM	HAB. #1	21	107Luz – 350 Lux	107 Lux- 300Lux	0 Lux- 90Lux
	HAB. #2	21	0 Lux- 57 Lux	0 Lux- 57 Lux	0 Lux- 57Lux

Fuente: propia, con factores de consumo tomados de: Software Revit Insinght 360 (2018)

Análisis marzo 8:00am-12:00pm-4:00pm

Los factores de iluminancia dentro de la vivienda logran varía dependiendo de la trayectoria solar. Sin embargo, la habitación #2 comparada al #1 no presenta gran cambio. dicho espacio arquitectónico continua predominantemente oscuro sin importar las horas del día, según lo demuestran las gráficas proporcionadas por Revit, que calculan el flujo lumínico para el mes de marzo. Es de vital importancia tener en cuenta que la habitación #1 cuenta con una ventana direccionada al espacio exterior de la fachada frontal.



*Ilustración 49 Análisis 21-marzo-2018, hora: 8:00 A.m.
Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)*

Ilustración: 22.

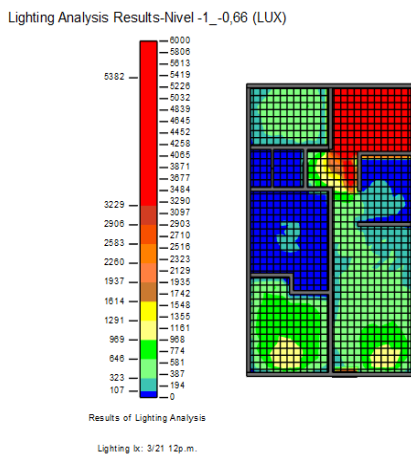


Ilustración: 23.

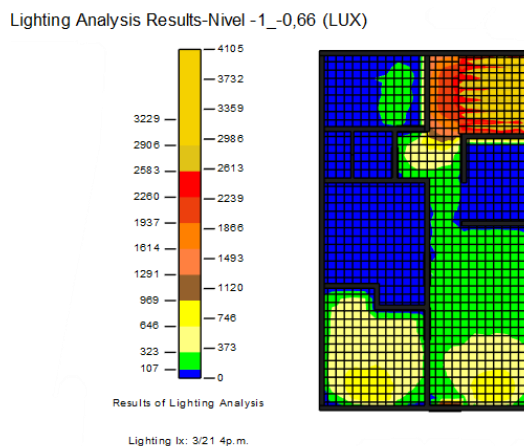


Ilustración 50 Análisis 21-marzo-2018, hora: 12:00 p.m.

Ilustración 51. Análisis 21-marzo-2018, hora: 4:00 pm.

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)

Análisis junio 8:00am-12:00pm-4:00pm

El flujo lumínico en la vivienda para el mes de junio es mucho mayor que el mes de marzo ya que se presenta mayo radiación directa por parte del sol y permite que los espacios dentro de la vivienda logren alcanzar un nivel adecuado o mínimo para el desarrollo de diversas actividades, claro está que la habitación #2 en conjunto con el baño no presentan gran cambio y su iluminación natural no cumple con lo estándares establecidos por la normativa de Retilap.

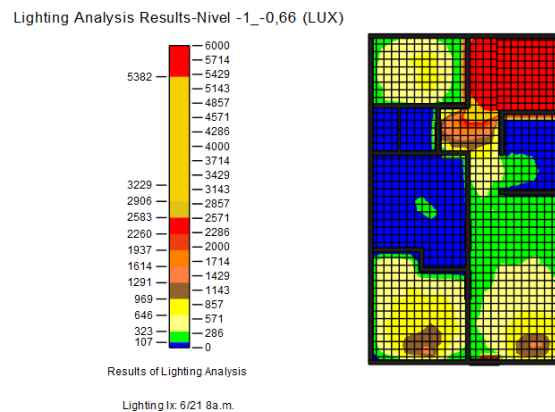


Ilustración 52. Análisis 21-junio-2018, hora: 8:00 A.m.

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)

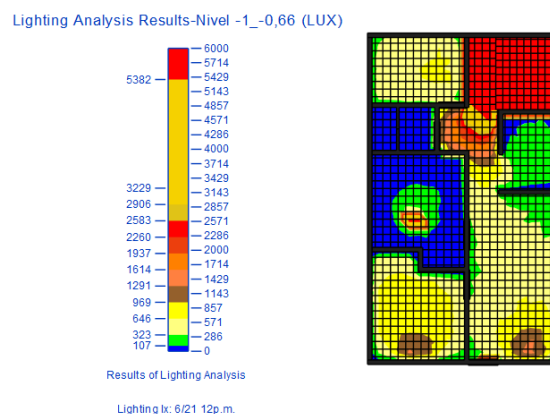
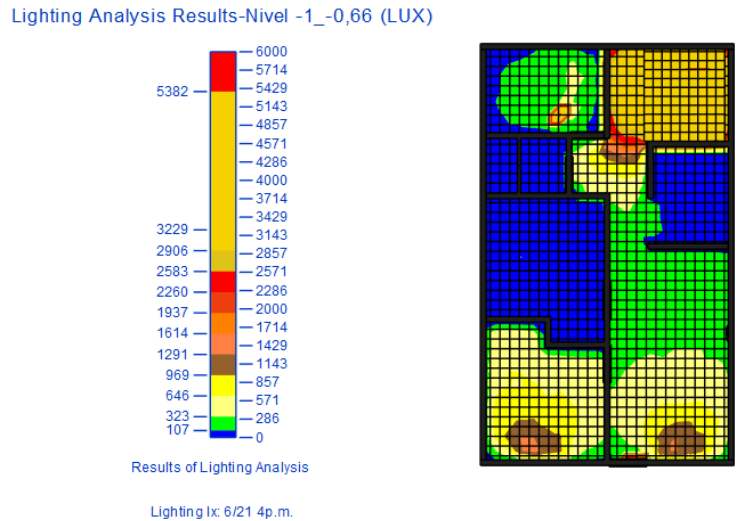


Ilustración 53. Análisis 21-junio-2018, hora: 12:00 pm.

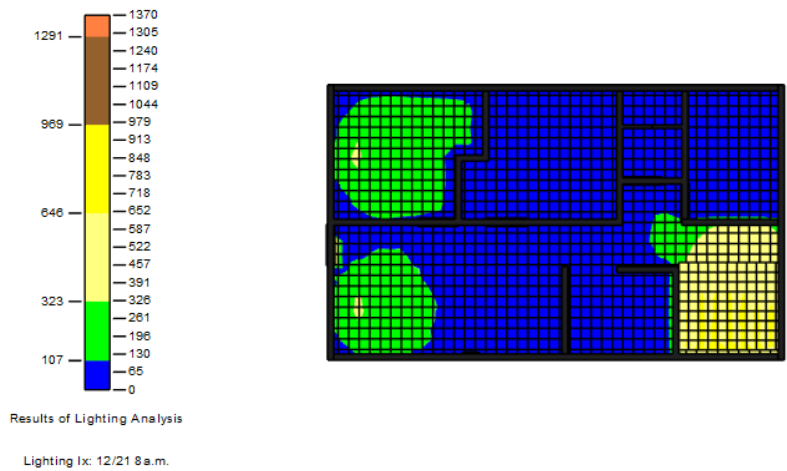
Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)



*Ilustración 54. Análisis 21-junio-2018, hora: 4:00 pm.
Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)*

Análisis Diciembre 8:00am-12:00pm-4:00pm

Para el mes de diciembre se pronostica un flujo luminoso menor, consecuente a la radiación solar. Que da como resultado un intervalo en las horas de la mañana, medio día y atardecer las cuales no cumplen con los estándares de iluminación para cada uno de los espacios a excepción del medio día que logra integrar mayor iluminación natural dentro de la vivienda.



*Ilustración 55. Análisis 21-diciembre-2018, hora: 8:00 A.m.
Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)*

Lighting Analysis Results-Nivel -1_-0,66 (LUX)

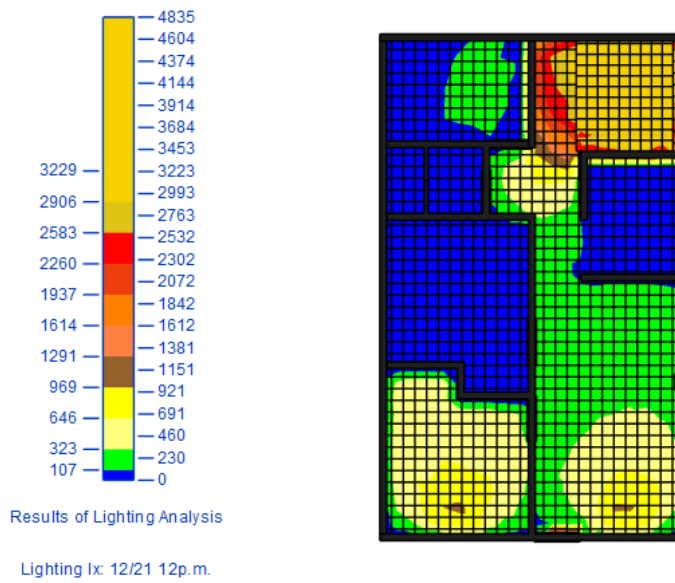


Ilustración 56. Análisis 21-diciembre-2018, hora: 12:00 p.m.

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)

Lighting Analysis Results-Nivel -1_-0,66 (LUX)

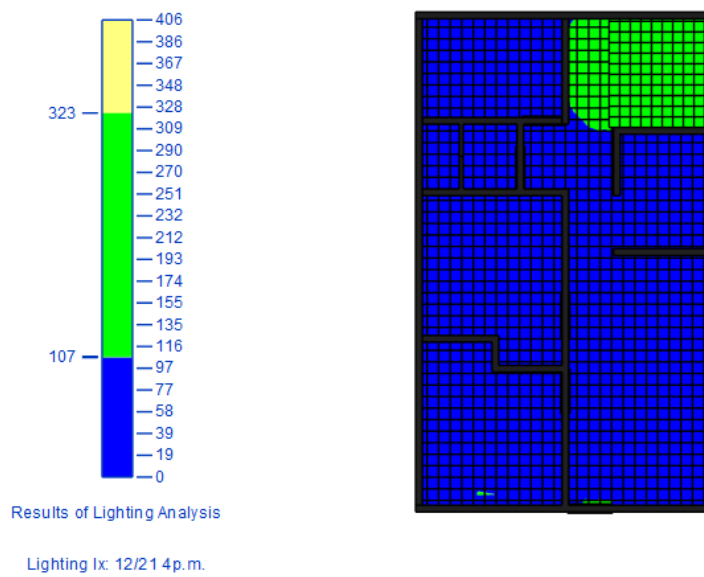


Ilustración 57. Análisis 21-diciembre-2018, hora: 4:00 p.m.

Fuente: propia (Datos obtenidos en campo, elaboración por medio de Software Revit Insinght 360. (2018)

Prueba Física.

La prueba física se desarrolla como una técnica para la recolección de datos de rendimientos lumínicos, bajo un diagnóstico base que consiste en la caracterización lumínica de la vivienda de estudio caso es su espectro actual, posteriormente comparado con un diagnóstico mejorado el cual consta de implementar el ecorefractor en la vivienda y analizar bajo los criterios de diagnóstico base los resultados de rendimiento lumínico del prototipo, así darle una caracterización al ecorefractor dentro de los criterios de confort en el espacio.

Objetivo.

Determinar los índices de rendimiento lumínico de, flujo luminoso, nivel de iluminación, factor de luz día, intensidad luminosa y luminancia, dadas las pruebas desarrollados a un modelo escala del caso de estudio, midiendo desde un diagnóstico base de la casa, comparativo con el diagnóstico mejorado debido al ecorefractor y dados los índices del caso mejorado determinar si está cumpliendo con los indicadores de confort para realizar las actividades.

Metodología.

Para el desarrollo de la prueba física se hizo una maqueta a escala 1:25 del caso de estudio, sobre la cual se determinó en iluminancia del caso crítico de la vivienda partiendo de un diagnósticos de base, es decir sin prototipo, y un diagnóstico mejorado con prototipo, se procede a escalar en una maqueta más grande 1:20 para obtener resultados más precisos del espectro lumínico que el ecorefractor genera. De esta forma y mediante el uso del diagrama de sombras de la ciudad e Bogotá se da la conformación de los indicadores de estudio, el análisis de los diagnósticos y el comparativo con la norma ante indicadores de confort por actividad.

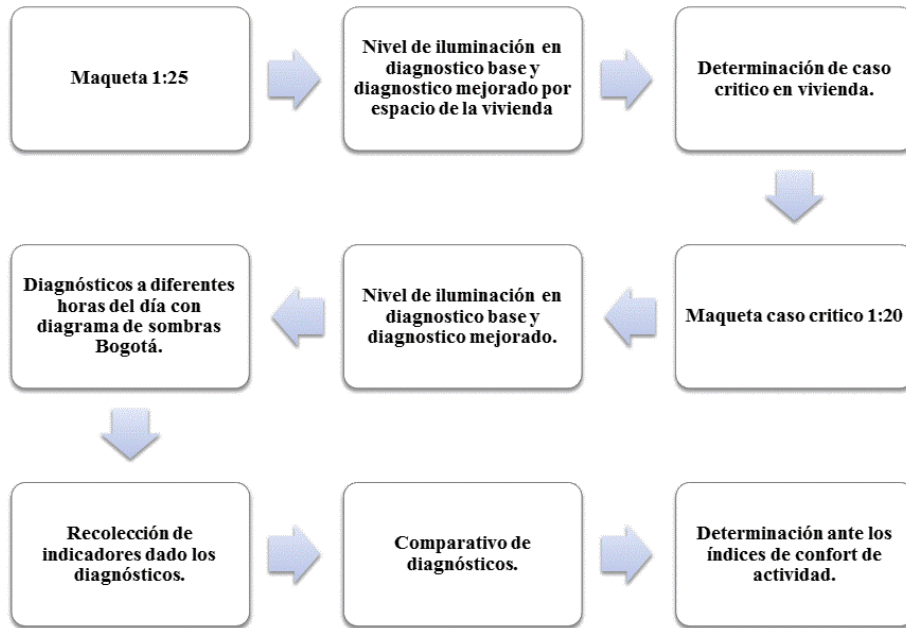


Ilustración 58. Metodología prueba física.
Tomado de: Fuente propia.

Recursos.

Tabla 13. Recursos humanos, técnicos y materiales para el desarrollo de prueba física.

Humanos	Materiales	Técnicos
Arq. Juan David Giraldo Gallego	Luxómetro	Escalar caso de estudio.
Estudiante PTCA Nicolay Monroy	Ecorefractor ESC 1:25 y 1:20	Escalar prototipo.
Estudiante PTCA Harold Torres.	Maqueta caso de estudio ESC 1:25	Escalar diagnostico critico
Estudiante PTCA Daniela Abril	Maqueta espacio critico de caso de estudio ESC 1:20	Diagrama de sombras ciudad de Bogotá
	Lente ojo de pez	
	Brújula	
	Cámara celular	

Tomado de: Fuente propia.

Modelo Escala: Maqueta 1:25 casa estudio de caso, Maqueta 1:20 espacio arquitectónico crítico de estudio de caso, correspondiente a (Habitación dos, ejes 3:A-B; 5:A-5 , en la cual se implementó el ojo de pez como estrategia para observar el espectro ocurrido en el espacio.

La refracción de la luz no es sensible a los cambios de escala, debido a que la longitud de la onda de luz es muy pequeña (380 a 780 nanómetros), de esta forma los criterios lumínicos serán igual en cualquier dimensionamiento de escala, pues sin importar la escala la longitud de la onda de luz será mucho más pequeña que el de una maqueta, por lo cual se entiende que el espectro de la luz es el fenómeno más sensible generando su análisis a diferentes escalas permitiendo su visualización real, de esta forma se entiende que el fenómeno que se observa en la maqueta es la proyección de la realidad para el estudio de caso. De esta forma determinar.



Ilustración 59. Imagen maqueta caso de estudio escala 1:20 14 de noviembre – 8 de noviembre 2018 Tomado de: Fuente propia.



Ilustración 60. Imagen maqueta caso de estudio critico escala 1:25. 25 de noviembre Tomado de: Fuente propia.

Ilustración 61. Imagen Digital light meter. 19 de noviembre Tomado de: Fuente propia.

Luxómetro: Digital light meters el cual es certificado por la C.E marcado de conformidad europea establece que un producto cumple con los criterios mínimos legales y

técnicos para su uso. La herramienta tiene una capacidad de medir hasta 400.0 Klux y 40.00 Kfc. Con unas características físicas correspondientes a: Cable de 150cm aproximadamente, un sensor con medidas de 115L x 60W x 20H mm y el medidor 203L x 75W x 50H mm.

Se implementó para obtener indicadores de diagnósticos base y mejorado en lux y candelas, como caracteres para la obtención de los demás datos.

El luxómetro tiene que ponerse en la parte central del espacio a medir, para que el estéreo radian tomado sea el correspondiente al el volumen del cuarto.



Ilustración 62. Posición del luxómetro para obtención correcta de los indicadores. Tomado de: Fuente propia.

Ecorefractor: Prototipo escalado a 1:20 y 1:25 para hacer las correspondientes pruebas en los dos casos de estudio, el cual bajo los resultados tuvo adecuación en los materiales en el transcurso de las pruebas, buscando el punto de equilibrio para conseguir los indicadores de confort.

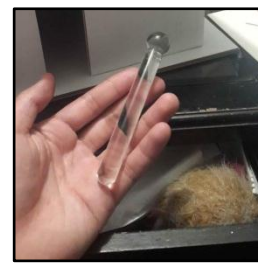
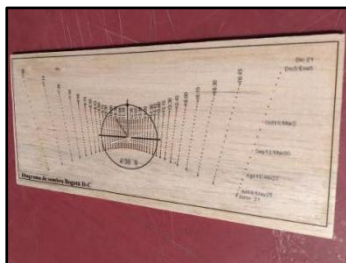


Ilustración 63. Foto diagrama de sombras ciudad de Bogotá. 22 de noviembre Tomado de: Fuente propia.

Ilustración 64. Foto Ecorefractor escala 1:20 en vidrio. 24 de noviembre Tomado de: Fuente propia.

Diagrama de sombras: Para ejecutar las pruebas bajo la maqueta de caso crítico se implementó la estrategia de uso del diagrama de sombras de Bogotá, esto e consonancia con el estudio de caso, el cual nos permite acomodar la maqueta de cierta forma simulando un horario y tiempo determinado dado el movimiento solar y la proyección de sombras.

Tabla 14. Obtención de indicadores de rendimiento lumínico por método.

Rendimiento	(E) Iluminancia o nivel de iluminación lx	(Φ) Flujo luminoso Lm	(I) Intensidad luminosa cd	Luminancia Candela/m2	FLD Factor de luz día %
Ecuación	$Lx = Lm / \text{área}$	$Lm = Lx * \text{área}$ $\phi = 4\pi cd$ $\phi = sr * cd$	$Sr = A / r^2$ $Sr = 4\pi sr$ $Cd = lm / sr$	Cd/área	$Lx \text{ intr.} / Lx \text{ ext.}$
Concepto	Flujo luminoso recibido en un superficie	Potencia o cantidad de luz que una fuente emite	Cantidad de flujo luminoso que lleva cada una de los rayos	Cantidad de intensidad luminosa sobre un espacio	Cantidad de luz natural externa sobre el espacio interno.

Tomado de: Fuente propia, método (Alcaldía Mayor De Bogota , 2003)



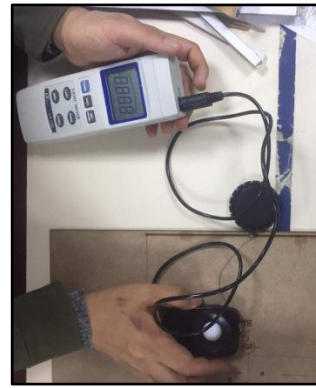
Ilustración 65. Estéreo radia de cuarto crítico.

Tomado de: Fuente propia.

El estéreo radia es el principal indicador para implementar el rendimiento lumínico por método para la obtención de los datos. Inicialmente se planteó un prototipo en Pvc glas, posteriormente dados los primeros resultados se implementó el vidrio dado el indicador de refracción y por último y como método experimental se agregó en el cuerpo del prototipo una película metálica.

Estudio 1. 8 de noviembre 2018- 11:00 am

La primera prueba se desarrolla con luz artificial de 250 lux, y cielo nublado, con el objeto de determinar sobre la maqueta de estudio de caso 1:25 los espacios más críticos de la vivienda en cuanto a la iluminación natural en horas de día, esto solamente en diagnostico base en niveles de iluminación lux, dado el luxómetro, lúmenes y factor de luz día por método.



*Ilustración 66. Fotos Estudio 1 casa esc 1:25 diagnostico base. 8 de noviembre
Tomado de: Fuente propia.*

Estudio 2. 21 de noviembre 2018- 2:00 pm

Análisis sobre maqueta 1:25 con luz natural, en un nivel de iluminancia de 11.000lx, con cielo Nublado y ecorefractor con película metalizada, las pruebas se realizaron en la facultad de arquitectura de la universidad la gran Colombia, lo cual es importante mencionar

ya que la obstrucción solar de edificios y mobiliario urbano es alta, pues el contexto del ambiente es cerrado y antiguo.

Los espacios estudiados son según la primera prueba con luz artificial de los más críticos, correspondientes a las dos habitaciones y la cocina, sin embargo se optó por integrar al análisis la habitación principal, en los cuales se observan los dos diagnósticos, base y mejorado y los rendimientos de flujo luminoso, iluminación y factor luz día.

Estudio por el cual se mide el rendimiento del prototipo en lugares más críticos de la vivienda, ante el diagnostico base y el diagnostico mejorado, el confort lumínico y por último la delimitación del espacio más crítico dentro del diagnóstico base para alcanzar el confort.

Cabe mencionar que los indicadores de rendimiento lumínico se dan por método, bajo los indicadores de candelas y luz que el luxómetro género dadas las pruebas físicas.

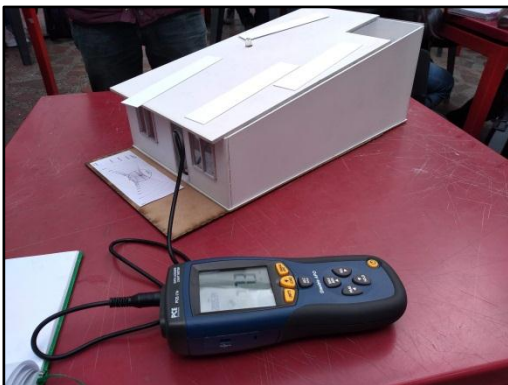


Ilustración 67. Fotos Estudio 2 casa esc 1:25 diagnostico base y mejorado. 21 de noviembre Tomado de: Fuente propia.

Determinado el espacio crítico, se escala la maqueta a 1:20, igualmente el prototipo sin embargo este en esta ocasión no tenía película metaliza, por lo cual y bajo los indicadores arrojados en dos pruebas una con cielo nublado y otra con cielo despejado se determina que el prototipo tiene mayor rendimiento con la película por lo cual se proceden hacer pruebas con estas, determinando una característica física del ecorefractor y descartando la versión

anterior, dado que el diagnostico mejorado no cumple con el alcance minimo para encontrarse dentro del confort establecido.

Tabla 15. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico prototipo sin película, cielo nublado.

CASO CRITICO - PROTOTIPO SIN PELÍCULA					
19 DE NOVIEMBRE 11:00 AM CIELO NUBLADO					Lx Exterior
Diagnostico base - Prueba luxómetro Luz Natural					7.000
Espacio	M2	Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Factor de luz día (%)	
2	Habitación 2	8,67	17,34	2	0,03
Diagnostico mejorado - Prueba luxómetro Luz Natural					
2	Habitación 2	8,67	147,39	17	0,24

Tomado de: Fuente propia.

Tabla 16. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico prototipo sin película, cielo despejado.

CASO CRITICO - PROTOTIPO SIN PELÍCULA					
23 DE NOVIEMBRE 11:00 AM CIELO DESPEJADO					Lx Exterior
Diagnostico base - Prueba luxómetro Luz Natural					30.000
Espacio	M2	Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Factor de luz día (%)	
2	Habitación 2	8,67	563,55	65	0,22
Diagnostico mejorado - Prueba luxómetro Luz Natural					
2	Habitación 2	8,67	1083,75	125	0,42

Tomado de: Fuente propia.

Estudio 3. 26 de noviembre 2018- 2:00 pm

Para la tercera prueba se implementa la maqueta y el prototipo a escala 1:20, cabe resaltar que el prototipo se aplica con película, de esta forma se procede a medir los indicadores vistos hasta el momento con la diferencia de mirar el comportamiento del ecorefractor a diferente horas del día y en diferente mes al del tiempo real correspondiente a noviembre, este por medio de la carta de sombras de Bogotá, el cual gracias a la sombra que el sol proyecta sobre un reloj calendario, se puede ubicar la maqueta de forma que se encuentre en la localización simulando una determina fecha.

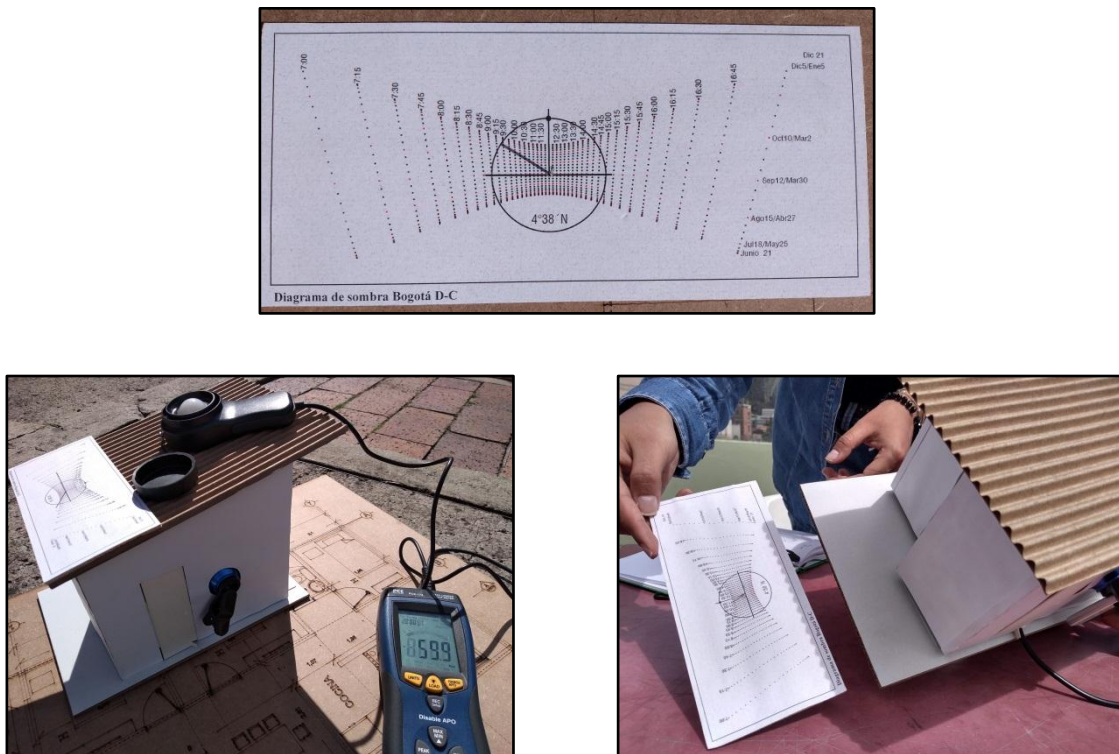


Ilustración 68. Fotos Estudio 3 caso critico esc 1:20 diagnostico base y mejorado. 26 de noviembre Tomado de: Fuente propia.

La simulación se ha realizado para el mes de diciembre el 26 del 2108, el cual corresponde a un día soleado en la mañana y despejado en las horas de la tarde, las horas simuladas corresponde a 8:00am, 10:30am, 12:30pm, 2:00pm y 4:00pm, así mismo se ha realizado el diagnóstico para el día en tiempo real sobre menos horas, respectivamente 9:00am, 10:00am y 12:45pm.

Mediante esta tercera prueba podemos determinar el alcance del prototipo ante el caso más crítico de la casa, establecer el comportamiento a lo largo del día y la estabilidad lumínica que puede presentar ante los diferentes criterios, entre las horas de la 8:00am y 4:00pm.

Tabla 17. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico, por simulación en caso crítico.

		CASO CRITICO MAQUETA 1:20 - PROTOTIPO CON PELICULA HABITACION 2										M2		8,67
Tiempo Real	Fecha Simulacion	Tiempo Simulado	Lx Exterior	Diagnostico base - Prueba luxómetro Luz Natural				Diagnostico mejorado - Prueba luxómetro Luz Natural				Factor de luz dia (%)	Factor de luz dia (%)	
				Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Intensidad luminosa (cd)	luminancia (cd/m2)	Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Intensidad luminosa (cd)	luminancia (cd/m2)			
	NOV 26-18	Cielo soleado 9:00am	60000	190,74	22	1,98	0,23	0,04	1404,54	162	14,59	1,68	0,27	
	NOV 26-18	Cielo soleado 10:00am	66.000	175,13	20,2	1,82	0,21	0,03	1907,40	220	19,81	2,28	0,33	
	NOV 26-18	Cielo soleado 12:45am	76.000	21,68	2,5	0,23	0,03	0,00	2384,25	275	24,76	2,86	0,36	
	DIC 26-18	Cielo despejado 8:00am	25.000	190,74	22	1,98	0,23	0,09	867,00	100	9,00	1,04	0,40	
	DIC 26-18	Cielo soleado 11:30am	50.000	4,34	0,5	0,05	0,01	0,00	2392,92	276	24,85	2,87	0,55	
	DIC 26-18	Cielo soleado 12:30am	80.000	190,74	22	1,98	0,23	0,03	2947,80	340	30,61	3,53	0,43	
	DIC 26-18	Cielo soleado 2:00pm	79.000	86,70	10	0,90	0,10	0,01	1751,34	202	18,19	2,10	0,26	
	DIC 26-18	Cielo despejado 4:00pm	27.000	1,73	0,2	0,02	0,00	0,00	1239,81	143	12,87	1,48	0,53	

Tomado de: Fuente propia.

Capítulo III. Análisis de resultados

Prueba Física.

Análisis 1. 8 de noviembre 2018- 11:00 am

En el análisis de prueba de luz artificial se logró recolectar los indicadores de nivel de iluminación, flujo lumínico y factor de luz día, por los cuales se puede concluir los espacios de más críticos lumínicos y objeto de principal estudio.

Tabla 18. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico para identificar casos críticos.

8 de noviembre 11:00 am cielo Nublado					Lx Exterior
Diagnostico base - Prueba luxómetro Luz artificial 250 lux					250
Espacio		M2	Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Factor de luz día (%)
1	Sala	7,025	90,3	12,9	5,14
2	Comedor	7,025	76,7	10,9	4,37
3	Patio	6,12	2,1	0,4	0,14
4	Habitación 1	5,544	1,2	0,2	0,09
5	Habitación 2	8,67	4,6	0,5	0,21
6	Habitación P	6,62	104,9	15,9	6,34
7	Cocina	4,7628	4,2	0,9	0,36

Tomado de: Fuente propia.

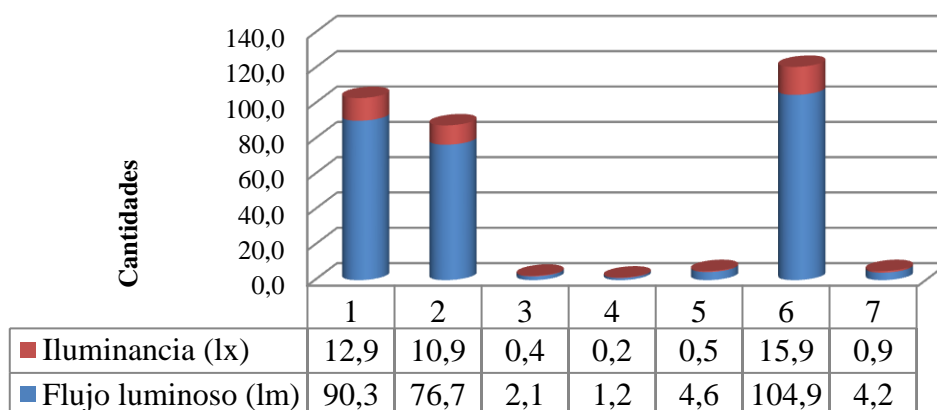


Ilustración 69 Determinación de casos críticos dentro de la vivienda.

Tomado de: Fuente propia.

Análisis 2. 21 de noviembre 2018- 2:00pm

Los indicadores de rendimiento lumínico obtenidos en la segunda prueba, muestran ante un diagnóstico comparativo de la base lumínica de la casa ante el caso de estudio “mejorado” con el ecorefractor, el aumento de iluminancia dentro de los espacios más críticos de la vivienda del 41% en promedio, por otra parte hora en el factor de luz día el aumento promedio es del 54%.

Prototipo con película - Maqueta 1:25					
21 de noviembre 2:00 pm cielo Nublado					Lx Exterior
Diagnostico base - Prueba luxómetro Luz Natural					11.000
Espacio	M2	Flujo luminoso (lm)	D.B Iluminancia (lx)	Factor de luz día (%)	
1	Habitación 1	5,544	321,55	58	0,53
2	Habitación 2	8,67	208,08	24	0,22
3	Habitación P	6,62	1343,86	203	1,85
4	Cocina	4,7628	428,65	90	0,82

*Ilustración 70. Diagnostico base Prototipo con película - Maqueta 1:25
Tomada de: Fuente propia.*

Prototipo con película - Maqueta 1:25								
21 de noviembre 2:00 pm cielo Nublado							Lx exterior	
Diagnostico mejorado - Prueba luxómetro Luz Natural							11.000	
Espacio	M2	Flujo luminoso (lm)	D.M Iluminancia (lx)	Factor de luz día (%)	Intensidad luminosa (cd)	luminancia (cd/m2)	Confort medio Lx	
1	Habitación 1	5,544	887,04	160	1,45	9,21	1,661	150
2	Habitación 2	8,67	1491,24	172	1,56	15,49	1,786	150
3	Habitación P	6,62	1939,66	293	2,66	20,14	3,043	150
4	Cocina	4,7628	952,56	200	1,82	9,89	2,077	150

*Ilustración 71. Diagnostico mejorado Prototipo con película - Maqueta 1:25
Tomada de: Fuente propia.*

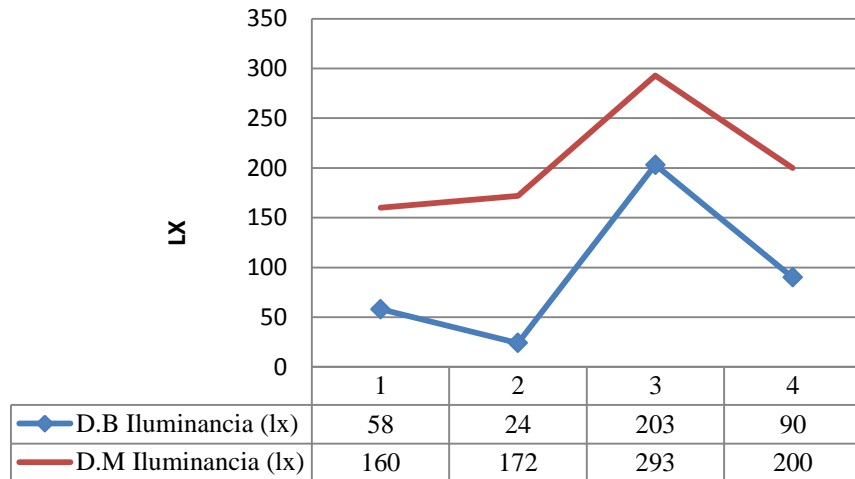


Ilustración 72. Diagnostico base ante diagnostico mejorado en rendimiento de lux. Tomado de: Fuente propia.

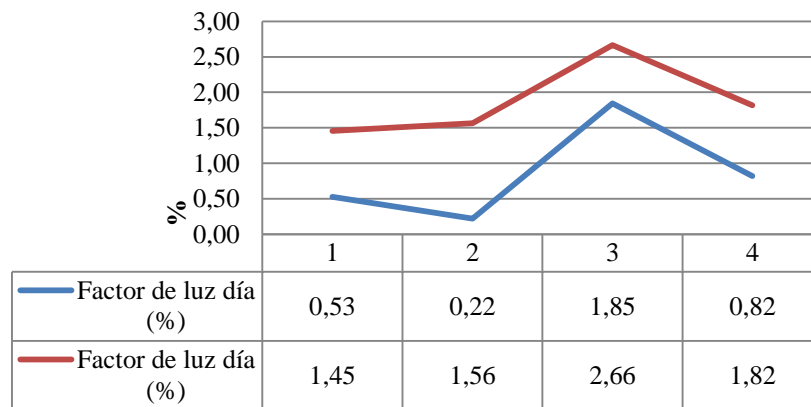


Ilustración 73. Diagnostico base ante diagnostico mejorado en rendimiento de factor de luz día. Tomado de: Fuente propia.

Lo anterior determina un diagnostico mejorado viables, además los indicadores mostrados ante los índices el lux de la norma RETILAP para el correcto desarrollo de las actividades, son proyectados como eficientes dentro del confort, pues todos los espacios iluminados pasan en los niveles mínimos, quedando en un confort entre medio y alto, donde le mas bajito es la habitación 1 y el más alto la habitación principal.

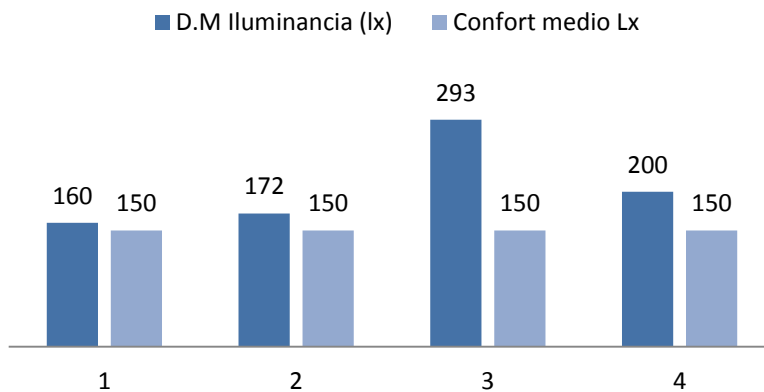


Ilustración 74 Índice de confort lumínico del ecorefractor.
Tomado de: Fuente propia.

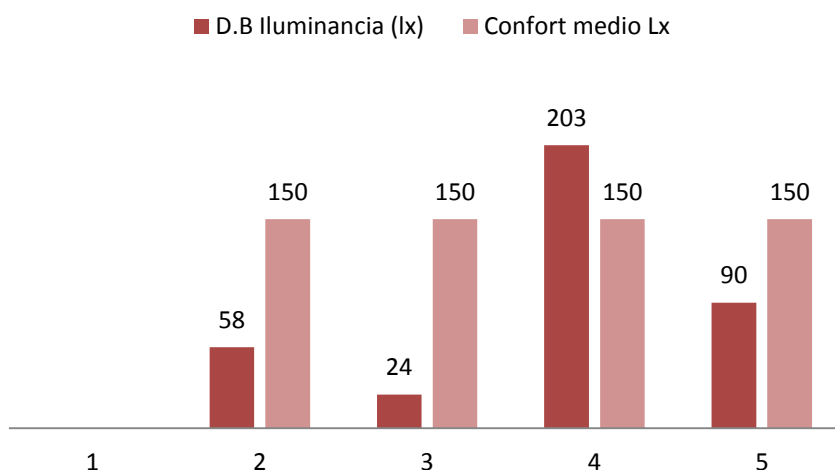
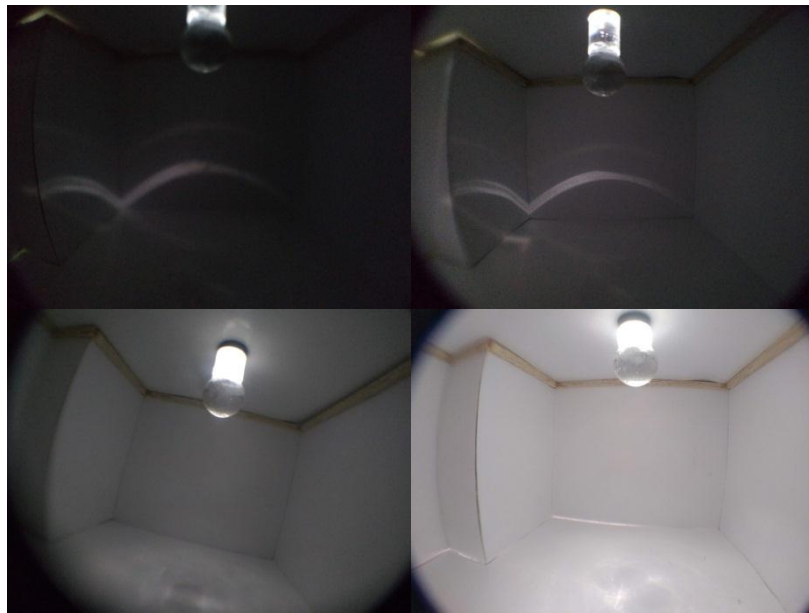


Ilustración 75. Espacio de caso crítico ante cumplimiento de confort diagnostico base. .
Tomado de: Fuente propia.

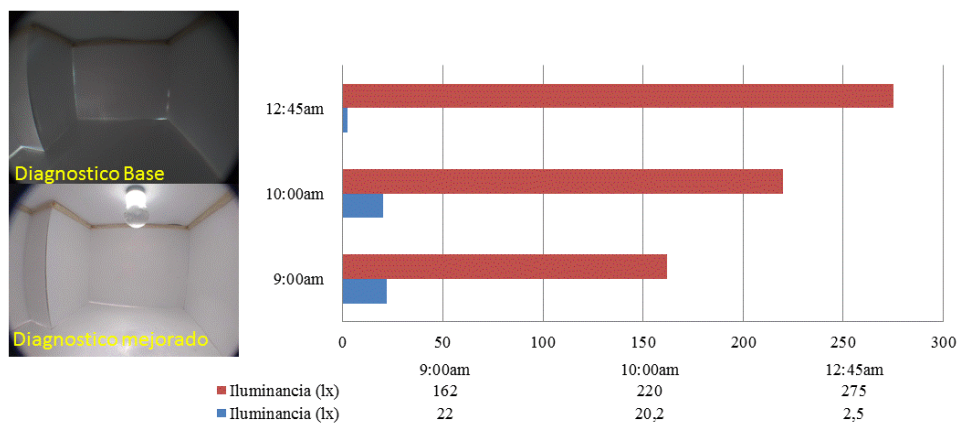
No obstante y para mejoras del prototipo se evalúa el caso más crítico de la vivienda el cual corresponde a la habitación central siempre en los indicadores pasados ubica en el tercer lugar de rendimiento, sin embargo ante el confort de actividades se encuentra en el cuarto y último lo cual nos da la determinante para escoger dicho sitio como caso de estudio crítico.

Análisis 3. 26 de noviembre 2018- 2:00pm



*Ilustración 76. Fotos Estudio 3 espectro lumínico en tiempo real 10.00am
Tomado de: Fuente propia.*

Los criterios de rendimiento lumínico en tiempo real para el caso crítico de la vivienda localizada en Bogotá, y bajo el implemento del ecorefractor representan notario cambio visible en el cambio de luminancia en el espacio, por otra parte los indicadores de flujo luminoso y nivel de iluminación mantienen su rendimiento a lo largo del día y establecen criterio de rendimientos promedio para el buen desarrollo de las actividades, mejorando por más del 50% el diagnostico base del espacio crítico.



*Ilustración 77. Espacio de caso critico bajo el diagnostico base y el diagnostico mejorado.
Tomado de: Fuente propia.*

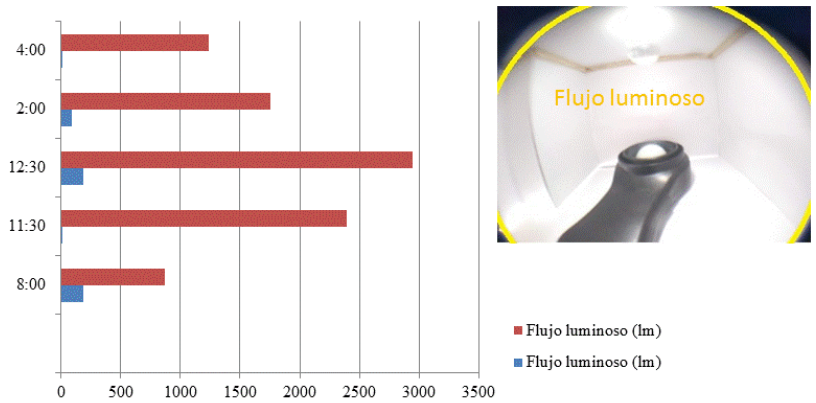


Ilustración 78. Espacio de caso crítico bajo el diagnóstico de flujo luminoso. Tomado de: Fuente propia.

Los indicadores en tiempo real bajo el diagrama de sombras muestran un continuo confort entre los 150lx y 300lx durante las horas de 9:00am a 12:30pm con un mejoramiento del 92,89% sobre los niveles de confort que en el diagnóstico base se está manejando, por otra parte la simulación correspondiente al mes de diciembre presenta altas variación superan el confort de las actividades residenciales ah educativas llegando a los 380lx y en las horas de la tarde retomando al confort promedio de 150 llagadas las 4:00pm lo cual aún cumple con los índices establecidos en la norma el cual como mínimo exige 100lx para poder desarrollar la actividad, y con un promedio de mejora del 94,84%.

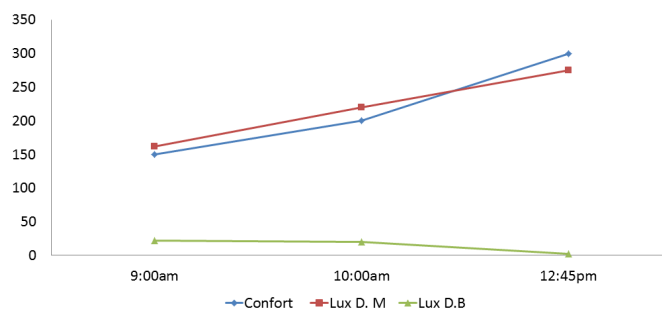


Ilustración 79. Confort de actividades diagnóstico base y mejorado en tiempo real. Tomado de: Fuente propia.

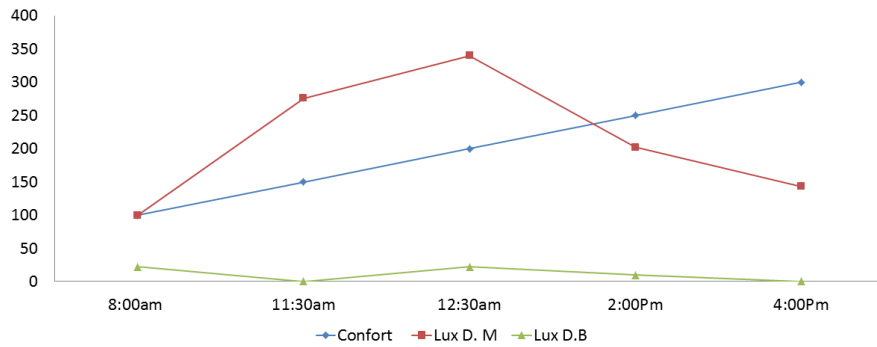


Ilustración 80 .Confort de actividades diagnostico base y mejorado en simulación de tiempo. Tomado de: Fuente propia.

Tabla 19. Estudio 1, indicadores de rendimiento lumínico, final.

CASO CRITICO MAQUETA 1:20 - PROTOTIPO CON PELÍCULA											
HABITACIÓN 2										M2	8,67
Tiempo Real nov-27-2018	Lx Exterior	DIAGNOSTICO BASE - PRUEBA LUXÓMETRO LUZ NATURAL					DIAGNOSTICO MEJORADO - PRUEBA LUXÓMETRO LUZ NATURAL				
		Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Intensidad luminosa (cd)	luminancia (cd/m2)	Factor de luz día (%)	Flujo luminoso (lm)	Iluminancia (lx)	Intensidad luminosa (cd)	luminancia (cd/m2)	Factor de luz día (%)
Cielo nublado 11:00am	11.000	4,34	0,5	0,05	0,01	0,00	1404,54	162	14,59	1,68	1,47

Tomado de: Fuente propia

La última prueba realizada el día 27 de noviembre del 2018 on cielo nublado a 11.000 lux, donde el prototipo maneja la película, y el e espacio estudiado es el crítico se genera un promedio de mejora del 69,13 ante el diagnostico base, cumpliendo con los criterios de confort para las actividades en un estado medio y donde la luz externa dentro del lugar se encuentra en el promedio de 1% al 2% el cual es un factor del 1005 de mejora sobre el diagnóstico base.

Observaciones

1. Es importante determinar en qué condiciones climáticas puede funcionar bien el Ecorefractor dado el factor clima, pues el desarrollo del prototipo se implementó bajo pruebas de sol y radiaciones de la ciudad de Bogotá.
2. Existen limitaciones en cuanto a la instalación en diferentes cubiertas, pues se contempló dentro de la cubierta del caso de estudio, correspondiente a caracterización liviana.
3. Contemplar la posibilidad para el uso de edificios del sector industrial, comercial y en edificaciones de continua luz diurna,
4. El prototipo causa un punto específico brillante dada la redirección de la luz solar, se recomienda buscar una forma de refractar la luz solar de forma adecuada dentro del espacio arquitectónico.
5. El prototipo causa un punto incandescencia dependiendo el factor radiante del estado del clima, esto a falta de la técnica para dispersar la luz de forma correcta específico.
6. Bajo el conjunto de acciones para gestionar la eficiencia energética residencial el Ecorefractor asegura suministro lumínico generando el confort establecido para desarrollar las debidas actividades dentro de los espacios arquitectónicos de una vivienda.
7. Ante la demanda lumínica el Ecorefractor se proyecta como una solución para los estratos 1, 2 y 3 los cuales por últimas cifras del DANE se establece ser los mayores consumidores de energía dado el presupuesto para comprar dispositivos de eficiencia energética.
8. El Ecorefractor no satisface el total de la demanda eléctrica lumínica actual para el sector residencial sin embargo, genera cambios en el consumo y

proporciona un ahorro porcentual bastante considerable en las viviendas de Colombia, el cual corresponde a más del 50% del sector residencial actual.

9. La implementación del ecorefractor cumple con los niveles mínimos de confort para realizar las actividades correspondientes de un uso residencial en el transcurso de las 8:00am a las 4:00pm.

10. Para clima nublado, con un factor día como el de Bogotá se recomienda el implemento de dos eco refractores por espacio para satisfacer los índices confort.

11. Debido a que el sector residencial se localiza el tercer lugar de consumo energético y en el primer lugar de consumo de la energía eléctrica, y en relación con factores como; la estratificación de grado dos el cual es el nivel socio económico con mayor suscriptores en el servicio de energía eléctrica, la energía eléctrica es el servicio más implementado en las viviendas colombianas, la clasificación de casas en el sector residencial es el más alto, y el porcentual lumínico sobre todos estos factores, se concluye que el implemento del Ecorefractor es una estrategia para:

- Darle posibilidad al estrato bajo de implementar sistemas o equipos eficientes, para abastecer uno de los principales consumos dentro del sector residencial correspondiente a la iluminación de los espacios.
- La disminución del consumo energético beneficiando el impacto ambiental, satisfaciendo la demanda eléctrica, generando diversidad en el mercado constructor para viviendas sostenibles, y el objetivo principal el disminuir los costos.

Conclusiones

La necesidad de generar nuevas formas para articular una construcción sostenible, se evidencia ante los elevados consumos energéticos y el impacto ambiental que se está causando, de esta forma el generar diversidad en el mercado para el abastecimiento de los diferentes factores de habitabilidad con un nivel de confort eficiente es una responsabilidad que los profesionales en el ámbito de la construcción tenemos, por esto se proyecta el abastecimiento de luz natural en los espacios arquitectónicos como una forma de continuar las investigaciones técnicas en un modelo de luz natural para la iluminación interior, investigando los diversos factores a los cuales se tiene que enfrentar para satisfacer la demanda de forma eficiente, el confort lumínico y la eficiencia productiva económica, pues al ser abastecido por un recurso natural, hay que determinar factores principalmente ambientales para generar la eficiencia y aplicabilidad del prototipo.

En futuros desarrollos de investigación, sería importante establecer qué aspectos resultan de mayor relevancia para los usuarios al momento de decidir la compra e instalación de un sistema de transporte de luz, posibilitando a través de un estudio de estas características, determinar las variables que requieren mayores grados de innovación y desarrollo para una comercialización exitosa.

Referencia bibliográfica.

- ACOLGEN . (2018). *Asociacion Colombiana De Generadores De Energia Electrica*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2018, de Como funciona el sistema electrico nacional. : <https://bit.ly/2BEJqj>
- Alcaldia Mayor De Bogota . (2003). *Manual unico de alumbrado publico* . Bogota : MINMINAS.
- Comite Nacional CN. (2018). *Comision Internacional De La Iluminacion CIE*. Recuperado el 22 de 10 de 2018, de Informes tecnicos : <http://www.cie.co.at/publications/technical-reports>
- Congreso de Colombia. (13 de Mayo de 2014). *Ministerio de minas y energia*. Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de Documentos PDF: shorturl.at/blvz0
- Consejo directivo UPME. (16 de 11 de 2018). *SIMEC*. Recuperado el 18 de 11 de 18, de Sistema de informacion electrico Colombiano: <http://www.siel.gov.co/>
- Consejo directivo UPME. (16 de 11 de 2018). *Unidad de planeacion minero energetica*. Recuperado el 16 de 11 de 2018, de Demanda y eficiencia energetica: <http://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>
- CREG. (2018). *Comision de regulacion de energia y gas*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2018, de Estructura tarifa : shorturl.at/giw25
- DANE. (6 de Noviembre de 2018). Boletin tecnico . *Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV)*.
- Departamento Nacional de Planeacion. (Enero de 2017). *Energy Demand Situation In Colombia*. (W. B. Group, Ed.) Recuperado el 10 de 10 de 2018, de Enersinc: shorturl.at/hzQVZ
- Enel- CODENSA. (2017). Nuevos valores del kilovatio en Colombia. Bogota., Cundinamarca., Colombia.
- Enel Codensa. (Octubre de 2018). *Tarifas de energía Enel-Codensa*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de Documentos : <https://goo.gl/XVCd6B>
- Liter of light. (1013). *UN litro de luz* . Recuperado el 29 de noviembre de 2018, de www.literoflight.org
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible . (03 de Agosto de 2016). *Reglamentos tecnicos*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2018, de Resolucion 1283: shorturl.at/gU158
- Ministerio de Minas y Energia. (2010). *Reglamento tecnico de iluminacion y alumbrado publico* . Bogota : UPME.
- Ministerio de minas y energia. (30 de Agosto de 2013). *RETIE RESOLUCIÓN 9 0708* . Recuperado el 16 de Noviembre de 2018, de Reglamento tecnico de instalaciones electricas: shorturl.at/IDG13
- Ministerio de minas y energia. (16 de 11 de 2018). *MINMIINAS*. Recuperado el 16 de 11 de 2018, de <https://www.minminas.gov.co/inicio>
- MINMINAS, & UPME. (Diciembre de 2016). *Plan de accion indicativo de eficiencia energetica.PAI PROURE 2017-2022*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2018, de Informes: http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf

- Ramos, J. L., Abello Llanos, R., Amar, A. J., Granados Melendez, A. L., & Roa Varelo, A. (2015). *GIRAVERDE* (Vol. guía pedagógica docente para el uso racional y eficiente de la energía). (J. Gutierrez, Ed.) Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Solatube. (2017). *Residencial Daylighting* . Recuperado el 27 de noviembre de 2018, de <http://www.solatube.com/>
- SOLATUBE INTERNATIONAL, INC. (2013). *SOLATUBE*. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de Acerca de: <http://www.solatube.com/about-solatube>
- UPME. (2017). *Información en cifras*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de Distribucion del consumo y producción de la energía : <http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Paginas/PETROLEO.aspx>
- UPME, & MINMINAS. (2018). *Proyección de Demanda de Energía Eléctrica Y Potencia máxima en Colombia*. Bogota: Construyendo país.
- XM. (Enero de 2018). *Demanda de electricidad*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2018, de Informe de operación del SIN ya administración del mercado 2017: <https://bit.ly/2raJfpU>