

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan finalidad académica, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

**Estrategias para la Rehabilitación de la Envolvente del Edificio Fray Angélico para la
Mejora del Confort Térmico para Clima Cálido Húmedo**

Nathalia Andrea Sarmiento Matera

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecto

Director

Sergio Tapias Uribe

Master en Arquitectura y Urbanismo Bioclimático y Sostenibilidad

Codirector

Ximena Amaya Guio

Arquitecta

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y arquitectura

Facultad de Arquitectura

2021

Contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 23 |
| 1. Estrategias para la Rehabilitación de la Envolvente del Edificio Fray Angélico para la Mejora del Confort Térmico para Clima Cálido Húmedo..... | 24 |
| 1.1 Planteamiento del Problema..... | 24 |
| 1.1.1 Pregunta de la Investigación | 25 |
| 1.2 Objetivos | 25 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 25 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 25 |
| 1.3 Justificación..... | 26 |
| 1.4 Metodología | 27 |
| 1.4.1 Descripción de las Fases | 27 |
| 2. Fase Preliminar | 29 |
| 2.1 Marco Referencial | 29 |
| 2.2 Marco Teórico Conceptual..... | 31 |
| 2.3 Marco Normativo | 33 |
| 2.3.1 ASHRAE 55..... | 33 |
| 2.3.2 Anexo 1: Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones | 33 |
| 3. Fase I: Caracterización Climática..... | 34 |
| 3.1 Condiciones Iniciales | 34 |
| 3.1.1 Localización..... | 34 |
| 3.1.2 Análisis Fotográfico del Entorno..... | 39 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2 | Condiciones Climáticas..... | 40 |
| 3.2.1 | Determinantes Generales | 40 |
| 3.2.2 | Análisis de la Orientación..... | 41 |
| 3.2.3 | Fachadas con Mayor Afectación Solar | 50 |
| 3.3 | Datos Climáticos IDEAM | 52 |
| 3.3.1 | Temperatura | 52 |
| 3.3.2 | Radiación Solar..... | 54 |
| 3.3.3 | Humedad relativa | 56 |
| 3.3.4 | Velocidad de Vientos | 58 |
| 3.3.5 | Dirección de Vientos..... | 60 |
| 3.3.6 | Precipitación | 61 |
| 3.4 | Datos Climáticos IN SITU | 62 |
| 3.4.1 | Temperatura | 66 |
| 3.4.2 | Humedad Relativa..... | 68 |
| 3.4.3 | Precipitación | 70 |
| 3.5 | Recopilación de Datos Climáticos | 72 |
| 3.5.1 | Recopilaciones Variables de Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación..... | 73 |
| 3.6 | Conclusiones | 75 |
| 4. | Fase II: Creación de Fichero Bioclimático | 76 |
| 4.1 | Creación de Base de Datos Calibrable | 76 |
| 4.2 | Configuración de Archivo de Simulación..... | 76 |
| 4.2.1 | Verificación y Exportación a Través de Elements..... | 76 |
| 4.2.2 | Exportar Archivo A Design Builder | 77 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5. | Fase III: Caracterización de la Envolvente – Estado Actual | 78 |
| 5.1 | Análisis de la Planimetría..... | 78 |
| 5.1.1 | Plantas..... | 80 |
| 5.1.2 | Cortes | 87 |
| 5.1.3 | Detalles Constructivos | 88 |
| 5.2 | Identificación de la Envolvente..... | 95 |
| 5.2.1 | Composición de las Fachadas | 96 |
| 5.3 | Conclusiones | 106 |
| 6. | Fase IV: Análisis del Confort – Estado actual..... | 107 |
| 6.1 | Cálculo de Indicadores PPD y PMV | 107 |
| 6.2 | Simulación Confort | 109 |
| 6.3 | Simulación Ventilación natural..... | 111 |
| 6.3.1 | Simulación Ventilación natural Salón 601 – Fachada sur | 111 |
| 6.3.3 | Simulación Ventilación natural salón 610 – Fachada este..... | 112 |
| 6.3.4 | Simulación Ventilación natural salón 613 – Fachada norte..... | 113 |
| 6.4 | Conclusiones | 114 |
| 7. | Fase V: Lineamientos de Diseño Bioclimático | 115 |
| 7.1 | Diagrama Psicométrico | 116 |
| 7.1.1 | Estrategias Bioclimáticas Pertinentes según el Clima Cálido Húmedo..... | 116 |
| 7.2 | Conclusiones | 121 |
| 8. | Fase VI: Desarrollo Propuesta – Envolvente Fray Angélico..... | 122 |
| 8.1 | Planimetría | 123 |
| 8.1.1 | Planta Entorno..... | 124 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 8.1.2 | Planta Sexto Piso..... | 125 |
| 8.1.3 | Gráfica de Vientos y Radiación – Planta Sexto Piso | 126 |
| 8.1.4 | Planta Sexto Piso, Ubicación de Tubos Solares..... | 127 |
| 8.1.5 | Planta de Cubierta – Propuesta | 128 |
| 8.2 | Cortes | 128 |
| 8.2.1 | Corte Fachada Norte sur | 129 |
| 8.2.2 | Corte Fachada Este Oeste | 129 |
| 8.2.3 | Corte Comportamiento Estrategias | 130 |
| 8.3 | Detalles Constructivos..... | 130 |
| 8.3.1 | Fachada Este | 131 |
| 8.3.2 | Fachada Oeste | 133 |
| 8.3.3 | Fachada Norte | 135 |
| 8.3.4 | Fachada Sur..... | 137 |
| 8.4 | Planteamiento de Estrategias por Fachada..... | 139 |
| 8.4.1 | Composición de Fachadas..... | 140 |
| 8.4.2 | Cerramiento..... | 145 |
| 8.4.3 | Materiales..... | 148 |
| 8.5 | Análisis estructural..... | 158 |
| 8.6 | Renders..... | 161 |
| 8.7 | Confort térmico | 164 |
| 8.7.1 | Salón 601 | 164 |
| 8.7.2 | Salón 605 | 165 |
| 8.7.3 | Salón 610 | 166 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 8.7.4 | Salón 613 | 167 |
| 8.8 | Simulación ventilación natural..... | 168 |
| 8.9 | Conclusiones | 171 |
| 9. | Fase VI: Comparación de simulaciones estado actual y propuesta..... | 172 |
| 10. | Conclusiones | 181 |
| | Referencias..... | 184 |
| | Apéndices..... | 186 |
| | Apéndice I. Iluminación natural | 186 |

Lista de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. <i>Comparación de estrategias bioclimáticas en Europa, América Latina y Colombia ...</i> | 30 |
| Tabla 2. <i>Ubicación detallada de Floridablanca</i> | 40 |
| Tabla 3. <i>Recopilación temperatura promedio compilado suministrada por el IDEAM.....</i> | 52 |
| Tabla 4. <i>Recopilación radiación solar promedio compilado suministrada por el IDEAM.....</i> | 54 |
| Tabla 5. <i>Recopilación humedad relativa año 2014 suministrada por el IDEAM.....</i> | 57 |
| Tabla 6. <i>Velocidad de vientos promedio compilado suministrada por el IDEAM</i> | 59 |
| Tabla 7. <i>Precipitación promedio compilado suministrada por el IDEAM.....</i> | 61 |
| Tabla 8. <i>Temperatura promedio compilado suministrada por mediciones IN SITU</i> | 67 |
| Tabla 9. <i>Humedad relativa promedio compilado suministrada por mediciones IN SITU</i> | 69 |
| Tabla 10. <i>Precipitación promedio compilado suministrada por mediciones IN SITU.....</i> | 71 |
| Tabla 11. <i>Descripción y valor u de los materiales</i> | 102 |
| Tabla 12. <i>Composición fachada Norte</i> | 102 |
| Tabla 13. <i>Composición para fachada Este</i> | 103 |
| Tabla 14. <i>Composición fachada Sur.....</i> | 104 |
| Tabla 15. <i>Composición fachada Oeste</i> | 105 |
| Tabla 16. <i>Tabla comparativa confort térmico fachadas sur - norte.....</i> | 109 |
| Tabla 17. <i>Tabla comparativa confort térmico fachadas este - oeste.....</i> | 110 |
| Tabla 18 <i>Resumen de Cumplimiento Normativa ASHRAE 62.1</i> | 113 |
| Tabla 19. <i>Tabla de materiales usados en las fachadas del edificio Cálculo de valor U.....</i> | 148 |
| Tabla 20. <i>Comparación resultados de confort térmico Fachada sur salón 601</i> | 173 |
| Tabla 21. <i>Comparación resultados de confort térmico Fachada oeste salón 605</i> | 175 |
| Tabla 22. <i>Comparación resultados de confort térmico Fachada Norte salón 610</i> | 177 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 23. <i>Comparación resultados de confort térmico Fachada Este salón 613.....</i> | 179 |
| Tabla 24. <i>Análisis de porcentajes para suficiencia de confort</i> | 186 |
| Tabla 25. <i>Análisis de porcentajes para suficiencia de confort</i> | 186 |
| Tabla 26. <i>Análisis de porcentajes para suficiencia de confort</i> | 187 |
| Tabla 27. <i>Análisis de porcentajes para suficiencia de confort</i> | 188 |
| Tabla 28. <i>Análisis de porcentajes para suficiencia de confort</i> | 189 |
| Tabla 29. <i>Análisis de porcentajes para suficiencia de confort</i> | 189 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Diagrama metodología</i> | 27 |
| Figura 2. <i>Demanda energética proyectada América Latina y total de países en desarrollo</i> | 31 |
| Figura 3. <i>Referencias principales de Marco teórico conceptual</i> | 32 |
| Figura 4. <i>Marco teórico</i> | 32 |
| Figura 5. <i>ASHRAE 55, Índice normativo</i> | 33 |
| Figura 6. <i>Anexo1: Guía de construcción sostenible, índice normativo</i> | 33 |
| Figura 7. <i>Diagrama de Fase 1</i> | 34 |
| Figura 8. <i>Plano barrial de la localización del proyecto Universidad Santo Tomás.</i> | 35 |
| Figura 9. <i>Plano lote de la localización del proyecto, Universidad Santo Tomás de Bucaramanga</i> | 36 |
| Figura 10. <i>Plano lote de la localización del proyecto, Universidad Santo Tomás de Bucaramanga.</i> <i>Zonificación estado actual del entorno</i> | 37 |
| Figura 11. <i>Corte longitudinal Edificio Fray Angélico, Universidad Santo Tomás de Bucaramanga</i> | 38 |
| Figura 12. <i>Cafetería Fray Angélico</i> | 39 |
| Figura 13. <i>Acceso posterior doble altura</i> | 39 |
| Figura 14 <i>Rosa de los vientos</i> | 42 |
| Figura 15. <i>Diagrama estereográfico de Floridablanca Santander, elaborado en Ecotect Analysis</i> | 42 |
| Figura 16. <i>Ángulo solar para el mes de marzo</i> | 43 |
| Figura 17. <i>Ángulo solar para el mes de junio</i> | 44 |
| Figura 18. <i>Diagrama estereográfico del sol en marzo a las 9:00am</i> | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 19. <i>Comportamiento del sol en marzo a las 9:00am</i> | 45 |
| Figura 20. <i>Diagrama estereográfico del sol en marzo a las 3:00pm</i> | 46 |
| Figura 21. <i>Comportamiento del sol en enero a las 3:00pm</i> | 46 |
| Figura 22. <i>Diagrama estereográfico del sol en junio a las 9:00am</i> | 47 |
| Figura 23. <i>Comportamiento del sol en junio a las 9:00am</i> | 47 |
| Figura 24. <i>Diagrama estereográfico del sol en junio a las 12:00m</i> | 48 |
| Figura 25. <i>Comportamiento del sol en junio a las 12:00m</i> | 48 |
| Figura 26. <i>Diagrama estereográfico del sol en junio a las 3:00pm, en el programa PD:3D</i> | 49 |
| Figura 27. <i>Comportamiento del sol en junio a las 3:00pm</i> | 49 |
| Figura 28. <i>Identificación de fachadas expuestas a la radiación solar</i> | 50 |
| Figura 29. <i>Identificación de fachadas expuestas a la radiación solar directa</i> | 51 |
| Figura 30. <i>Recopilación temperatura comparativa</i> | 53 |
| Figura 31. <i>Recopilación temperatura comparativa, senoide 3D elaborado en Ecotect Analysis</i> | 53 |
| Figura 32. <i>Recopilación radiación solar comparativa</i> | 55 |
| Figura 33. <i>Recopilación radiación solar comparativa, senoide 3D elaborado en Ecotect Analysis</i> | 55 |
| Figura 34. <i>Recopilación radiación solar comparativa, grafico horario elaborado en Ecotect Analysis</i> | 56 |
| Figura 35. <i>Recopilación Humedad relativa comparativa</i> | 58 |
| Figura 36. <i>Recopilación humedad relativa, senoide 3D elaborado en Ecotect Analysis</i> | 58 |
| Figura 37. <i>Recopilación velocidad de los vientos</i> | 60 |
| Figura 38. <i>Recopilación dirección de los vientos, elaborado en Ecotect Analysis</i> | 60 |

| | |
|--|----|
| Figura 39. <i>Recopilación de precipitación</i> | 62 |
| Figura 40 <i>Linkit ONE y Sensor de temperatura y humedad</i> | 63 |
| Figura 41 <i>Caja con las aperturas para los cables y adhesión del vidrio para cubrir los sensores</i> | 63 |
| Figura 42 <i>Disposición de Interruptores en la placa</i> | 64 |
| Figura 43 <i>Ensamblaje de las placas LinKit ONE y Base Shield</i> | 64 |
| Figura 44 <i>Conexión del Sensor de Luz Solar y Conexión del sensor de Temperatura DHT11</i> ... | 65 |
| Figura 45. <i>Instalación de nodo en el punto de medición, fachada del Fray Angélico</i> | 65 |
| Figura 46. <i>Ubicación de cucarrones en las fachadas del Fray Angélico</i> | 66 |
| Figura 47. <i>Temperatura de promedio compilado</i> | 67 |
| Figura 48. <i>Temperatura de promedio compilado, senoide 3D elaborado en Ecotect Analysis</i> 68 | |
| Figura 49. <i>Humedad relativa de promedio compilado</i> | 69 |
| Figura 50. <i>Humedad relativa de promedio compilado, senoide 3D elaborado en Ecotect Analysis</i> | 70 |
| Figura 51. <i>Precipitación promedio compilado</i> | 71 |
| Figura 52. <i>Precipitación promedio compilado, elaborado en Ecotect Analysis</i> | 72 |
| Figura 53. <i>Tabulación de datos de temperatura en Excel</i> | 73 |
| Figura 54. <i>Promedio anual de Temperatura</i> | 74 |
| Figura 55. <i>Elaboración de EPW en Weather Tool</i> | 74 |
| Figura 56. <i>Proceso desarrollo fase II</i> | 76 |
| Figura 57. <i>Análisis de la Tabulación en el Programa Elements</i> | 76 |
| Figura 58. <i>Weather Data fichero bioclimático Climate Consultant</i> | 77 |
| Figura 59. <i>Análisis de plantas edificio Fray Angélico</i> | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura 60. <i>Distribución de espacios en la planta 5</i> | 80 |
| Figura 61. <i>Vista a salones de fachada norte</i> | 81 |
| Figura 62. <i>Vista a salones del interior</i> | 82 |
| Figura 63. <i>Áreas de esparcimiento planta 6</i> | 82 |
| Figura 64. <i>Análisis estructural de la planta, distribución de columnas Piso 2, Fray Angélico</i> .. | 83 |
| Figura 65. <i>Localización de implantación de cubierta con estructura metálica</i> | 84 |
| Figura 66. <i>Fotografía de la estructura sexto piso</i> | 85 |
| Figura 67. <i>Fotografía de la estructura sexto piso</i> | 85 |
| Figura 68. <i>Fotografía de la estructura sexto piso</i> | 86 |
| Figura 69 <i>Vista a salones de fachada norte</i> | 86 |
| Figura 70. <i>Corte fachadas Norte – Sur</i> | 87 |
| Figura 71. <i>Cortes fachadas Este - Oeste</i> | 87 |
| Figura 72. <i>Ubicación detalles constructivos en Planta</i> | 88 |
| Figura 73. <i>Detalle constructivo fachada Oeste</i> | 89 |
| Figura 74. <i>Detalle constructivo fachada sur</i> | 90 |
| Figura 75. <i>Detalle ampliado constructivo fachada sur</i> | 91 |
| Figura 76. <i>Detalle constructivo fachada este</i> | 92 |
| Figura 77. <i>Detalle ampliado constructivo fachada este</i> | 93 |
| Figura 78. <i>Detalle constructivo fachada norte</i> | 94 |
| Figura 79. <i>Detalle constructivo fachada de cubierta</i> | 95 |
| Figura 80. <i>Fachada sur</i> | 96 |
| Figura 81. <i>Fachada oeste</i> | 97 |
| Figura 82. <i>Fachada norte</i> | 98 |

| | |
|--|-----|
| REHABILITACIÓN ENVOLVENTE EDIFICIO FRAY ANGÉLICO | 14 |
| Figura 83. <i>Fachada este</i> | 99 |
| Figura 84. <i>Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Norte</i> | 100 |
| Figura 85. <i>Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Este</i> | 100 |
| Figura 86. <i>Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Sur</i> | 101 |
| Figura 87. <i>Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Oeste</i> | 101 |
| Figura 88. <i>Porcentaje muro para fachada Norte</i> | 103 |
| Figura 89. <i>Porcentaje de muro para fachada Este</i> | 104 |
| Figura 90. <i>Porcentaje de muro para fachada Sur</i> | 105 |
| Figura 91. <i>Porcentaje de muro fachada Oeste</i> | 106 |
| Figura 92. <i>Desarrollo fase IV</i> | 107 |
| Figura 93. <i>Promedio mensual diurno PMV</i> | 108 |
| Figura 94. <i>Rangos de temperatura PMV</i> | 108 |
| Figura 95 <i>Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1</i> | 111 |
| Figura 96 <i>Simulación ventana exterior fachada sur del salón 601</i> | 111 |
| Figura 97 <i>Simulación ventana exterior fachada oeste del salón 605</i> | 112 |
| Figura 98 <i>Simulación ventana exterior fachada este del salón 610</i> | 112 |
| Figura 99 <i>Simulación ventana exterior fachada norte del salón 613</i> | 113 |
| Figura 100. <i>Composición de pasos en Fase III</i> | 115 |
| Figura 101. <i>Representación de diagrama psicométrico, rangos mensuales</i> | 116 |
| Figura 102. <i>Representación gráfica de ventilación cruzada en un espacio interior</i> | 117 |
| Figura 103. <i>Características principales de la ventilación natural</i> | 117 |
| Figura 104. <i>Representación gráfica de chimenea solar y extracción del aire en el espacio interior</i> | 118 |

| | |
|---|-----|
| Figura 105. <i>Representación gráfica de enfriamiento por evaporación</i> | 119 |
| Figura 106. <i>Detalle constructivo estrategia de aislamientos en inercia – masa térmica</i> | 120 |
| Figura 107. <i>Detalle constructivo estrategia de aislamientos en inercia – masa térmica</i> | 120 |
| Figura 108. <i>Detalle constructivo estrategia de aislamientos en inercia – masa térmica</i> | 121 |
| Figura 109. <i>Pasos de FASE VI</i> | 122 |
| Figura 110. <i>Análisis de plantas para la propuesta de mejora</i> | 123 |
| Figura 111. <i>Condiciones del entorno</i> | 124 |
| Figura 112. <i>Planta arquitectónica piso 6 con modificaciones</i> | 125 |
| Figura 113. <i>Planta arquitectónica piso 6 con modificaciones</i> | 126 |
| Figura 114. <i>Ubicación de tubos solares en la planta del piso 6</i> | 127 |
| Figura 115. <i>Planta arquitectónica piso 6 con modificaciones</i> | 128 |
| Figura 116. <i>Corte Fachada Norte sur</i> | 129 |
| Figura 117. <i>Corte Fachada Este Oeste</i> | 129 |
| Figura 118. <i>Corte de función de estrategias aplicadas</i> | 130 |
| Figura 119. <i>Detalle constructivo fachada este</i> | 131 |
| Figura 120. <i>Detalle constructivo fachada este- ampliado</i> | 132 |
| Figura 121. <i>Detalle constructivo fachada oeste</i> | 133 |
| Figura 122. <i>Detalle constructivo fachada oeste ampliado</i> | 134 |
| Figura 123. <i>Detalle constructivo fachada Norte</i> | 135 |
| Figura 124. <i>Detalle constructivo fachada norte ampliado</i> | 136 |
| Figura 125. <i>Detalle constructivo fachada Sur</i> | 137 |
| Figura 126. <i>Detalle constructivo fachada Sur ampliado</i> | 138 |
| Figura 127. <i>Render isométrica propuesta del Fray Angélico</i> | 139 |

| | |
|--|-----|
| Figura 128. <i>Render fachada sur - elementos de fachada</i> | 141 |
| Figura 129. <i>Perspectiva Isométrica de fachada norte - oeste</i> | 142 |
| Figura 130. <i>Isométrica de fachada este</i> | 143 |
| Figura 131. <i>Detalle de ampliación en carpintería de fachada este</i> | 143 |
| Figura 132. <i>Isométrica de fachada oeste</i> | 144 |
| Figura 133. <i>Detalle de aleros en fachada oeste</i> | 144 |
| Figura 134. <i>Acristalamiento de fachada oeste</i> | 145 |
| Figura 135. <i>Acristalamiento de fachada este</i> | 146 |
| Figura 136. <i>Acristalamiento de fachada norte</i> | 147 |
| Figura 137. <i>Acristalamiento de fachada norte</i> | 148 |
| Figura 138. <i>Porcentaje de concreto en fachada oeste</i> | 150 |
| Figura 139. <i>Porcentaje de pintura en fachada oeste</i> | 150 |
| Figura 140. <i>Porcentaje de estrategias en fachada oeste</i> | 151 |
| Figura 141. <i>Porcentaje de estrategias en fachada oeste</i> | 151 |
| Figura 142. <i>Porcentaje de concreto en fachada este</i> | 152 |
| Figura 143. <i>Porcentaje de pinturas en fachada este</i> | 152 |
| Figura 144. <i>Porcentaje de estrategias en fachada este</i> | 153 |
| Figura 145. <i>Porcentaje de hueco en fachada este</i> | 153 |
| Figura 146. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 154 |
| Figura 147. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 154 |
| Figura 148. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 155 |
| Figura 149. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 155 |
| Figura 150. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 156 |

| | |
|--|-----|
| Figura 151. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 156 |
| Figura 152. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 157 |
| Figura 153. <i>Porcentaje de concreto en fachada norte</i> | 157 |
| Figura 154. <i>Perspectiva interna del edificio a cubierta</i> | 158 |
| Figura 155. <i>Visión a exterior desde planta 6 a fachada sur</i> | 159 |
| Figura 156. <i>Fotografía de vacío (ojo) del edificio de la entrada principal</i> | 161 |
| Figura 157. <i>Fotografía de vacío (ojo) vista desde la planta 6 al exterior</i> | 161 |
| Figura 158. <i>Fotografía de vacío (ojo) vista desde la planta 5 al interior</i> | 162 |
| Figura 159. <i>Fotografía de vacío (ojo) vista desde la planta 5</i> | 162 |
| Figura 160. <i>Ubicación de vacíos en planta</i> | 163 |
| Figura 161. <i>Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 601</i> | 164 |
| Figura 162. <i>Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 605</i> | 165 |
| Figura 163. <i>Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 605</i> | 166 |
| Figura 164. <i>Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 605</i> | 167 |
| Figura 165 <i>Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1</i> | 168 |
| Figura 166 <i>Simulación ventana exterior fachada sur del salón 601</i> | 168 |
| Figura 167 <i>Simulación ventana exterior fachada sur del salón 605</i> | 168 |
| Figura 168 <i>Simulación ventana 1 exterior fachada sur del salón 610</i> | 169 |
| Figura 169 <i>Simulación ventana 2 exterior fachada sur del salón 610</i> | 169 |
| Figura 170 <i>Simulación ventana 2 exterior fachada sur del salón 613</i> | 170 |
| Figura 171 <i>Simulación ventana 2 exterior fachada sur del salón 613</i> | 170 |
| Figura 172. <i>Pasos de fase VI</i> | 172 |
| Figura 173. <i>Simulación iluminación natural en la Planta 1 del edificio Fray Angélico</i> | 186 |

| | |
|--|-----|
| Figura 174. <i>Simulación iluminación natural en la Planta 3 del edificio Fray Angélico</i> | 187 |
| Figura 175. <i>Simulación iluminación natural planta 6 – Estado actual</i> | 188 |
| Figura 176. <i>Simulación cálculo CFD (ventilación natural) en la Planta 1 del edificio Fray Angélico</i> | 189 |
| Figura 177. <i>Simulación cálculo CFD (ventilación natural) en la Planta 3 del edificio Fray Angélico</i> | 190 |
| Figura 178. <i>Simulación cálculo CFD (ventilación natural) en la Planta 6 del edificio Fray Angélico</i> | 191 |

Lista de Apéndices

Apéndice A. Fachada Norte actual

Apéndice B. Fachada Este actual

Apéndice C. Fachada Sur actual

Apéndice D. Fachada Oeste actual

Apéndice E. Fachada Norte propuesta

Apéndice F. Fachada Este propuesta

Apéndice G. Fachada Sur propuesta

Apéndice H. Fachada Oeste propuesta

Apéndice I. Iluminación natural.....181

Nota: los apéndices listados sin número de página corresponden a archivos externos.

Resumen

Una de las principales variables que influyen en el rendimiento de las personas en una determinada edificación, es el clima. Dependiendo de él, se maneja el confort total del cual se desprenden diversos factores, como: calidad del ambiente térmico, del aire, del ambiente acústico y del ambiente luminoso, permitiendo que estos componentes tengan una conexión entre sí para un confort total. Para esto, se establece un control y un orden sistemático, donde se implica la participación de diferentes disciplinas.

La influencia del clima en los criterios constructivos contempla la necesidad de implementar técnicas y un proceso de análisis para determinar la calidad del ambiente total, se tiene en cuenta el manejo adecuado de materiales, perforaciones en las paredes e incluso el correcto uso de cristales, estos pueden asistir a todos los problemas del confort del usuario, dando importancia a la influencia de las condiciones en el espacio interior.

El análisis de esta investigación se basa en lograr una buena determinación estadística, de un confort total de los usuarios en las edificaciones de carácter educacional, teniendo en cuenta no solo la calidad del ambiente, sino también sus hábitos, estrés, condición social, nivel cultural e incluso, criterios subjetivos debidos a diferencias de sensibilidad entre individuos.

Palabras clave: metodología, lineamientos, bioclimática, edificios, envolventes.

Abstract

One of the main variables that influence the performance of people in each building is the climate. Depending on it, the total comfort is managed from which several factors arise, such as: quality of the thermal environment, air, acoustic environment and light environment, allowing these components to have a connection between them for a total comfort. For this, a systematic control and order is established, where the participation of different disciplines is involved.

The influence of climate on construction criteria contemplates the need to implement techniques and an analysis process to determine the quality of the total environment, taking into account the proper handling of materials, holes in the walls and even the correct use of glass, these can assist all the problems of user comfort, giving importance to the influence of conditions in the interior space.

The analysis of this research is based on achieving a good statistical determination, of a total comfort of the users in the buildings of educational character, taking into account not only the quality of the environment, but also their habits, stress, social condition, cultural level and even subjective criteria due to differences in sensitivity between individuals.

Key words: Energy rehabilitation, energy, methodology, lineaments, bioclimatic, buildings, energy saving, envelopes.

Glosario

Bioclimática: De acuerdo con el artículo de 2006 de arquitectura y salud, “La arquitectura bioclimática es el diseño y construcción de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas y medioambientales” (p.1).

Confort térmico: Regulación y equilibrio térmico en el organismo humano en un espacio ya sea interno u externo, dependiendo directamente de las condiciones climáticas del exterior.

Estrategias pasivas: Las estrategias pasivas de los diseños bioclimáticos en la arquitectura, se implementan con el objetivo de reducir el impacto ambiental, siendo parte de la construcción ecológica, ya que su función principal es adaptarse a las condiciones climáticas del lugar para aumentar el confort de los espacios internos aprovechando los recursos naturales.

Inercia térmica: Estrategias pasiva que involucra la utilización de materiales aislantes que permite el equilibrio de energía del exterior y el interior, funcionando como barrera durante el día contra el sobrecalentamiento del interior.

Lana mineral: Esta estructura permite obtener productos aislantes muy ligeros que, por su peculiar configuración, ofrecen elevados niveles de protección frente al calor, el ruido y el fuego. (Afelma, 2015, pág. 2)

Simulación energética: Permite diagnosticar el estado de confort, iluminación y ventilación natural, en edificios existentes, a través de las pérdidas de calor, fisuras, humedad o filtraciones de aire. (Green Group, 2010, Pág. 1).

Ventilación forzada: Esta estrategia hace parte de una de las aplicaciones más comunes en clima caliente, ya que a través de garantiza la calidad del aire interior para los usuarios a través de la evacuación de aire caliente al exterior de la edificación por medio de extracción.

Introducción

Los procesos industriales del sector de la construcción representan uno de los mayores porcentajes en la emisión de CO₂ anual por lo tanto, dentro de las problemáticas globales relacionadas con el cambio climático se establece la propuesta de la conservación de bienes comunes y se presenta como una de los principales objetivos a mejorar en la industria de la construcción, ya que rehabilitar un espacio arquitectónico hace parte de un análisis complejo y detallado de las diferentes patologías que representen el proyecto, incluyendo el aprovechamiento de los materiales, estructura existente, y potenciación con la conexión del entorno existente, para el aprovechamiento inmediato de los recursos naturales a la edificación.

El aumento de comportamientos irregulares en el clima y otros efectos colaterales del calentamiento global ha llevado a tomar acción en estrategias ambientales que aporten soluciones pertinentes al cuerpo político, entre ellas encontramos a la Unión Europea, con las alternativas en la disminución de gases de efecto invernadero con avances destacados en la tecnología eléctrica y aprovechamiento de los recursos naturales, implementando energía sustentable. En este caso se contribuye a la disminución de emisiones de gases por medio de la rehabilitación de las edificaciones.

El propósito principal de la investigación es proporcionar estrategias bioclimáticas pasivas, que permitan mejorar el confort de los usuarios dentro de los espacios arquitectónicos a través de la mejora de la envolvente. Este estudio se realiza a través de mediciones In Situ para conocer de forma detallada el comportamiento climático que afecta directamente el objeto, y así plantear las soluciones pertinentes.

1. Estrategias para la Rehabilitación de la Envolvente del Edificio Fray Angélico para la Mejora del Confort Térmico para Clima Cálido Húmedo

1.1 Planteamiento del Problema

La rehabilitación arquitectónica involucra la vida útil de un edificio limitada por la calidad y salubridad de los materiales que lo componen, y por el cambio del uso a través del tiempo, en mayor o menor medida de acuerdo al desgaste debido al tipo de comportamiento o adecuación. Asimismo, en los aspectos de la estabilidad y durabilidad del edificio, también influyen las condiciones iniciales en las que fue construido.

De esta manera, se considera que es de vital importancia reevaluar el concepto de rehabilitación arquitectónica, teniendo presente la idea de que no se requiere demoler una edificación para generar un proyecto, o darle un nuevo uso para aumentar el nivel de confort térmico de los usuarios en los espacios.

Esta problemática se ve reflejada en Colombia, a través de consecuencias negativas no solo en lo referente a la demolición sino el alto nivel de disconfort en el que habitan los usuarios de clima cálido húmedo, esto debido a que no se plantean los análisis climáticos ni las estrategias apropiadas en las edificaciones. Así, es válido cuestionarse, ¿qué pasaría si en lugar de llevar a cabo una demolición de los proyectos, se realizara una mejora de la envolvente?

Este planteamiento surge al observar la falta de confort de los usuarios del edificio Fray Angélico, ubicado en la Universidad Santo Tomás campus Floridablanca, durante las horas del día; planteándose así realizar una intervención de la fachada a través de medidas como el cambio de materiales, implementación de estrategias pasivas, análisis de conducción y puentes térmicos de los elementos exteriores.

1.1.1 Pregunta de la Investigación

¿Cuáles son las estrategias de carácter bioclimático y constructivo que podrían aplicarse a las edificaciones de carácter educacional para la mejora del confort térmico para clima cálido húmedo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar a través de lineamientos las estrategias de diseño bioclimático para la mejora de la envolvente del edificio Fray Angélico.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterización climática del edificio Fray Angélico a partir de la toma de datos en el monitoreo In Situ e IDEAM.
- Caracterización del fichero climático para el desarrollo de las simulaciones de confort térmico mediante software *Design Builder*.
- Caracterización de los materiales de la envolvente para el análisis del confort térmico del estado actual y cálculo de la transmitancia térmica
- Determinar los lineamientos bioclimáticos pasivos para la mejora de la envolvente y confort térmico.
- Elaboración de soluciones constructivas para la mejora de la envolvente y confort térmico.

1.3 Justificación

Teniendo en cuenta que el confort térmico es un recurso que siempre ha sido fundamental a la hora de proyectar un objeto arquitectónico, en este caso un edificio de carácter institucional, se enfrenta a la problemática de que este es uno de los tipos de edificaciones con mayores consumos de energía por la cantidad de usuarios que estos albergan, por lo tanto, la implementación de estas estrategias se hace necesario para aumentar de manera considerable el confort tanto de los estudiantes como del cuerpo administrativo.

Al realizar el estudio de caso, en donde se analizan los diferentes factores que pueden estar afectando el confort de los usuarios en la edificación y se determina un diagnóstico, la conclusión podría determinar si es viable o no una intervención en la edificación, resaltando los puntos a favor que se generaría al reducir el gasto de iluminación innecesaria en las horas del día, donde perfectamente se puede realizar el aprovechamiento de recursos naturales, como lo es la luz solar, el uso efectivo de la ventilación natural para impulsar y renovar el aire de los espacios, entre otros. Así, estos cambios en la edificación permitirían que los usuarios realizaran sus actividades académicas y laborales experimentando confort.

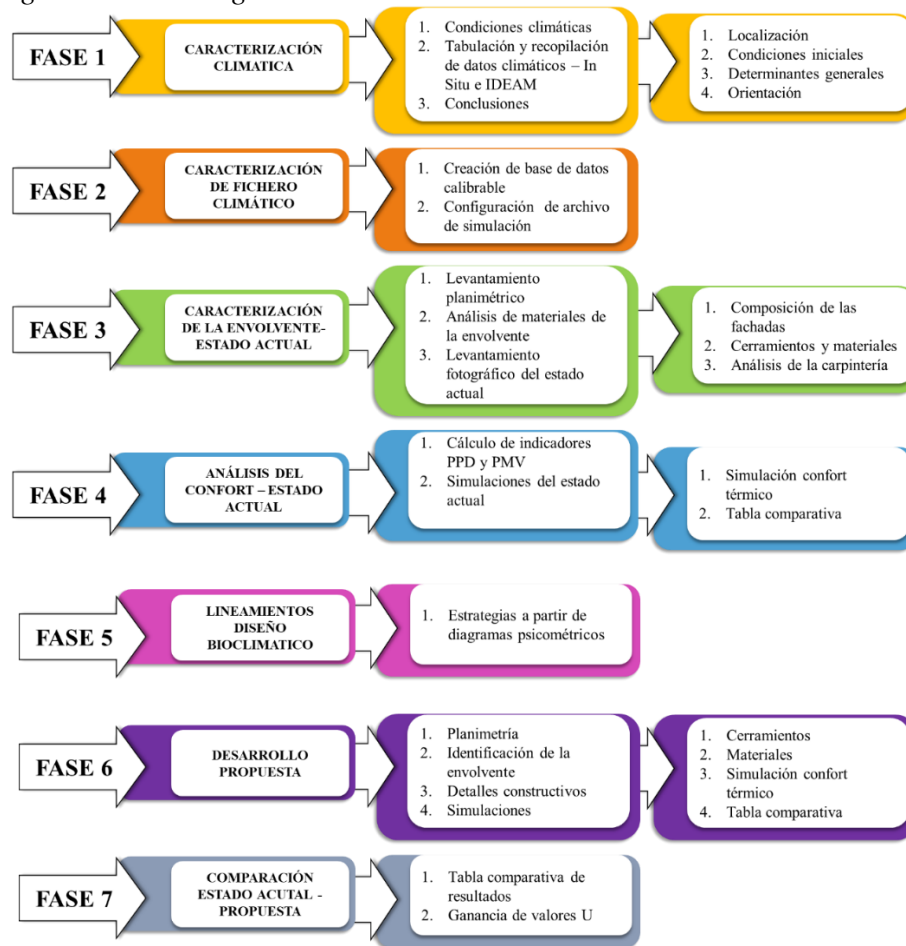
Sin embargo, en dado caso que el uso de las estrategias pasivas no sea óptimo para todos los espacios, se podría implementar las estrategias activas, apoyadas en fuentes de energía alternativa, como lo son los paneles solares o fotovoltaicos. De este modo, la institución podría contar con un confort adecuado, haciendo énfasis el aprovechamiento de recursos naturales y energía renovable, disminuyendo el costo del consumo energético.

Así, se establece una propuesta que impulsa la utilización de estrategias pasivas, aprovechando la caracterización climática y el entorno en el que se encuentra el edificio para que

pueda entrar en un estado de confort de manera pasiva; además, de ser utilizadas las estrategias activas, éstas se efectuarían a través del uso de energía renovable.

1.4 Metodología

Figura 1. Diagrama metodología



1.4.1 Descripción de las Fases

Fase I: Caracterización climática. Se realiza un análisis y estudio cuantitativo y detallado de todas las variables climáticas que influyen directamente en el desarrollo de la propuesta arquitectónica, con el objetivo de definir cuáles son las estrategias pasivas que más corresponden respecto al entorno y las condiciones climáticas de Floridablanca.

Conocer los factores climáticos permite visualizar el comportamiento de las variables y sus puntos más críticos. Para este proceso se toman bases de datos del IDEAM y mediciones In Situ obtenidas por el dispositivo de monitoreo instalado en las 4 fachadas del edificio.

Fase II: Creación de fichero bioclimático. La creación del fichero bioclimático se realiza a partir de la recopilación de las mediciones In Situ y del IDEAM, permitiendo la unificación de las variables en el rango del año 2010 al 2019, permitiendo ver de manera completa el comportamiento de cada una de ellas. Para el desarrollo o creación de este fichero se usan softwares como climate consultant para obtener el archivo de datos meteorológicos guardado en el formato estándar de EnergyPlus (EPW).

Fase III: Caracterización de la envolvente – Estado actual. Esta fase consiste en un profundo y acertado diagnóstico de las patologías, ya que a partir de esto se podrán completar las soluciones apropiadas según el diagnóstico de cada fachada. Al intervenir la envolvente de una edificación, se debe tener conocimiento de toda su composición, ya que cualquier cambio realizado afectará directa o indirectamente el confort de los usuarios. Para esto, se realiza el levantamiento de las fachadas y el estudio de los materiales que la componen.

Fase IV: Análisis del confort – Estado actual. Llevar a cabo el análisis del confort de los espacios internos en el estado actual permite visualizar de manera completa el porcentaje de satisfacción de los usuarios dentro de los espacios donde realizan sus actividades diarias, ya sean académicas o administrativas, para esto se manejan los indicadores PPD (porcentaje estimado de insatisfechos) y PMV (Voto medio estimado) que representan una evaluación del bienestar térmico.

Fase V: Lineamientos del diseño bioclimático. Se llevará a cabo el desarrollo del cálculo de estrategias de diseño bioclimático pasivo, partiendo del análisis de las fachadas realizadas en

las simulaciones de Fase IV, según la necesidad de cada una. El estudio y selección de estrategias bioclimáticas, se establece a partir de las soluciones arrojadas por el diagrama psicométrico de Givoni, el cuál estandariza unas propuestas a través del fichero bioclimático y las variables de este

Fase VI: Desarrollo de la propuesta. A partir de los lineamientos y estrategias arrojadas por el diagrama psicométrico, se identifican las intervenciones en cada fachada del edificio. Para el diseño de la propuesta se estudian los materiales adecuados para clima cálido húmedo y las soluciones pasivas pertinentes para el control de puentes térmicos. Como siguiente paso, se realizan las simulaciones de confort en el programa de *Design Builder*, esto evidencia el nuevo comportamiento de las estrategias en los salones escogidos para el análisis.

Fase VII: Comparación de simulaciones estado actual y propuesta. Se lleva a cabo unas tablas comparativas de los materiales y las simulaciones de confort que permiten el análisis del comportamiento del estado actual y de la propuesta, determinando así cual es la más pertinente para cada fachada.

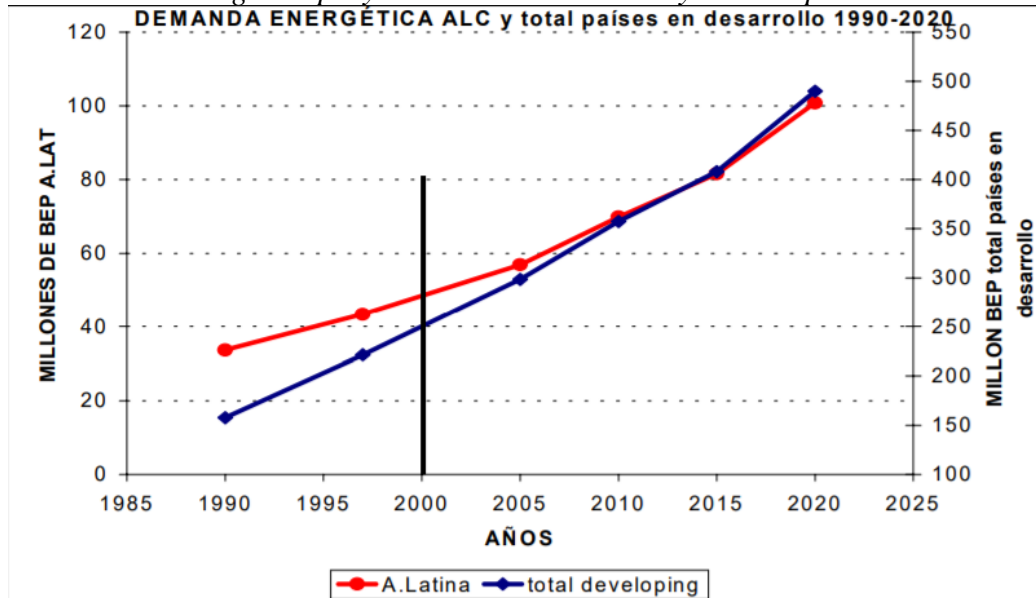
2. Fase Preliminar

2.1 Marco Referencial

En la Tabla 1 se indica la relación entre Europa, América Latina y Colombia, identificando los diferentes manejos en cuanto al confort térmico que han aplicado en estos años, tomando como referencia la ponencia Rehabilitación ambiente-energética: hacia el edificio de energía cero, realizada en el marco del Patorreb 2012: 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios por Neila (2012); y el artículo “Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia”, realizado por Algarin y Álvarez (2018).

Tabla 1. Comparación de estrategias bioclimáticas en Europa, América Latina y Colombia

| Europa | América Latina | Colombia |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Europa se caracteriza por ser una de las zonas con más alto consumo energético a nivel mundial, por lo tanto, para mejorar el confort de los usuarios han planteado la “Evaluación del Confort Térmico” • Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero • Manejo correcto de la bioclimática en la arquitectura, lo cual permite el mejoramiento de los usuarios en los espacios interiores de las edificaciones • Aumento del porcentaje en los proyectos de rehabilitación e Implementación de estrategias pasivas en las fachadas de los edificios (aleros, lamas, etc.) | <ul style="list-style-type: none"> • En Latinoamérica y el Caribe, se ha visto un notable aumento en el uso de energía y emisiones de Co2, debido al poco estudio climático de los proyectos arquitectónicos • Se representa un bajo nivel de confort la mayoría de los proyectos arquitectónicos de vivienda y educación, ya que la planificación se basa en el uso de energías activas y no en el buen diseño bioclimático con energías pasivas • En Latinoamérica no es muy alto el porcentaje de energías renovables, ya que cuenta con 8% la energía solar, 6% la geotérmica. • Comienzos de evaluación al mejoramiento del confort térmico desde análisis de materiales y al comportamiento de estos con respecto al clima | <ul style="list-style-type: none"> • El bajo porcentaje de estudio en el análisis climático, comportamiento de los materiales y estudio de los usuarios, han provocado un bajo confort en las propuestas de edificaciones en clima cálido húmedo • Desde el punto de vista regional, se resulta el crecimiento del consumo en la costa caribe en la zona oriental del país, cuyos aumentos de la demanda fueron superiores a 6% de ambos casos • El confort térmico de las edificaciones en Colombia se logra en un mayor porcentaje con el implemento de energías activas • El campo de educación es uno de los más bajos en porcentajes de estudios bioclimáticos en Colombia, ya que se conoce muy poco en cuanto a estrategias y rehabilitaciones para esta tipología, ya que el predominante es vivienda |

Figura 2. *Demanda energética proyectada América Latina y total de países en desarrollo*

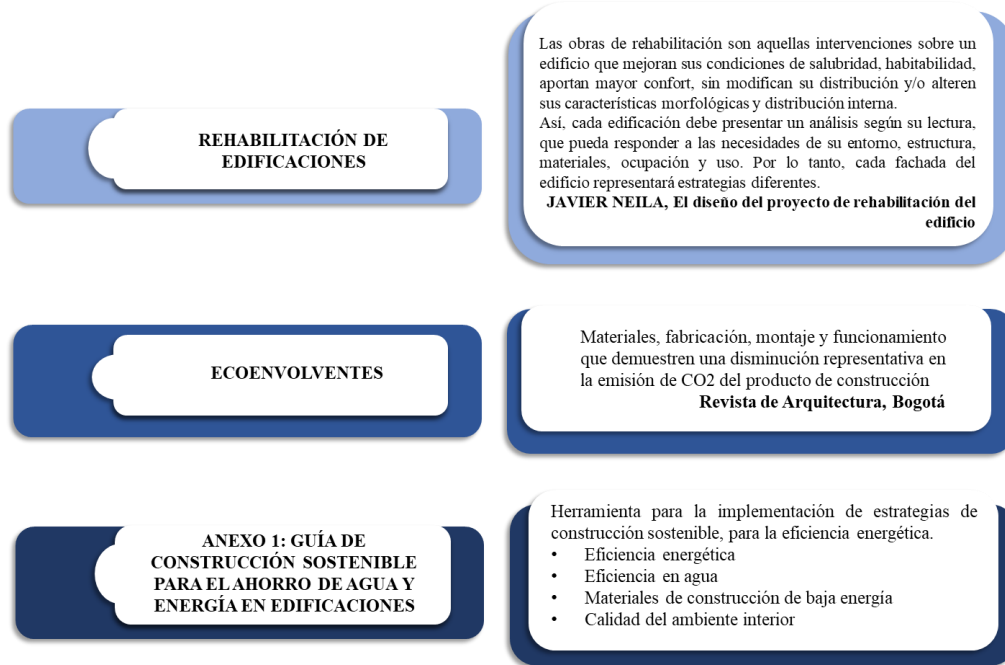
Adaptado de DOE/IEA International Energy Outlook 2000.

2.2 Marco Teórico Conceptual

El referente principal es el arquitecto Javier Neila (2000) en su estudio de rehabilitación en edificaciones y análisis de inercia térmica en materiales. En cual hace referencia a “las buenas prácticas deben tener como objetivo la calidad del ambiente interior y la reducción de los efectos negativos sobre el entorno. Calidad del ambiente interior: condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad del aire, etc” (Neila, 2000, pág. 1). Por lo tanto, al iniciar el proyecto de investigación se tiene en cuenta la captación, acumulación y aprovechamiento de las energías naturales.

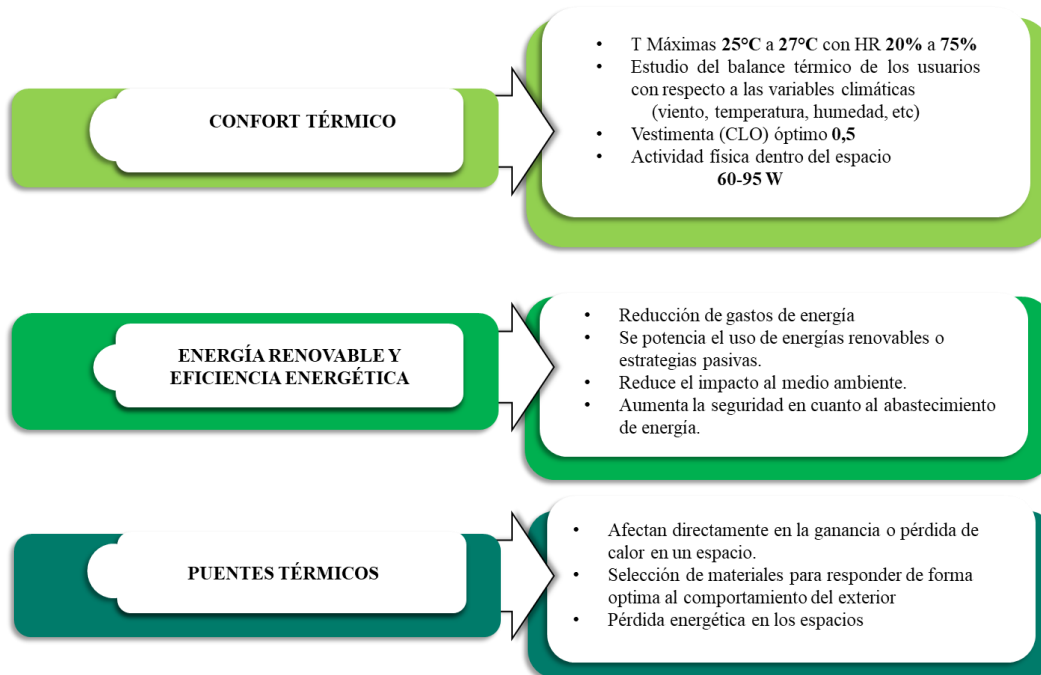
A continuación, se presentan las tres referencias principales del proyecto:

Figura 3. Referencias principales de Marco teórico conceptual



Adaptado de Neila (2000) y Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones (2015).

Figura 4. Marco teórico

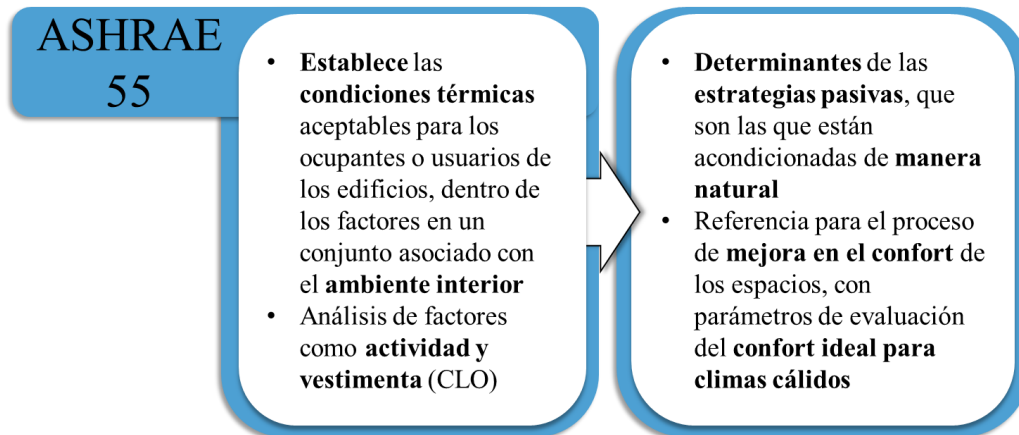


Adaptado de Neila (2000).

2.3 Marco Normativo

2.3.1 ASHRAE 55

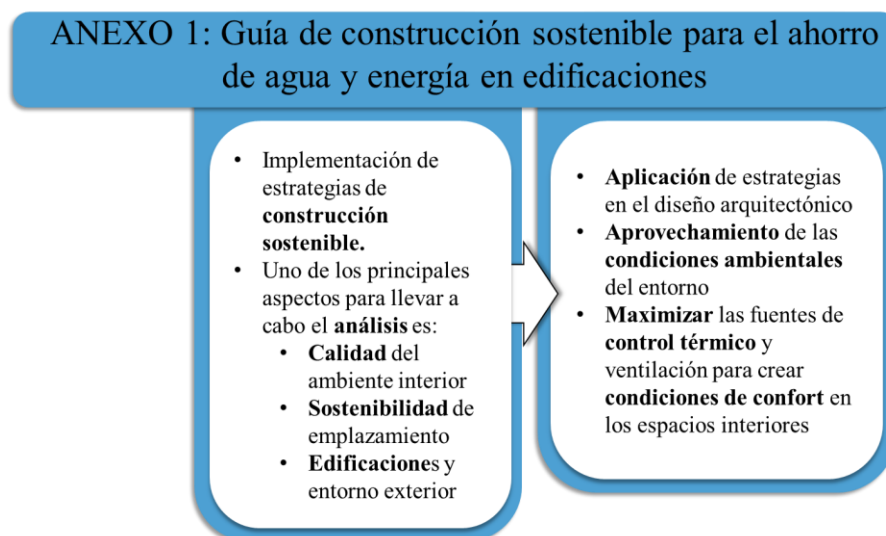
Figura 5. ASHRAE 55, Índice normativo



Adaptado de Normativa ASHRAE.

2.3.2 Anexo 1: Guía de Construcción Sostenible para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones

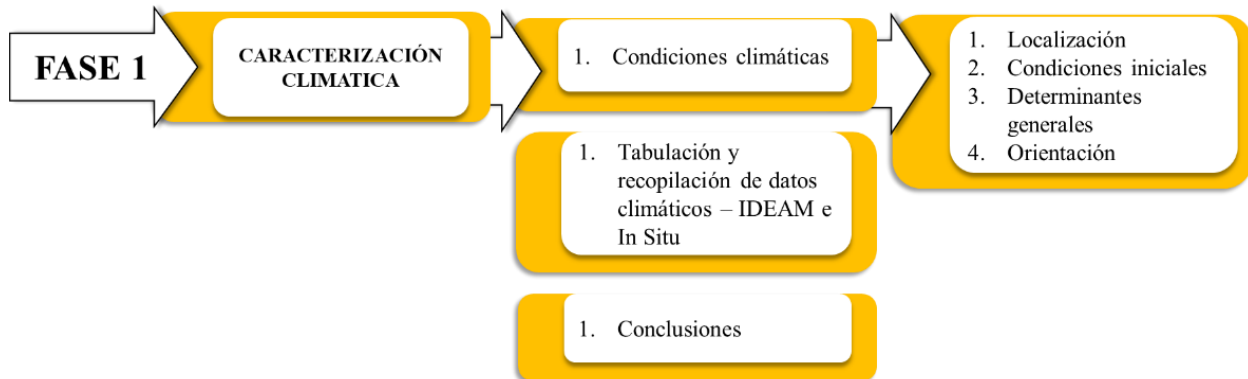
Figura 6. Anexo 1: Guía de construcción sostenible, índice normativo



Adaptado de Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones (2015).

3. Fase I: Caracterización Climática

Figura 7. Diagrama de Fase 1

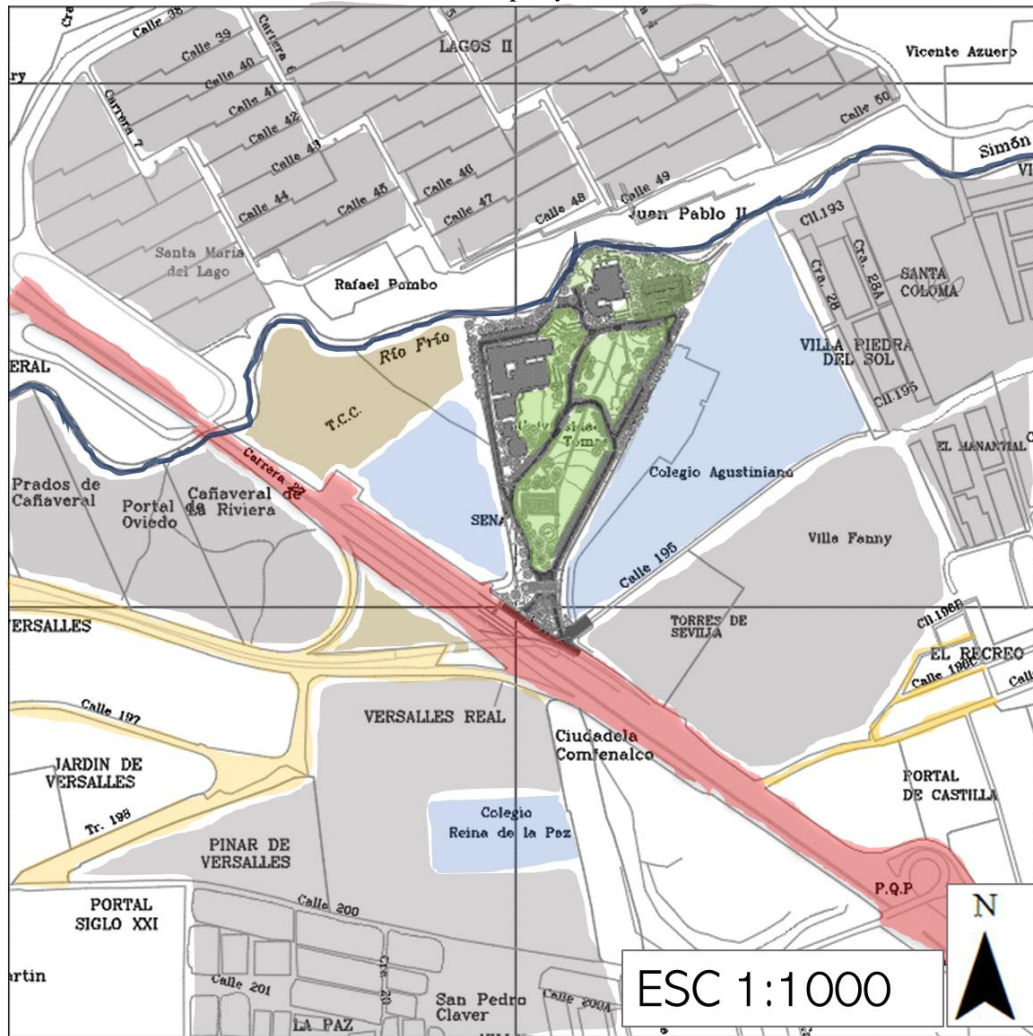


3.1 Condiciones Iniciales

3.1.1 Localización

En el siguiente análisis barrial, se identifican las vías predominantes, los accesos al campus, los equipamientos o sectores que lo rodean, los sistemas de transporte que se encuentran disponibles, y demás servicios. Señalándose así que La Universidad se encuentra ubicada paralela a la avenida principal Floridablanca; además, que a su alrededor se encuentran equipamientos de tipo académico y de servicio público.

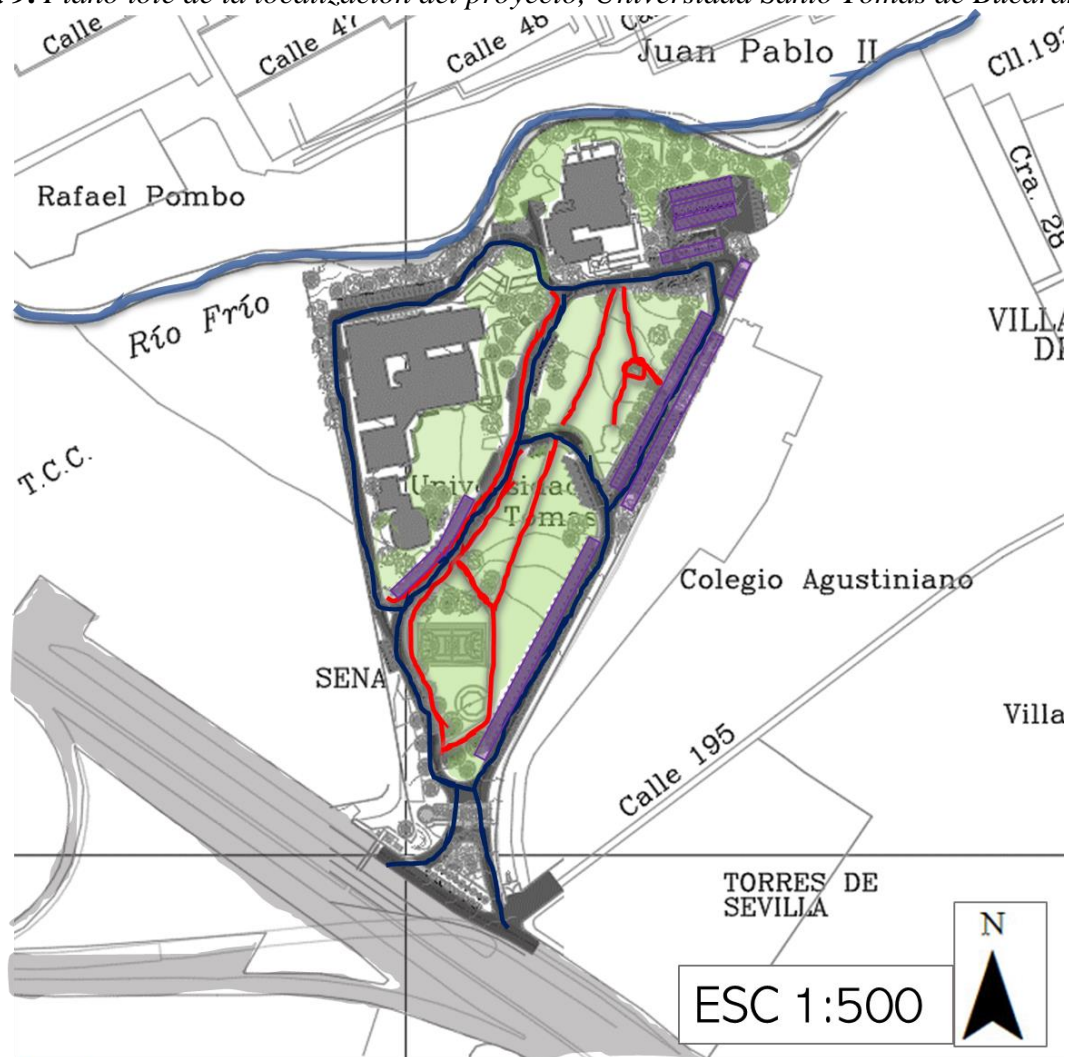
Figura 8. Plano barrial de la localización del proyecto Universidad Santo Tomás.



- | | | | |
|--|--|--|-----------------------------------|
| | Avenida principal Floridablanca | | Campus Santo Tomás Floridablanca |
| | Paralela para el acceso directo a la Universidad | | Equipamientos académicos |
| | Avenida principal Floridablanca | | Uso residencial |
| | | | Equipamientos de servicio público |

Nota: Escala 1:1000

Figura 9. Plano lote de la localización del proyecto, Universidad Santo Tomás de Bucaramanga



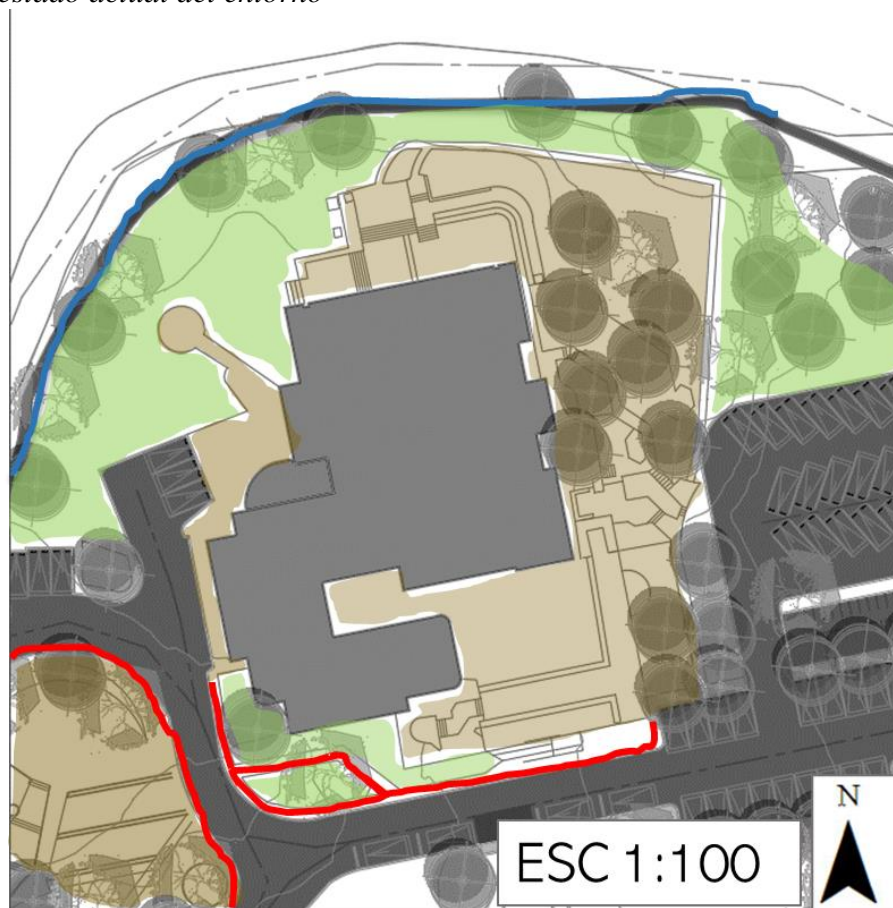
- Espacios de esparcimiento
- Senderos peatonales
- Espacios abiertos de circulación y puntos de conexión
- Recorrido vehicular
- Parqueaderos
- Vegetación

Nota: Escala 1:500

En la anterior figura se observa un diagnóstico con respecto a la relación existente entre el edificio y el entorno, observando así que la zona del objeto de diseño cuenta con área de vegetación en las zonas de esparcimiento, que podría potenciar la velocidad del viento para el ingreso en la edificación, lo que, a su vez, incentiva la generación de microclimas en la primera planta.

3.1.1.1 Condiciones del Entorno.

Figura 10. Plano lote de la localización del proyecto, Universidad Santo Tomás de Bucaramanga. Zonificación estado actual del entorno

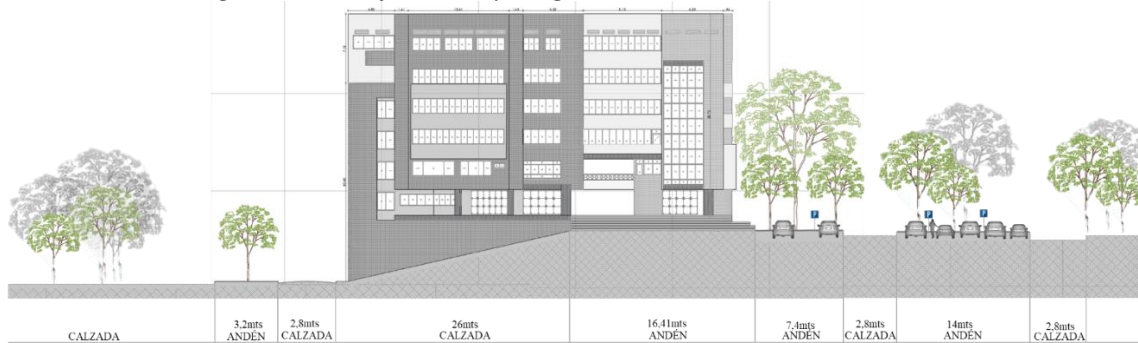


- Espacios de esparcimiento
- Senderos peatonales
- Espacios abiertos de circulación y puntos de conexión
- Recorrido vehicular

Nota: Escala 1:100

Finalmente, las condiciones del análisis del entorno permiten evidenciar cada uno de los accesos del edificio, tanto vehicular como peatonal, los cuales distribuyen a las personas en 2 plantas. En primera estancia, se encuentra la planta 1, que es el lobby, compuesto por una circulación lineal que finaliza en forma de “y” para repartir a los usuarios en los pisos siguientes. Por otro lado, se encuentra la planta del sótano 1, con acceso directo al paraninfo y las zonas de cafetería, manejando de manera adecuada los desniveles del proyecto, conectando los diferentes espacios de manera directa, a la vez que mantiene una relación armoniosa con las zonas sociales.

Figura 11. Corte longitudinal Edificio Fray Angélico, Universidad Santo Tomás de Bucaramanga



Corte terreno A- A'. Sin escala

El esquema anterior muestra de manera gráfica cómo está funcionando el campus a través de sus circulaciones, conectando sus cuatro fachadas.

3.1.2 *Análisis Fotográfico del Entorno*

Áreas sociales

Figura 12. *Cafetería Fray Angélico*



Fotografía tomada en sitio, elaboración propia

En los espacios sociales del Fray Angélico, están compuestos por concreto y área vegetal, creando microclimas más agradables a la estancia del usuario, ya que esta permite refrescar e impulsar el recorrido del aire, evitando el sobrecalentamiento del suelo.

Este acceso principal permite visualizar la exposición directa de la radiación solar a todo el recorrido de ingreso, generando un sobrecalentamiento en la plazoleta que se puede reflejar en las fachadas que tienen conexión con esta.

Figura 13. *Acceso posterior doble altura*



Fotografía tomada en sitio, elaboración propia

3.2 Condiciones Climáticas

Teniendo en cuenta que conocer los factores climáticos, permite visualizar de una manera completa el comportamiento de las variables de manera puntual, como latitud, altitud, relieve, entre otras... quienes componen diferentes tipos de clima; se realiza un análisis y estudio cuantitativo de todas las variables climáticas que influyen directamente en el desarrollo de la propuesta arquitectónica, con el fin de definir cuáles son las estrategias climáticas pasivas que más corresponden respecto al entorno y las condiciones climáticas de Floridablanca.

Tabla 2. *Ubicación detallada de Floridablanca*

| Ubicación | |
|------------------|------------------------|
| Clima | Tropical cálido húmedo |
| Altitud | 925 msnm |
| Latitud | 7.06231 |
| Longitud | -73.0934 |

Adaptado de Weatherspark, Santander, Colombia

3.2.1 *Determinantes Generales*

El edificio Fray Angélico se encuentra ubicado en el campus de Floridablanca, perteneciente a la zona de la línea ecuatorial, caracterizado por ser un clima cálido húmedo, ya que cuenta con veranos cortos y calientes, inviernos cortos y cómodos, pero con alto nivel de humedad y nubosidad durante el año; posee generalmente una temperatura que varía de 20 C° y 30 C°.

Este proyecto se compone por diferentes funciones, prestación de servicios educativos, administrativos y cuenta con espacios de esparcimientos en sus áreas perimetrales. Por otro lado, este edificio de estilo modernista con el paso de los años ha modificado sus plantas debido al aumento de ocupación de usuarios, afectando las condiciones de confort por las falencias en la

planificación de estrategias para refrigeración de espacios, al igual que el estado de sobrecalentamiento que presenta actualmente el edificio.

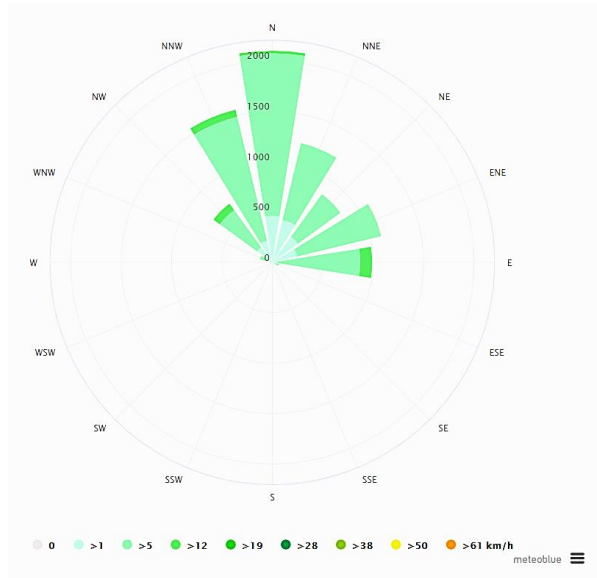
Lo anterior, ha llevado a la implementación de soluciones activas, como el uso permanente de aires acondicionados y ventiladores en las áreas administrativas y temporal en las aulas, aumentando el índice de costo y consumo. Así mismo, ocurre con la iluminación natural, presentando deficiencias en los LUX necesarios para realizar los procesos académicos, exigiendo la necesidad de prender las luces desde las 6:00 am en algunos espacios, hasta las 8:00 pm aproximadamente.

Finalmente, en esta fase se considera que para construir una caracterización climática correctamente detallada, se deben revisar y analizar los comportamientos por meses en un rango de mínimo 5 años, donde se pueda construir un fichero climático completo a partir de las observaciones de las variables.

3.2.2 Análisis de la Orientación

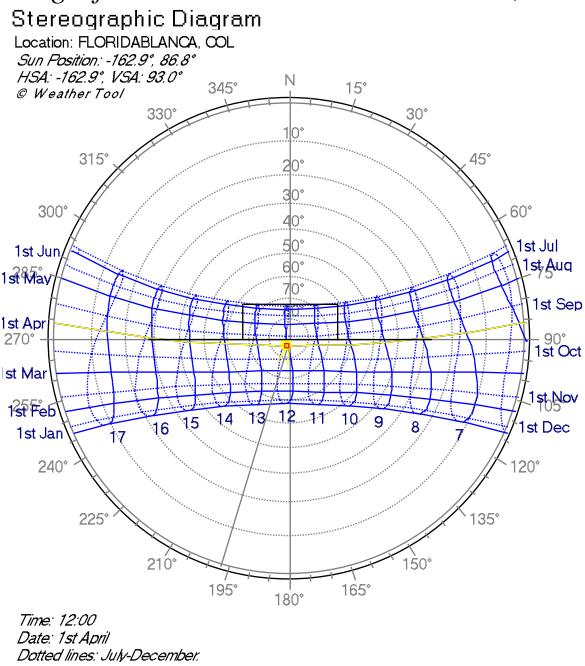
3.2.2.1 Carta Solar. La carta solar o el diagrama Estereográfico, se presenta como una gráfica plana, donde se obtiene la posición del sol en el cielo con respecto a la ubicación del proyecto, considerando los datos de las coordenadas específicas.

Figura 14 Rosa de los vientos



Elaboración propia

Figura 15. Diagrama estereográfico de Floridablanca Santander, elaborado en Ecotect Analysis



Elaboración propia

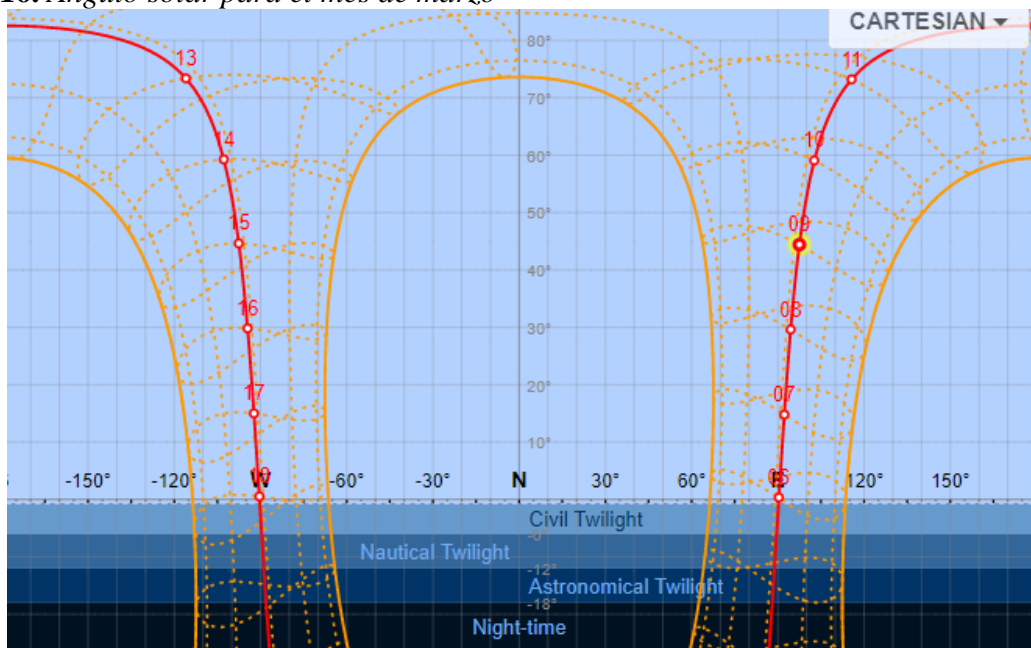
Tener en cuenta la orientación en el momento de realizar o rehabilitar una edificación, es ideal para aprovechar al máximo las horas de luz y ventilación natural, esto hace que la demanda de energía sea menor.

3.2.2.2 Comportamiento a través de Planos Cartesianos del Comportamiento del Sol.

Este análisis se lleva a cabo para identificar a detalle el comportamiento del sol durante las horas del día de los meses seleccionados, a través de una representación esquemática en 2D y 3D.

Marzo - Equinoccio

Figura 16. *Ángulo solar para el mes de marzo*



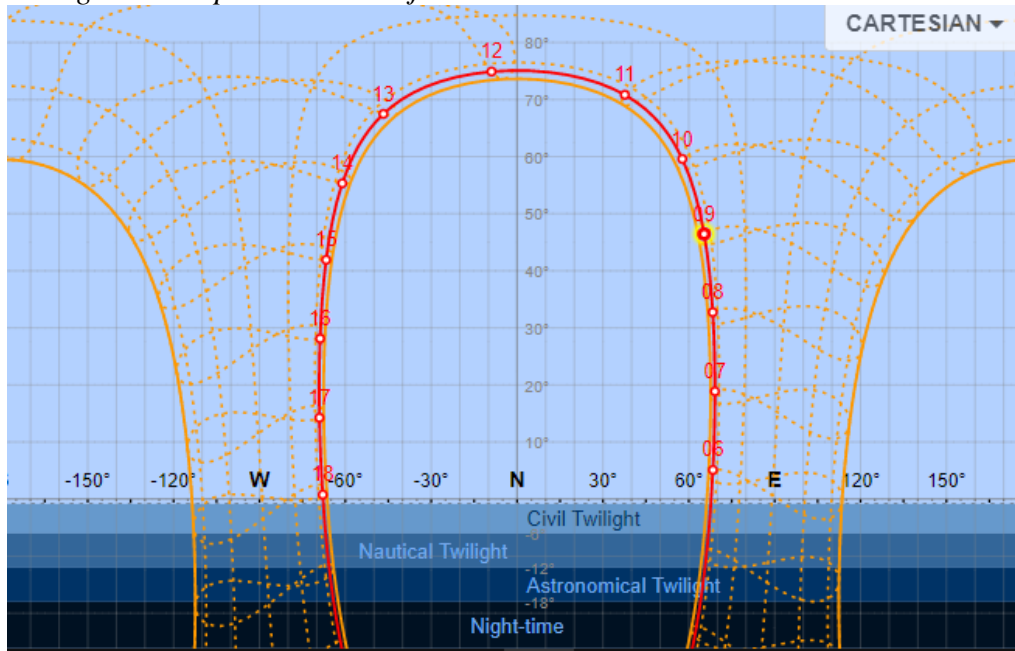
Elaborado en PD:3D SUN - PATH

En este mes el comportamiento del sol se muestra casi perpendicular al plano horizontal, que representa el suelo terrestre. Este representa una época de transición entre la inclinación hacia norte y sur, en el caso de las zonas que se encuentran dentro de la franja climática del trópico.

En este caso, la inclinación solar que corresponde a Floridablanca durante los meses de abril y septiembre se presenta como la menor dentro rango anual con 88° norte.

Junio – Solsticio

Figura 17. Angulo solar para el mes de junio



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

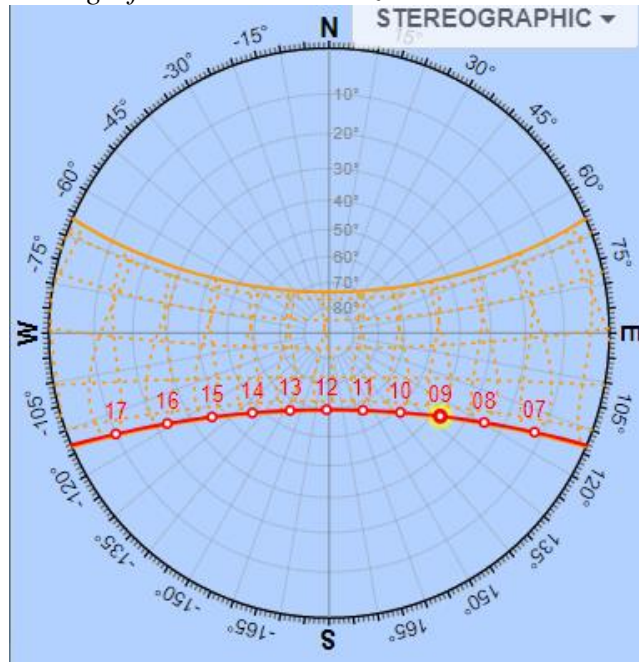
En la Figura 17, se construye el modelo gráfico solar que representa en el mes de junio, donde se ilustra la altura solar correspondiente a 75° hacia norte, quedando en el interior de la gráfica.

Comportamiento solar

A través del programa de PD:3D SUN – PATH, un programa gratuito en línea que permite observar la curva completa solar, para evaluar y analizar de manera rápida el sombreado o la radiación directa que puede generar el sol en las fachadas predominantes del edificio; se representa el comportamiento del sol en 2 meses del año: enero que hace parte del equinoccio y junio del solsticio, mostrando el comportamiento del sol a través de las siguientes horas: 9:00am 12m y 3:00pm.

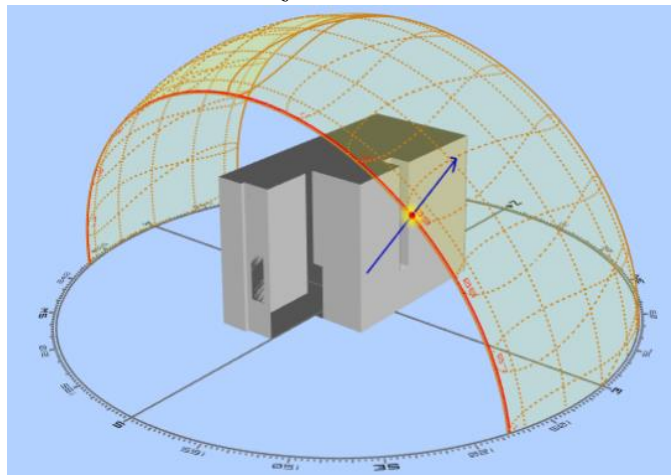
Marzo a las 9:00am

Figura 18. Diagrama estereográfico del sol en marzo a las 9:00am



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Figura 19. Comportamiento del sol en marzo a las 9:00am

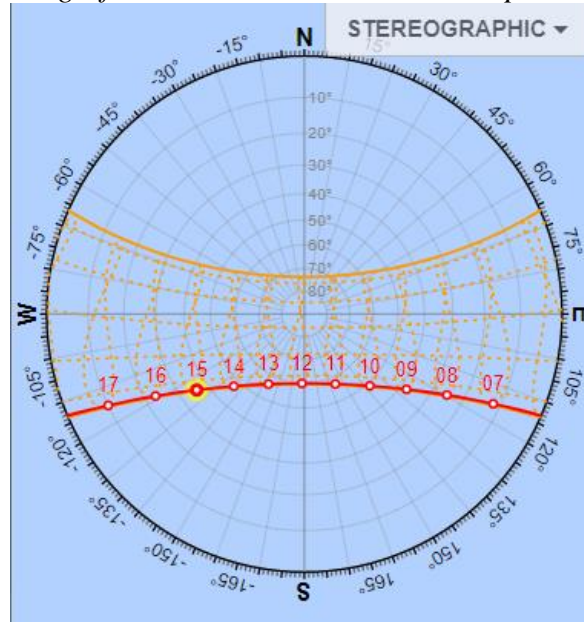


Elaborado en PD:3D SUN - PATH

El comportamiento del sol a las 9:00am genera una iluminación natural de manera frontal con la cara este del edificio, generando sobrecalentamiento en los espacios internos, por lo que se debe generar una estrategia que permita el ingreso de iluminación pero que no impida el ingreso de aire, ya que la ventilación de algunas aulas depende únicamente del ingreso por esta fachada.

Marzo a las 3:00pm

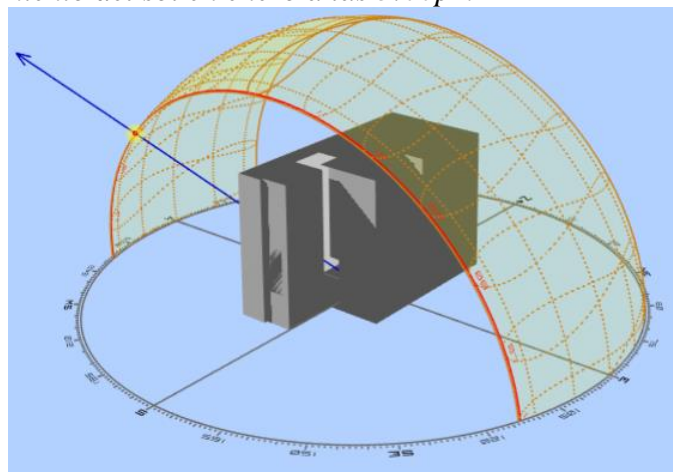
Figura 20. Diagrama estereográfico del sol en marzo a las 3:00pm



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Al analizar este factor, se manifiesta que la fachada oeste corresponde a una de las más recibe incidencia solar, ya que los rayos solares ingresan de manera directa a los salones, generando un alto nivel de LUX en las aulas y un sobrecalentamiento que afecta el confort de los usuarios.

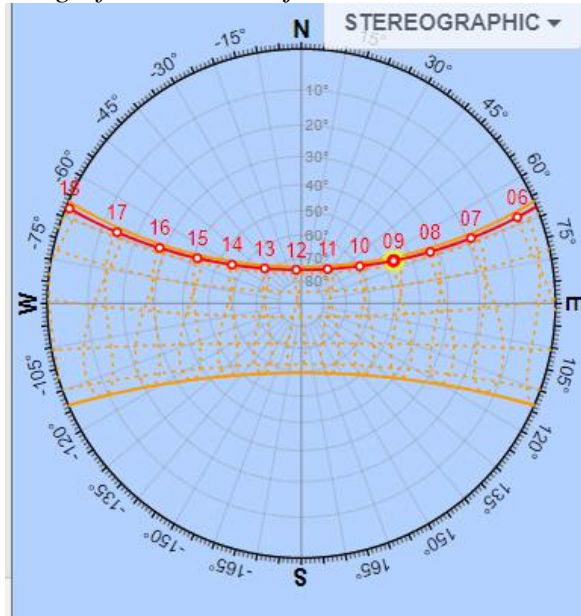
Figura 21. Comportamiento del sol en enero a las 3:00pm



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Junio a las 9:00am

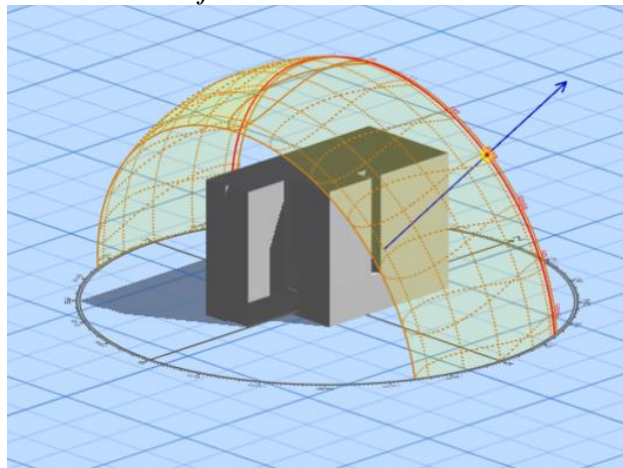
Figura 22. Diagrama estereográfico del sol en junio a las 9:00am



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Se puede observar que el mes de junio presenta un comportamiento diferente a enero, ya que se encuentra en el solsticio y su ángulo solar de $53,13^\circ$ está inclinado a la fachada norte. De esta manera, se concluye que la solución de las estrategias debe aplicar para el comportamiento de la inclinación con respecto al sol hacia la fachada norte y sur.

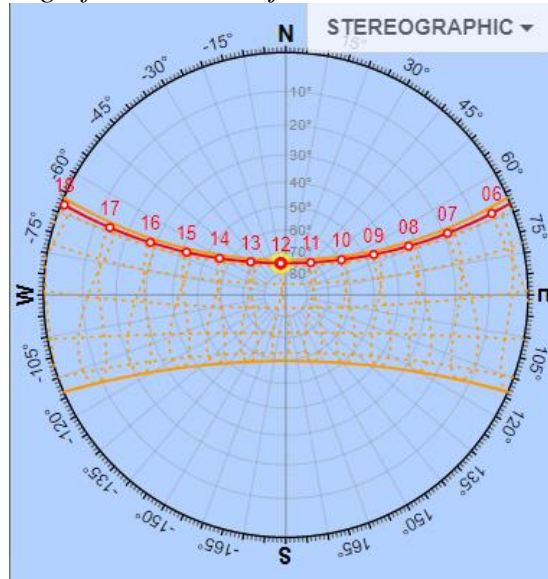
Figura 23. Comportamiento del sol en junio a las 9:00am



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

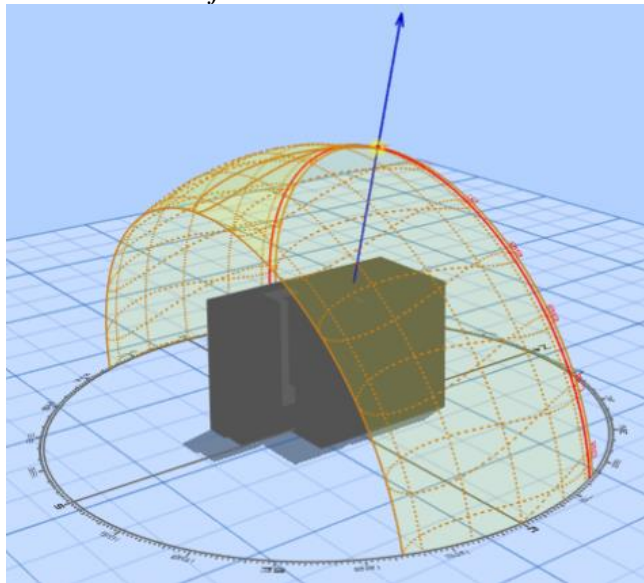
Junio a las 12:00m

Figura 24. Diagrama estereográfico del sol en junio a las 12:00m



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Figura 25. Comportamiento del sol en junio a las 12:00m

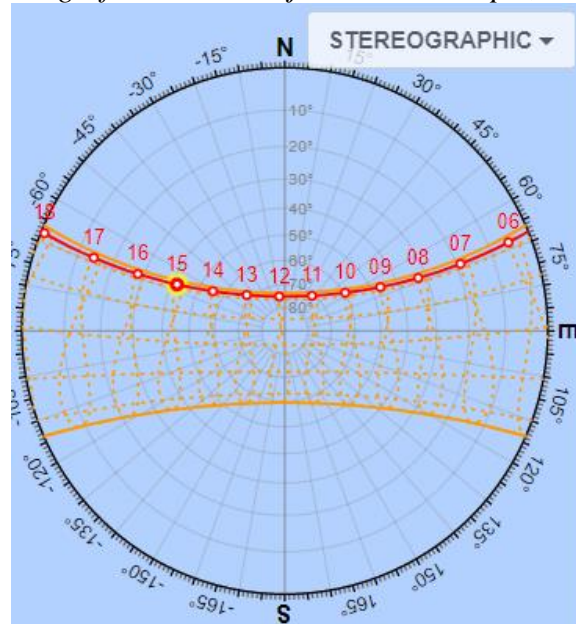


Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Como se mencionaba con anterioridad, al medio día, la cubierta aumenta su nivel de radiación ya que el sol se encuentra en posición perpendicular.

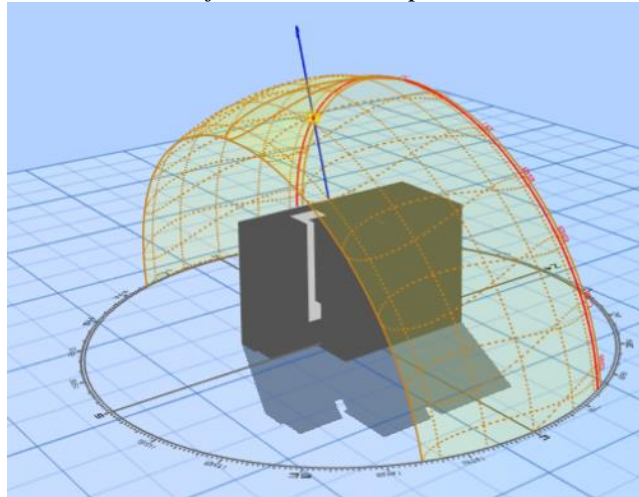
Junio a las 3:00pm

Figura 26. Diagrama estereográfico del sol en junio a las 3:00pm, en el programa PD:3D



Elaborado en PD:3D SUN – PATH

Figura 27. Comportamiento del sol en junio a las 3:00pm

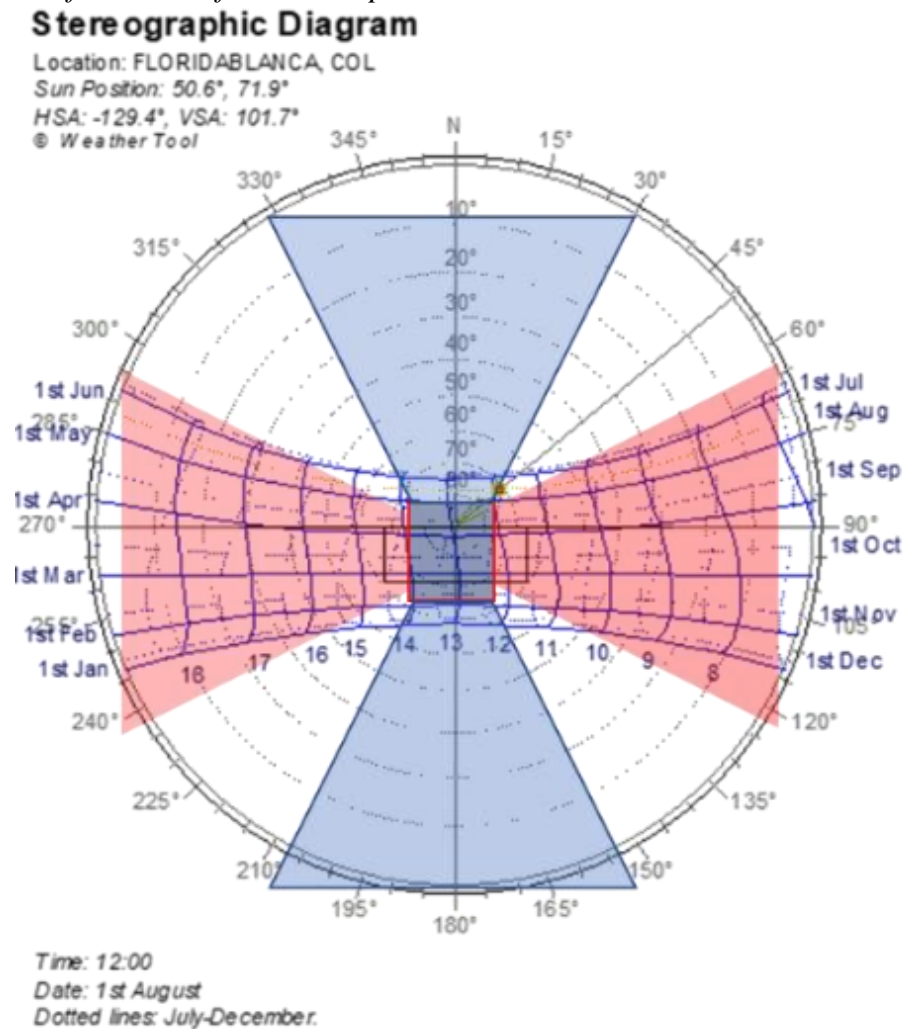


Elaborado en PD:3D SUN – PATH

El comportamiento a las 3:00 pm evidencia el aumento de incidencia en la fachada oeste, por lo tanto, se debe controlar el ingreso con los mismos lineamientos de la fachada este, ya que no solo entra de manera perpendicular, también ingresa con las inclinaciones laterales por el ángulo solar.

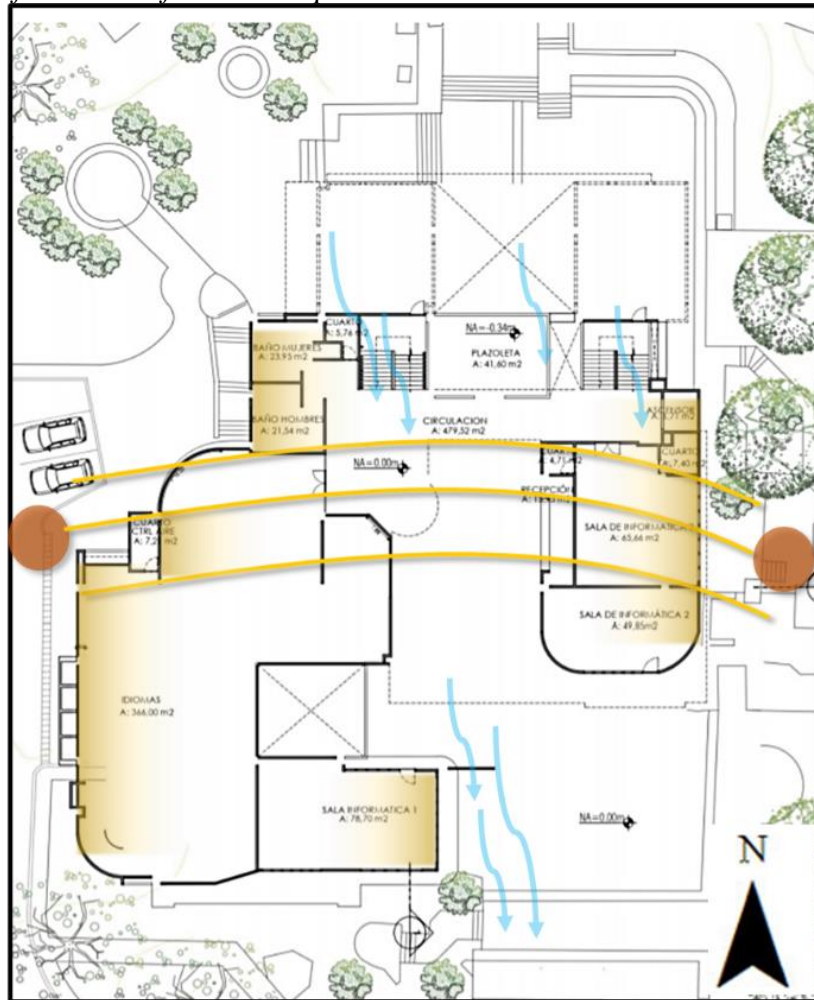
3.2.3 Fachadas con Mayor Afectación Solar

Figura 28. Identificación de fachadas expuestas a la radiación solar



Elaborado en Ecotect Analysis

El diagrama estereográfico demuestra gráficamente la trayectoria solar, permitiendo que la proyección se identifique en las fachadas más afectadas del edificio, y al mismo tiempo, calculando al mismo tiempo los ángulos de inclinación de este con respecto a norte – sur. Esta figura, también permite ver cómo el ángulo solar cambia en junio y diciembre, afectando en junio la fachada norte y en diciembre la fachada sur.

Figura 29. Identificación de fachadas expuestas a la radiación solar directa

Nota: Sin escala

Se puede ver que las fachadas este y oeste, representadas con el trapecio de color rojo en la gráfica, son las que tienen la mayor exposición con respecto a la radiación solar. La intervención debe responder a esta necesidad de sombreado según el ángulo indicado para evitar que la iluminación entre de manera invasiva al espacio.

Las fachadas respaldadas con el trapecio azul representan norte y sur, estas reciben un índice de radiación más bajo, de igual forma necesita una protección que pueda responder a la filtración de la entrada de luz excesiva a los espacios, evitando que reaccione de manera negativa a los materiales de la fachada, generando sobrecalentamiento.

3.3 Datos Climáticos IDEAM

Estas mediciones son tomadas de dos estaciones diferentes que corresponden a 35025090 Neomundo Automática y 23190590 La Floresta en los periodos de tiempo (años).

3.3.1 Temperatura

Magnitud que mide el nivel térmico, esta se encuentra medida en grados centígrados y el análisis se lleva a cabo desde el año 2010 hasta el 2014

La temperatura nos permite tener una idea clara sobre las variaciones que vamos a tener durante el día con respecto al calor presentado en los espacios y así poder controlarla con estrategias bioclimáticas.

Unidad de medida: Grados Centígrados (C°)

3.3.1.1 Temperatura – Promedio Compilado.

Tabla 3. *Recopilación temperatura promedio compilado suministrada por el IDEAM*

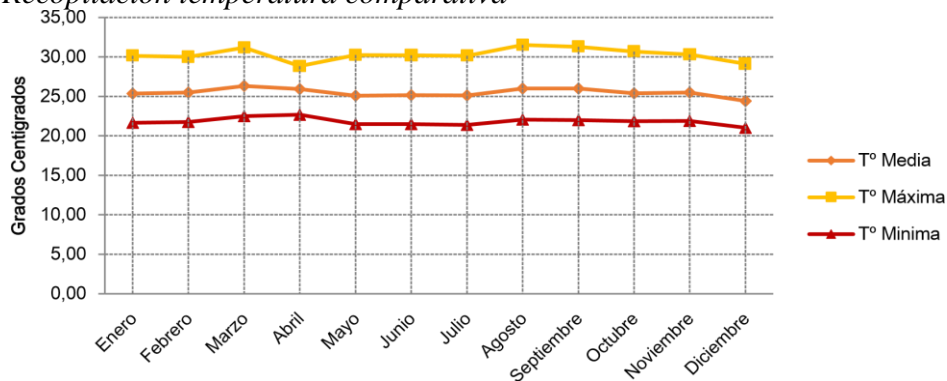
| Promedio Compilado 2010 - 2014 | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|-------|
| Mes | T° media | T° máxima | T° mínima | | |
| Enero | 21,93 | 26,09 | 18,52 | T° máxima | 24,91 |
| Febrero | 22,17 | 26,26 | 19,21 | T° mínima | 17,76 |
| Marzo | Sin Datos | Sin Datos | Sin Datos | | |
| Abril | Sin Datos | Sin Datos | Sin Datos | | |
| Mayo | 21,29 | 25,69 | 18,41 | T° media total | 20,65 |
| Junio | 20,73 | 25,06 | 17,84 | | |
| Julio | 20,30 | 24,66 | 17,52 | | |
| Agosto | 20,48 | 24,81 | 17,73 | | |
| Septiembre | 20,10 | 24,74 | 17,08 | | |
| Octubre | 20,31 | 24,65 | 17,39 | | |
| Noviembre | 19,61 | 23,68 | 17,04 | | |
| Diciembre | 19,55 | 23,45 | 16,91 | | |
| Promedio General | 20,65 | 24,91 | 17,76 | | |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Aquí se puede evidenciar un resumen de las condiciones climáticas mínimas, máximas y el promedio anual de la temperatura derivadas de los procesos de tabulaciones de los años 2010 – 2014.

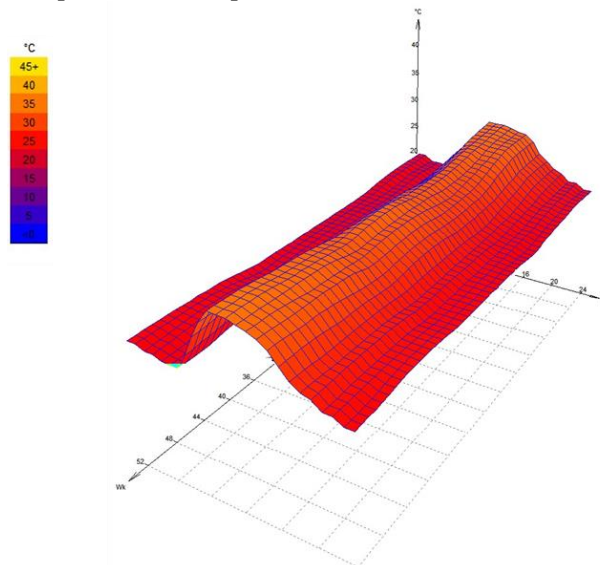
Así, en las medidas de temperatura promedio máxima se puede analizar que los meses con temperaturas más altas son enero y febrero, presentando un rango de 18,52 ° C – 26,26 ° C, y los meses que presentan menor temperatura son noviembre y diciembre pertenecientes al solsticio de invierno variando en un rango de 16,91 ° C – 23, 68 ° C.

Figura 30. *Recopilación temperatura comparativa*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 31. *Recopilación temperatura comparativa, sinusoide 3D elaborado en Ecotect Analysis*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

3.3.2 Radiación Solar

Esta energía es emitida por el sol, por lo tanto, se puede utilizar como fuente alternativa de energía en la generación de electricidad y en el diseño para iluminar los espacios interiores de forma natural. Al tener conocimiento de las variables de radiación, se puede evidenciar cómo afecta algunos espacios con el sobrecalentamiento y cómo los materiales influyen en el proceso de transmisión térmica a través de ellos. Se encuentra medida en Wh/m² y el análisis se lleva a cabo desde el año 2010 hasta el 2014

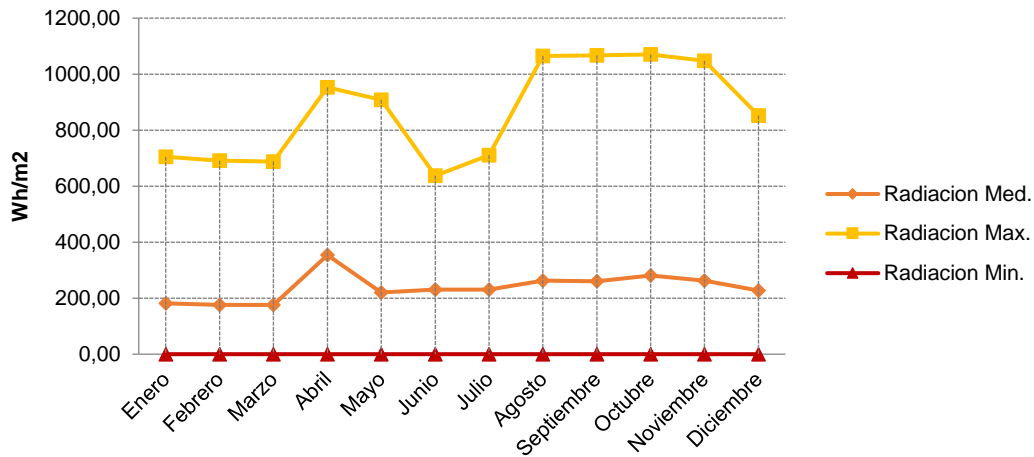
3.3.2.1 Radiación Promedio Compilado.

Tabla 4. Recopilación radiación solar promedio compilado suministrada por el IDEAM

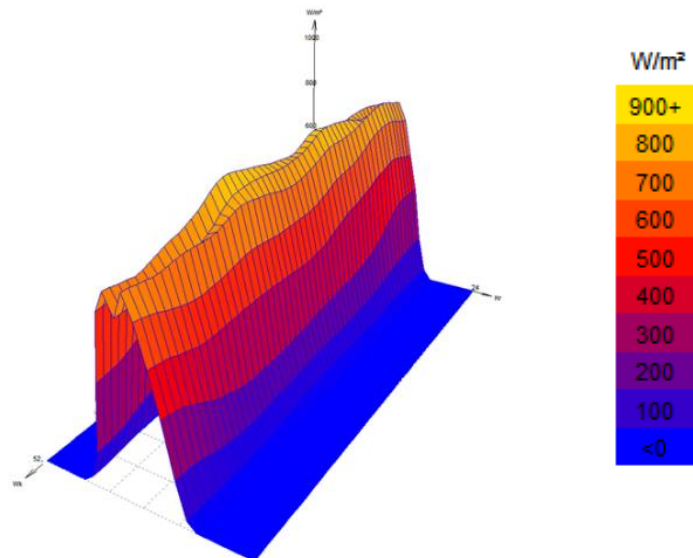
| <i>Año 2014</i> | | | | | |
|-------------------------|------------------|----------------|----------------|------------------------|-------------------|
| <i>Mes</i> | RAD media | RAD max | RAD min | | |
| <i>Enero</i> | 181,33 | 705,03 | 0,00 | RAD máxima | 353,84 |
| <i>Febrero</i> | 176,11 | 690,86 | 0,00 | | RAD mínima |
| <i>Marzo</i> | 176,15 | 687,85 | 0,00 | RAD media total | 1070,28 |
| <i>Abril</i> | 353,84 | 953,30 | 0,00 | | |
| <i>Mayo</i> | 219,95 | 907,90 | 0,00 | | |
| <i>Junio</i> | 230,12 | 637,23 | 0,00 | | |
| <i>Julio</i> | 230,57 | 710,77 | 0,00 | | |
| <i>Agosto</i> | 262,12 | 1065,22 | 0,00 | | |
| <i>Septiembre</i> | 260,63 | 1067,14 | 0,00 | | |
| <i>Octubre</i> | 280,49 | 1070,28 | 0,00 | | |
| <i>Noviembre</i> | 263,02 | 1047,33 | 0,00 | | |
| <i>Diciembre</i> | 227,35 | 852,30 | 0,00 | | |
| Promedio General | 238,47 | 866,27 | 0,00 | | |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Así, en las medidas de radiación solar promedio máxima se puede analizar que los meses con valores más altos son octubre y noviembre, presentando un rango de 263,02 Wh/ m² – 280,49 Wh/ m², y los meses que presentan menor radiación son febrero y marzo pertenecientes al equinoccio variando en un rango de 176,11 Wh/ m² – 176,15 Wh/ m².

Figura 32. *Recopilación radiación solar comparativa*

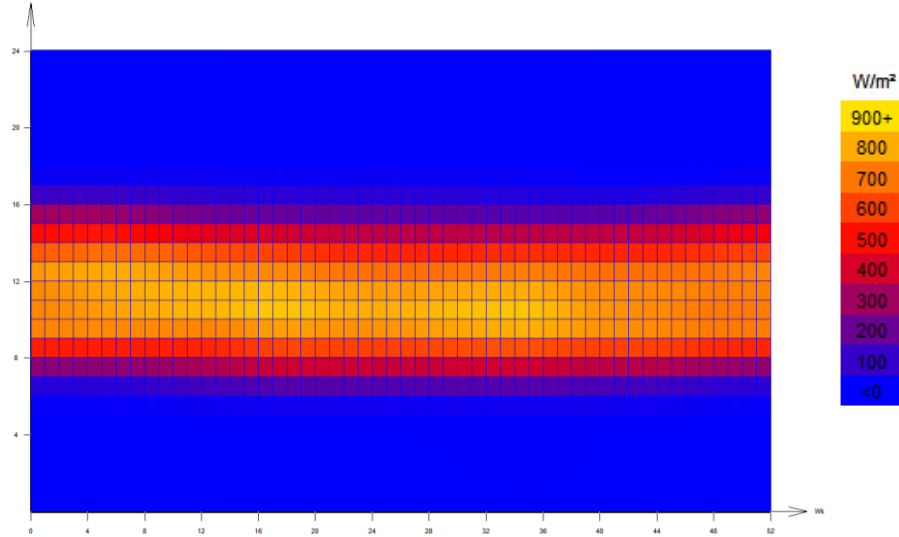
Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 33. *Recopilación radiación solar comparativa, sinusoide 3D elaborado en Ecotect Analysis*

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Los resultados de las variables, reflejan el sobrecalentamiento por radiación a través de una exposición o transmitancia térmica elevada a una edificación, lo que permite identificar qué tanto se ve afectado los elementos como cubierta, de fachada como vidrios y materiales de muro a través de las horas del día.

Figura 34. *Recopilación radiación solar comparativa, grafico horario elaborado en Ecotect Analysis*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

El comportamiento de la variable de radiación durante el día presenta una alteración entre las 9:00 am hasta las 3:00pm, en las cuales los valores más altos se evidencian entre las 11:00am hasta la 1:00pm alcanzo valores hasta de 900 Wh/m^2 .

3.3.3 *Humedad relativa*

La humedad se refleja como la cantidad de agua que contiene el aire del entorno, influyendo en la sensación térmica, esto afecta de manera directa los materiales del edificio, ya que puede incrementar la emisión de productos químicos. Ésta se mide en porcentaje teniendo en cuenta el periodo de tabulación de 2010 – 2014.

El manejo de la humedad en los espacios interiores tiene un impacto directo o indirecto, sobre la salud de las personas, por lo tanto, es importante que se maneje un buen control de esta.

3.3.3.1 Humedad Relativa Promedio Compilado.

Tabla 5. *Recopilación humedad relativa año 2014 suministrada por el IDEAM*

| Promedio compilado | | | | | |
|---------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|-------|
| MES | HR media | HR máxima | HR mínima | HR máxima | 99,14 |
| Enero | 72,83 | 94,93 | 50,08 | HR mínima | 49,54 |
| Febrero | 68,65 | 96,93 | 46,55 | | |
| Marzo | 69,91 | 106,01 | 57,68 | HR media total | 66,60 |
| Abril | 68,05 | 90,22 | 41,36 | | |
| Mayo | 68,51 | 100,41 | 47,89 | | |
| Junio | 70,71 | 98,85 | 47,93 | | |
| Julio | 69,76 | 99,07 | 47,67 | | |
| Agosto | 79,03 | 106,80 | 56,35 | | |
| Septiembre | 68,34 | 101,90 | 50,74 | | |
| Octubre | 63,16 | 92,84 | 49,50 | | |
| Noviembre | 72,86 | 106,90 | 52,53 | | |
| Diciembre | 57,37 | 94,79 | 46,19 | | |
| Promedio | 66,60 | 99,14 | 49,54 | | |

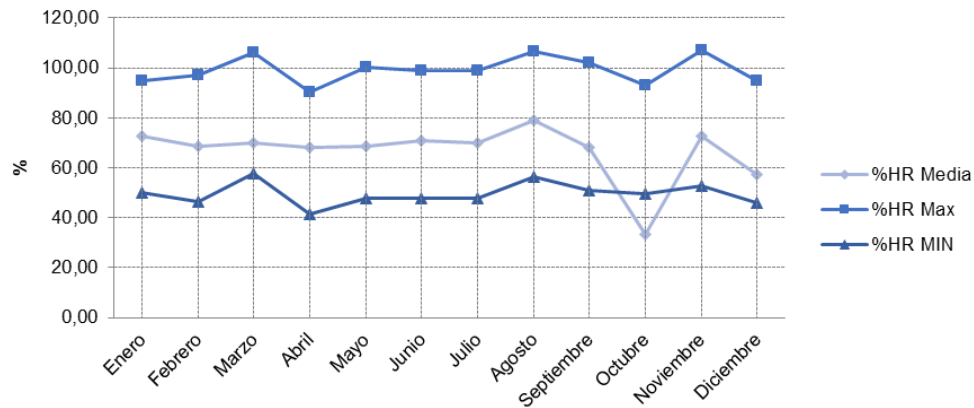
Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Esta recopilación de datos de todos los meses del año muestra que se mantiene un rango elevado, lo cual aumenta la sensación térmica en los espacios interiores del edificio. Esta determinante demanda una aplicación de estrategias de ventilación que puedan llevar a cabo la renovación de aire en cada espacio, para así evitar daños en los materiales de la edificación, como son los hongos.

El rango de la humedad se encuentra en picos máximos durante los meses de junio y septiembre, con valores promedio de 66% y mínimos en abril de 14%.

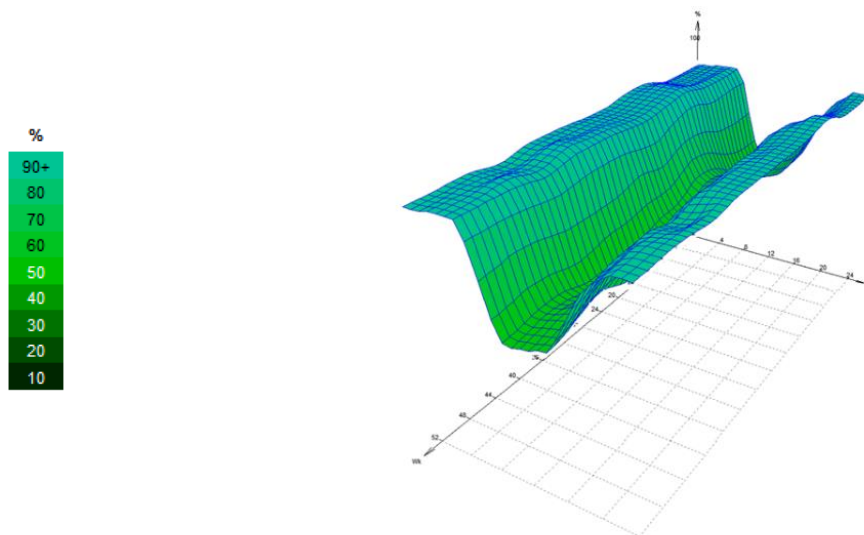
La humedad puede afectar directamente a la sensación térmica del espacio interior, por lo tanto, entre mayor sea el porcentaje se tenga, debe controlarse más el flujo de aire, para evitar la concentración de humedad en el espacio interior.

Figura 35. *Recopilación Humedad relativa comparativa*



Unidad de medida trabajada en la gráfica: kWh/m2. Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 36. *Recopilación humedad relativa, sinusoide 3D elaborado en Ecotect Analysis*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

3.3.4 Velocidad de Vientos

Medir la velocidad del viento, nos permite controlar de una manera más puntual la distribución de presiones, logrando la renovación de aire pertinente en los espacios interiores. Este se mide en km/h tabulando un periodo de tiempo desde el 2010 – 2014.

Este análisis puede reflejar las soluciones a la concentración del sobrecalentamiento de muchas aulas, que se han visto afectadas por el aumento de ocupación y modificaciones con poca planificación, ya que, con el incremento de ventilación natural, permite renovar de manera continua el flujo de aire caliente, expulsándolo del espacio.

Manejar el control viento en la edificación no solo beneficia a los usuarios, sino también a la edificación, ya que esta puede refrescarse correctamente manteniendo un bienestar en los materiales, sin que se presenten concentraciones de humedad.

3.3.4.1 Velocidad del Viento Promedio Compilado.

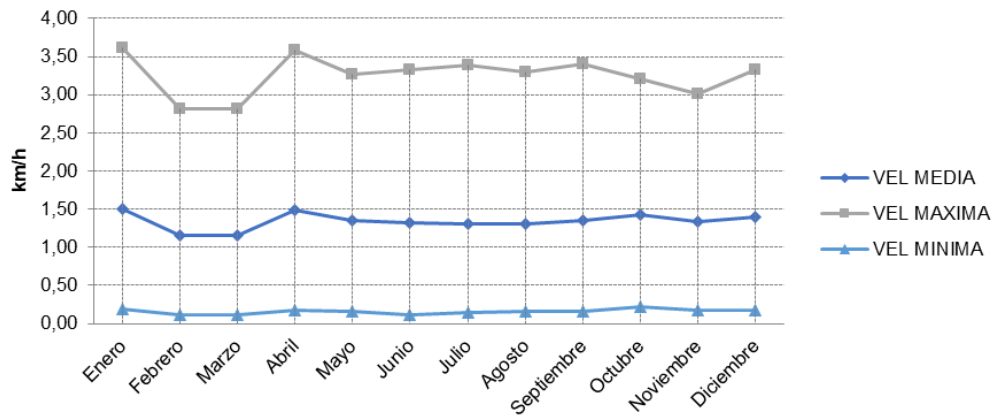
Tabla 6. *Velocidad de vientos promedio compilado suministrada por el IDEAM*

| Promedio compilado | | | | | |
|--------------------|-----------|------------|------------|------------------|------|
| Mes | Vel media | Vel maxima | Vel minima | Vel media máxima | 2,15 |
| Enero | 1,77 | 4,26 | 0,23 | Vel media mínima | 0,17 |
| Febrero | 1,71 | 4,00 | 0,20 | | |
| Marzo | 1,86 | 4,35 | 0,24 | Vel media total | 4,74 |
| Abril | 2,13 | 3,51 | 0,24 | | |
| Mayo | 1,61 | 4,04 | 0,22 | | |
| Junio | 1,58 | 3,94 | 0,19 | | |
| Julio | 1,56 | 3,96 | 0,21 | | |
| Agosto | 1,70 | 4,20 | 0,21 | | |
| Septiembre | 1,76 | 4,24 | 0,21 | | |
| Octubre | 1,83 | 4,18 | 0,23 | | |
| Noviembre | 1,79 | 4,11 | 0,21 | | |
| Diciembre | 1,63 | 3,93 | 0,19 | | |
| Promedio | 1,74 | 4,06 | 0,21 | | |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Los datos de la velocidad del viento dan resultados bajos, estableciendo un rango de 2,50 km/h- 3,40 km/h entre los meses de enero y mayo, y 5,30 km/h en los meses de octubre donde se catalogaría como la velocidad más alta.

Figura 37. *Recopilación velocidad de los vientos*

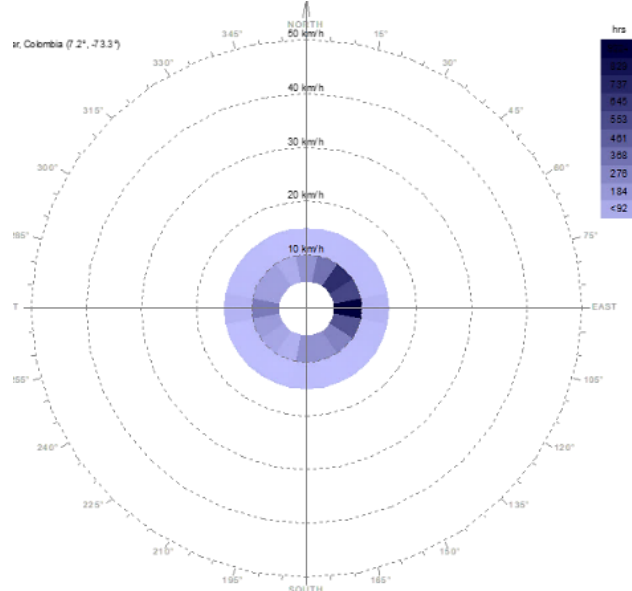


Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

3.3.5 Dirección de Vientos

Estas variables, nos permiten medir el comportamiento horizontal viento, y es fundamental tener conocimiento ya que al tener claro de dónde viene el viento, se pueden plantear diferentes estrategias que beneficien el confort interno de los usuarios en los espacios. Se indica por medio de coordenadas o símbolos.

Figura 38. *Recopilación dirección de los vientos, elaborado en Ecotect Analysis*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

3.3.6 Precipitación

La precipitación aclara una aproximación acerca de cuanto es el porcentaje o la probabilidad de la lluvia en el sector, por lo tanto, para soluciones como recolección de agua se debe tener muy presente esta variable climática. Se mide en milímetros de agua (mm) y el rango es del 2010 al 2014.

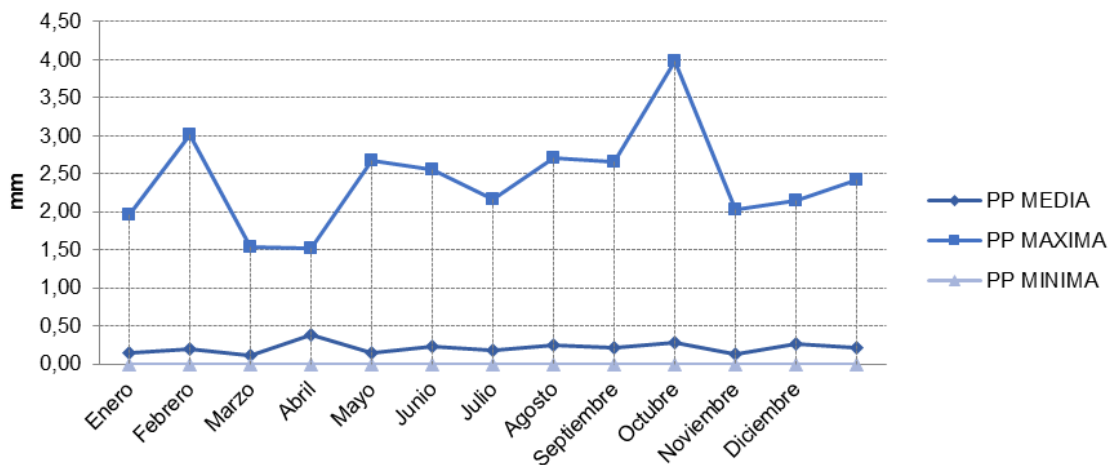
3.3.6.1 Precipitación Promedio Compilado.

Tabla 7. Precipitación promedio compilado suministrada por el IDEAM

| Promedio compilado | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|------|
| Mes | Prec media | Prec max | Prec min | Prec máxima | 0,15 |
| Enero | sin datos | sin datos | sin datos | Prec mínima | 0,03 |
| Febrero | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Marzo | sin datos | sin datos | sin datos | Prec máxima absoluta | 2,32 |
| Abril | sin datos | sin datos | sin datos | Prec máxima mínima | 0,35 |
| Mayo | 0,03 | 0,35 | 0,00 | | |
| Junio | 0,06 | 0,91 | 0,00 | Prec mínima máxima | 0,00 |
| Julio | 0,15 | 2,32 | 0,00 | Prec mínima absoluta | 0,00 |
| Agosto | 0,08 | 7,16 | 0,00 | | |
| Septiembre | 0,01 | 6,00 | 0,00 | | |
| Octubre | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| Noviembre | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Diciembre | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Promedio General | 0,07 | 0,89 | 0,00 | | |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Los resultados de las tabulaciones dan respuesta a que los dos últimos meses del año pertenecientes a noviembre y diciembre son los que presentan menores precipitaciones, así abril demuestra tener el valor más alto en promedio media. La variable tiene un promedio de 0,20 mm anual.

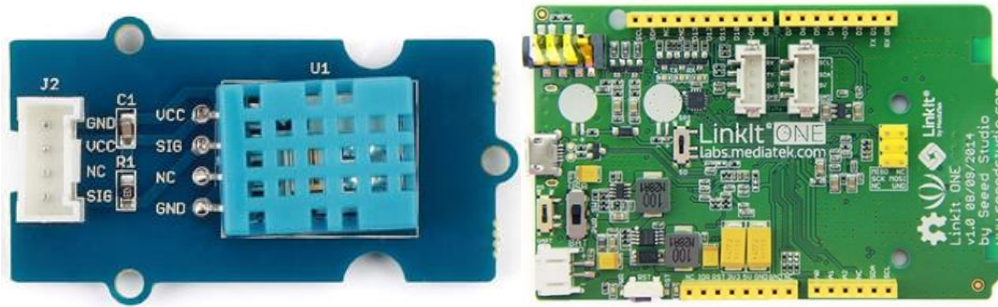
Figura 39. *Recopilación de precipitación*

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

3.4 Datos Climáticos IN SITU

La siguiente información fue tomada del proyecto *Estrategias para la Rehabilitación Energética de la Envolvente del Edificio Fray Angélico para la Mejora del Confort Térmico y Reducción del Gasto en Consumo de Energía* del grupo de investigación GINVEARQUI, en donde se desarrolló un dispositivo para realizar las medidas IN SITU de los datos climáticos que se requerían para el proceso de la investigación. Para esto se contó con la alianza entre los grupos de investigación de GINVEARQUI (Facultad de Arquitectura) y UNITEL (Facultad de Telecomunicaciones) de la Universidad Santo Tomás, quienes fueron los encargados de todo el proceso de ensamblaje del prototipo.

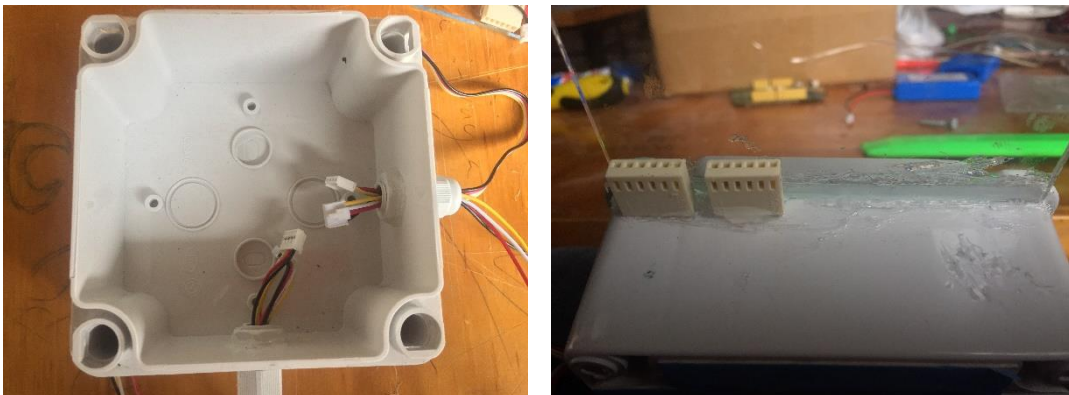
Linkit ONE: La placa de desarrollo LinKit ONE es una placa de código abierto de alto rendimiento para desarrollar prototipos de dispositivos Wearables4 y de Internet de las cosas (IoT).
Sensor de temperatura y humedad (DHT11): Este sensor de temperatura y humedad proporciona una salida digital precalibrada. Un elemento sensor capacitivo único mide la humedad relativa y la temperatura se mide mediante un termistor de coeficiente de temperatura negativo (NTC).

Figura 40 *Linkit ONE y Sensor de temperatura y humedad*

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

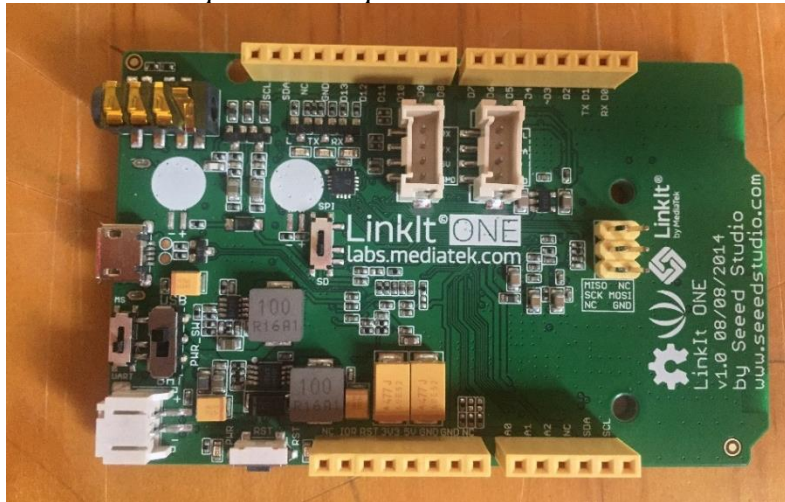
1er paso: Como primer paso se arma la caja de exterior y se realizan las dos perforaciones en dos de las caras laterales de la caja para poder pasar los cables de los sensores hacia el interior de la caja, lo siguiente es adherir los sensores a una cara lateral de la caja, igualmente que el corte de vidrio.

El corte de vidrio se debe adherir a la caja con la silicona Super Flex y los sensores si los vamos a dejar adheridos con silicona convencional. Como resultado vamos a tener lo siguiente:

Figura 41 *Caja con las aperturas para los cables y adhesión del vidrio para cubrir los sensores*

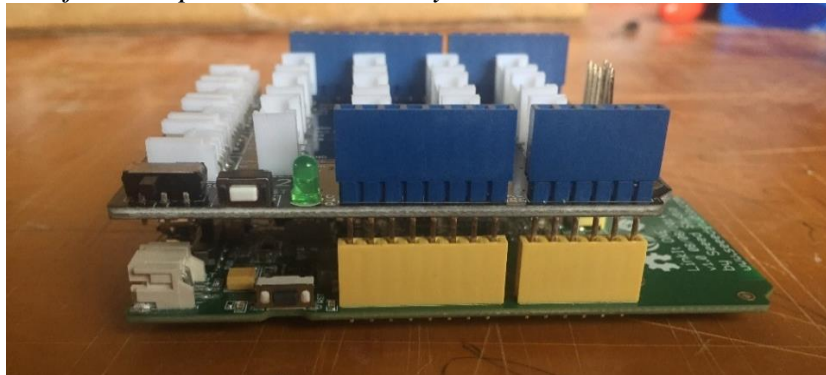
Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

2do paso: Proceder a cargar el programa en La tarjeta LinKit ONE, se debe tener los interruptores de SPI/SD, USB/BAT, MS/UART y 5V/3.3V en la siguiente disposición:

Figura 42 Disposición de Interruptores en la placa

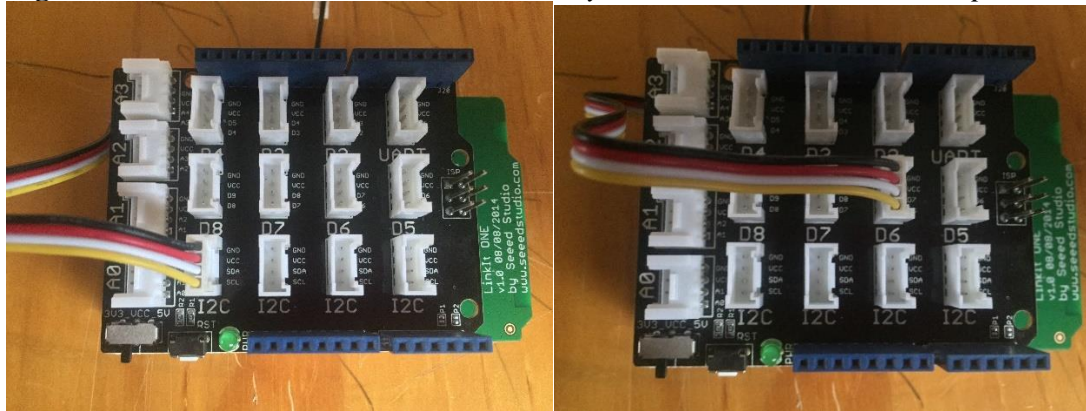
Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

3er paso: Conectar la placa a la computadora por medio de un cable de Micro USB – USB para proceder a cargar a cargar el código. Ubicar los interruptores en la Base Shield V2 encima de la tarjeta LinKit ONE de manera que todos los pines vayan en su puesto correspondiente, el montaje debe quedar de la siguiente manera:

Figura 43 Ensamblaje de las placas LinKit ONE y Base Shield

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

4to paso: Conectar los sensores en la placa Base Shield, y la batería a la placa LinKit ONE, a dejar los interruptores de la placa LinKit ONE en la correcta disposición para que pueda comenzar a trabajar dentro de la caja de exterior y por último ubicar de la manera más conveniente la placa dentro de la caja de exterior.

Figura 44 *Conexión del Sensor de Luz Solar y Conexión del sensor de Temperatura DHT11*

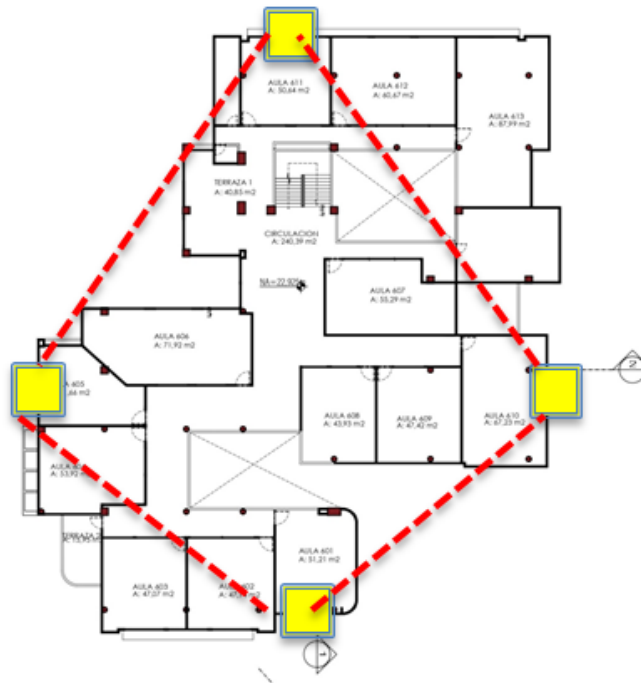
Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Por último, vamos a proceder a ponerla la tapa a la caja cerrando los prensaestopas para que la caja quede sellada totalmente para poder ubicar la caja en el punto de medición requerido

Figura 45. *Instalación de nodo en el punto de medición, fachada del Fray Angélico*

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI

Los datos climáticos se encuentran en el periodo de tiempo del 21 de agosto de 2018 hasta el 12 de noviembre de 2018 y el 28 de mayo al 6 de agosto del 2019, donde se reconocen los comportamientos de temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, precipitación. La tabulación se basa en el método de calibración de promedios ponderados para sintetizar la información de manera eficiente, obtenido en la investigación de convocatoria interna.

Figura 46. Ubicación de cucarrones en las fachadas del Fray Angélico

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI

El dispositivo fue instalado en diferentes fachadas del Edificio Fran Angélico para así poder tener un mayor registro de información que era almacenada y transmitida a una nube desde donde se llevó a cabo una recopilación y tabulación de los datos obtenidos.

3.4.1 Temperatura

Los datos de temperatura son tabulados a partir de los datos obtenidos en los años 2018-2019. Esta medido en grados centígrados, comprendiendo un periodo tabulado de agosto 21 a septiembre 12 de 2018 – mayo 28 a agosto 6 de 2019.

Unidad de medida: Grados Centígrados (C°).

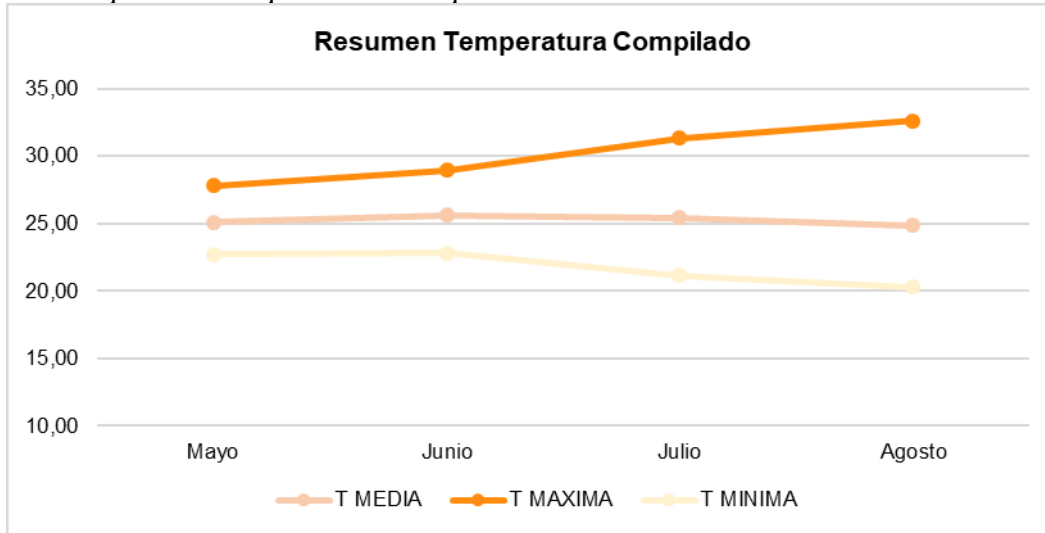
3.4.1.1 Temperatura Promedio Compilado

Tabla 8. *Temperatura promedio compilado suministrada por mediciones IN SITU*

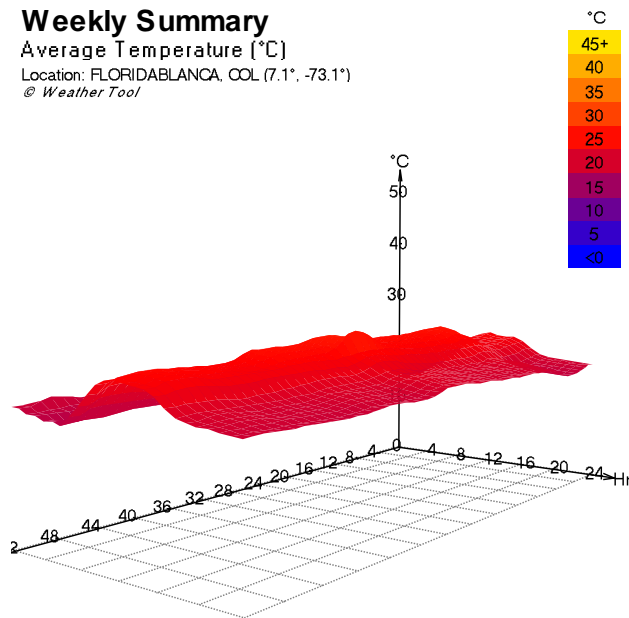
| Promedio compilado | | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Mes | T media | T máxima | T mínima |
| Enero | sin datos | sin datos | sin datos |
| Febrero | sin datos | sin datos | sin datos |
| Marzo | sin datos | sin datos | sin datos |
| Abril | sin datos | sin datos | sin datos |
| Mayo | 25,08 | 27,83 | 22,74 |
| Junio | 25,60 | 28,94 | 22,83 |
| Julio | 25,42 | 31,35 | 21,17 |
| Agosto | 24,85 | 32,60 | 20,28 |
| Septiembre | 24,94 | 32,70 | 20,32 |
| Octubre | sin datos | sin datos | sin datos |
| Noviembre | sin datos | sin datos | sin datos |
| Diciembre | sin datos | sin datos | sin datos |
| Promedio General | 25,18 | 30,68 | 21,47 |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 47. *Temperatura de promedio compilado*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 48. *Temperatura de promedio compilado, sinusoide 3D elaborado en Ecotect Analysis*

Elaboración propia

La actividad de la temperatura en los rangos tabulados presenta una temperatura mínima de 21,47°C y un máximo de 30,68°C, manteniendo un promedio de 25,18°C. Esta medición fue tomada desde la cubierta del edificio. En el mes de septiembre, se alcanza el mayor registro de actividad en temperatura, alcanzando los 32,70 °C, estas alteraciones traen consecuencias marcadas en el confort de los espacios internos y en el rendimiento del desarrollo de las actividades en los usuarios.

3.4.2 Humedad Relativa

Los datos de humedad relativa son tabulados a partir de los datos obtenidos en los años 2018- 2019. Esta medido en grados centígrados, comprendiendo un periodo tabulado de agosto 21 a septiembre 12 de 2018 – mayo 28 a agosto 6 de 2019.

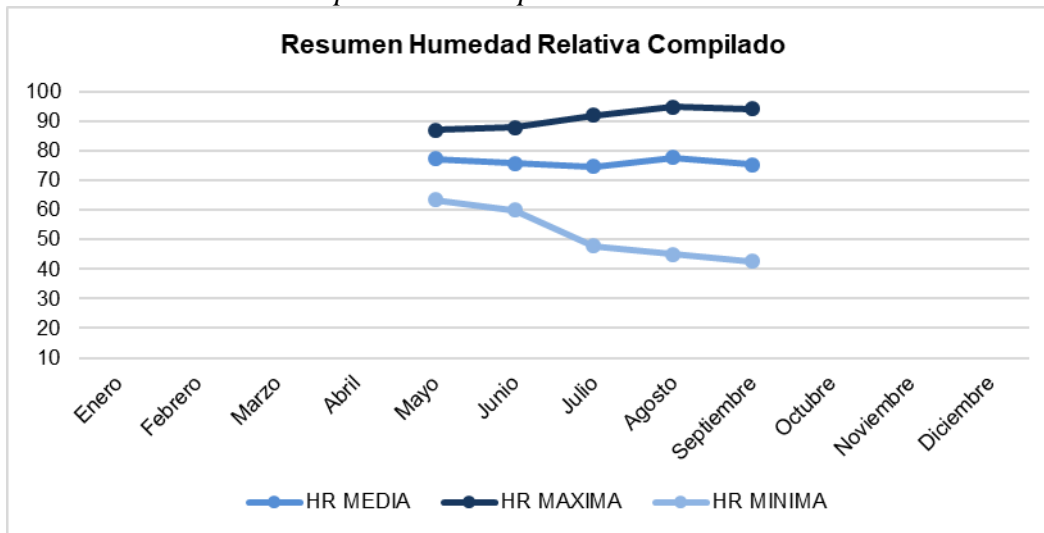
3.4.2.1 Humedad Relativa Promedio Compilado.

Tabla 9. *Humedad relativa promedio compilado suministrada por mediciones IN SITU*

| Promedio compilado | | | | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-------|
| Mes | HR media | HR máxima | HR mínima | HR máxima | 77,57 |
| Enero | Sin datos | Sin datos | Sin datos | HR mínima | 74,71 |
| Febrero | Sin datos | Sin datos | Sin datos | | |
| Marzo | Sin datos | Sin datos | Sin datos | HR máxima absoluta | 94,73 |
| Abril | Sin datos | Sin datos | Sin datos | HR máxima mínima | 87,05 |
| Mayo | 77,19 | 87,05 | 63,45 | | |
| Junio | 75,64 | 87,75 | 59,99 | HR mínima máxima | 63,45 |
| Julio | 74,71 | 91,96 | 47,85 | HR mínima absoluta | 42,50 |
| Agosto | 77,57 | 94,73 | 45,03 | | |
| Septiembre | 75,24 | 94,04 | 42,50 | | |
| Octubre | Sin datos | Sin datos | Sin datos | | |
| Noviembre | Sin datos | Sin datos | Sin datos | | |
| Diciembre | Sin datos | Sin datos | Sin datos | | |
| Promedio General | 76,07 | 91,11 | 51,76 | | |

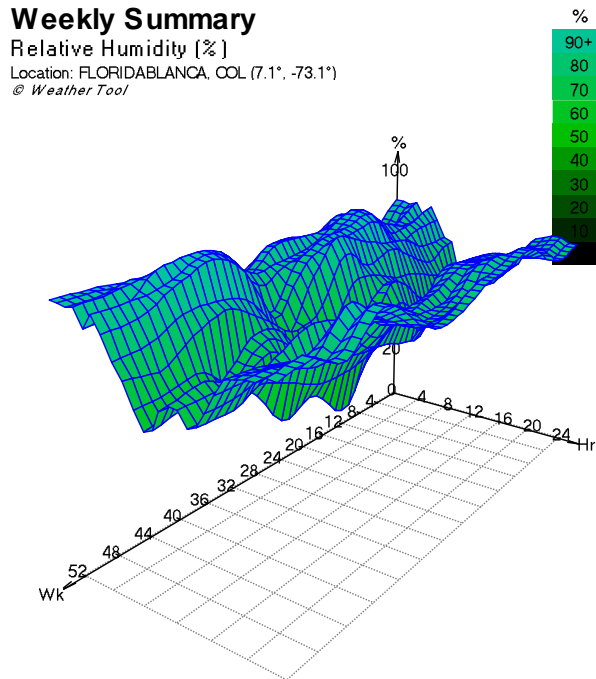
Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 49. *Humedad relativa de promedio compilado*



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 50. *Humedad relativa de promedio compilado, senoide 3D elaborado en Ecotect Analysis*



Elaboración propia

Realizado el análisis de los datos climáticos, los niveles de humedad en Floridablanca son altos, alcanzando un 76,07%, siendo los meses de mayo y agosto los que presentan promedios más altos, por encima del 70%. Esto provoca que la sensación térmica de un espacio aumente.

3.4.3 Precipitación

Los datos de la precipitación son tabulados a partir de los datos obtenidos en los años 2018-2019. Esta medido en grados centígrados, comprendiendo un periodo tabulado de agosto 21 a septiembre 12 de 2018 – mayo 28 a agosto 6 de 2019.

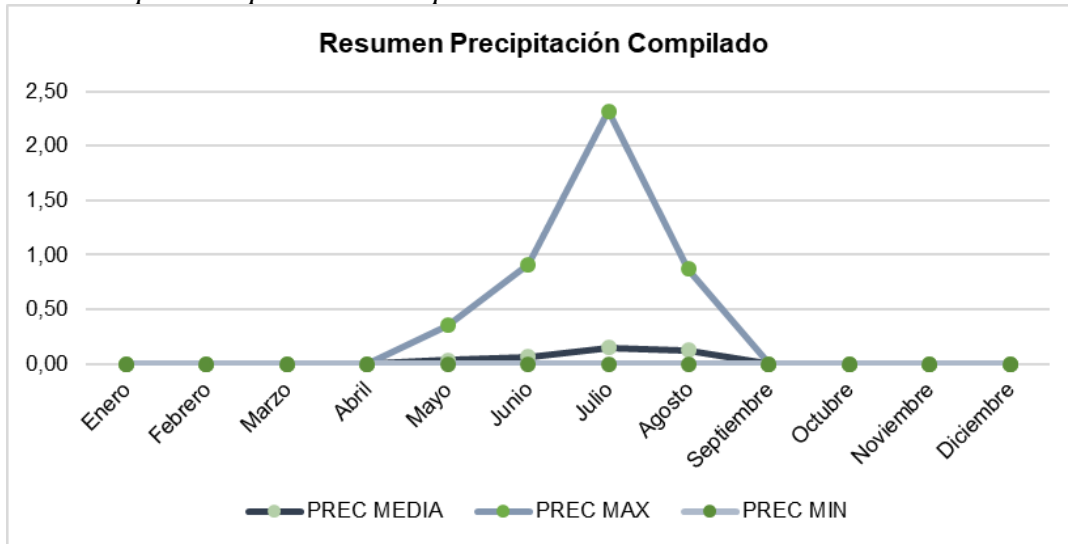
3.4.3.1 Precipitación Promedio Compilado.

Tabla 10. Precipitación promedio compilado suministrada por mediciones IN SITU

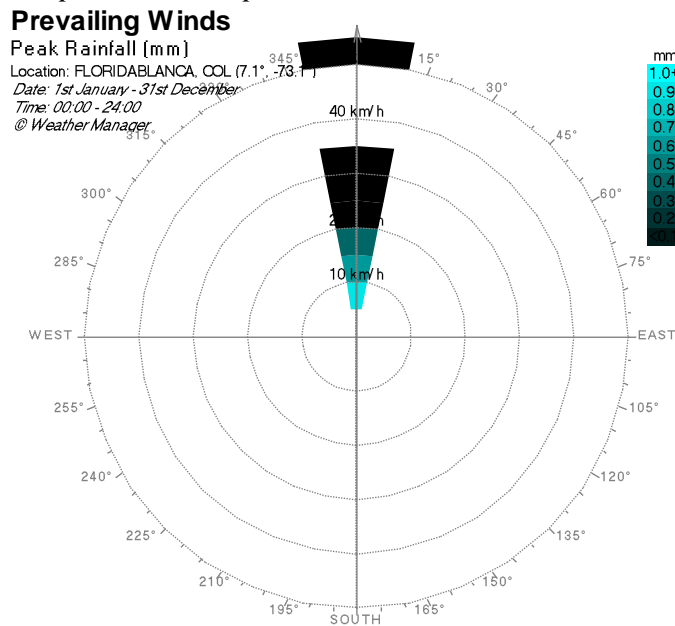
| PROMEDIO COMPILADO | | | | | |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|-------------|-------|
| MES | PREC MEDIA | PREC MAX | PREC MIN | PREC MAXIMA | 0,89 |
| Enero | sin datos | sin datos | sin datos | PREC MINIMA | 0,00 |
| Febrero | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Marzo | sin datos | sin datos | sin datos | PREC MEDIA | 0,007 |
| Abril | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Mayo | 0,03 | 0,35 | 0,00 | | |
| Junio | 0,06 | 0,91 | 0,00 | | |
| Julio | 0,15 | 2,32 | 0,00 | | |
| Agosto | 0,12 | 0,87 | 0,00 | | |
| Septiembre | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| Octubre | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Noviembre | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Diciembre | sin datos | sin datos | sin datos | | |
| Promedio General | 0,07 | 0,89 | 0,00 | | |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 51. Precipitación promedio compilado



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 52. Precipitación promedio compilado, elaborado en Ecotect Analysis

Elaboración propia

En un análisis general, se presenta un bajo nivel de precipitación, siendo julio en el año 2019 el valor más alto con una precipitación de 2,32mm, el valor min responde a 0,00 en todos los meses tabulados, dando un promedio de 0,07 mm, este valor responde a una lluvia muy ligera por inferior a los 0,25 mm.

3.5 Recopilación de Datos Climáticos

La tabulación de datos de manera individual permite visualizar en una forma detallada los rangos de las variables, pero al momento de comparar todos los comportamientos en una tabla, resulta mucho más eficaz ver las alteraciones que producen unos elementos con respecto a otros. Por lo tanto, ayuda a identificar de manera rápida las horas pico, donde evidencia las problemáticas y con respecto a cuál variable se presenta, así se maneja de manera completa todas las estrategias en los edificios.

3.5.1 Recopilaciones Variables de Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación

Esta tabulación se basa en el promedio compilado de los resultados en las mediciones del IDEAM e IN SITU, ya que para completar el fichero bioclimático se debe tener la información ordenada y sustentada para un óptimo resultado en las simulaciones.

Por medio de los dispositivos de monitoreo instalados en el edificio se realizó la compilación de las variables como humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, presión atmosférica y precipitación las cuales son terminantes para la elaboración del fichero con el cual se iba a realizar la calibración del archivo de *Design Builder* en el cual se iban a realizar las simulaciones. De tal manera, se siguen los siguientes pasos:

1. Recopilación de datos de la nube
2. Tabulación de variables en Excel

Figura 53. Tabulación de datos de temperatura en Excel

| | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 257 | 20.6 | 21.3 | 21.3 | 23.3 | 24.4 | 25.8 | 26.4 | 27.2 | 26.4 | 25.8 | 25.5 | 25.1 | 23.6 | 22.4 | 21.5 |
| 258 | 19.9 | 20.9 | 23.0 | 25.3 | 27.2 | 26.8 | 26.6 | 25.4 | 25.9 | 24.9 | 25.0 | 24.2 | 23.6 | 23.0 | 22.5 |
| 259 | 20.6 | 20.8 | 22.6 | 24.3 | 27.0 | 27.2 | 27.1 | 25.4 | 25.0 | 24.8 | 24.4 | 23.7 | 22.9 | 22.5 | 22.6 |
| 260 | 19.9 | 20.5 | 22.7 | 25.4 | 25.4 | 25.1 | 26.2 | 27.2 | 23.3 | 23.6 | 24.8 | 24.1 | 23.7 | 23.1 | 22.9 |
| 261 | 19.7 | 21.7 | 23.7 | 25.6 | 27.0 | 28.3 | 25.7 | 26.2 | 26.7 | 26.8 | 26.0 | 25.4 | 24.1 | 23.7 | 23.2 |
| 262 | 20.8 | 23.3 | 23.8 | 26.7 | 29.0 | 29.2 | 28.3 | 27.9 | 27.9 | 28.5 | 28.6 | 27.2 | 26.2 | 25.0 | 24.7 |
| 263 | 20.8 | 22.0 | 24.9 | 25.7 | 27.7 | 28.9 | 29.4 | 28.8 | 23.8 | 25.1 | 25.4 | 24.7 | 23.8 | 23.7 | 23.2 |
| 264 | 19.9 | 20.2 | 21.6 | 23.0 | 26.5 | 27.6 | 29.6 | 30.4 | 28.9 | 28.9 | 29.0 | 24.5 | 24.2 | 23.7 | 23.1 |
| 265 | 20.9 | 22.8 | 25.6 | 26.1 | 27.8 | 28.5 | 29.4 | 27.3 | 27.5 | 27.0 | 26.2 | 24.7 | 24.5 | 23.9 | 23.5 |
| 266 | 20.2 | 20.4 | 22.5 | 26.1 | 27.7 | 28.6 | 28.0 | 28.5 | 29.3 | 27.7 | 26.4 | 25.7 | 25.2 | 24.2 | 23.6 |
| 267 | 20.6 | 22.4 | 23.6 | 26.0 | 25.6 | 25.6 | 23.7 | 23.8 | 24.0 | 24.5 | 25.2 | 24.9 | 22.5 | 22.4 | 22.7 |
| 268 | 19.8 | 21.3 | 22.5 | 25.8 | 27.7 | 29.4 | 28.1 | 26.4 | 26.3 | 26.9 | 27.0 | 25.2 | 24.4 | 23.9 | 23.7 |
| 269 | 21.3 | 21.2 | 23.6 | 25.6 | 26.5 | 27.7 | 28.8 | 29.4 | 28.1 | 27.4 | 25.0 | 25.1 | 24.2 | 23.7 | 23.1 |
| 270 | 20.2 | 20.3 | 21.3 | 22.7 | 24.7 | 26.1 | 26.3 | 26.8 | 26.4 | 26.4 | 25.8 | 24.4 | 23.1 | 22.6 | 22.9 |
| 271 | 20.5 | 22.0 | 23.4 | 25.5 | 27.6 | 27.1 | 27.0 | 27.4 | 27.3 | 26.7 | 26.9 | 25.7 | 24.7 | 23.9 | 23.5 |
| 272 | 21.9 | 23.8 | 24.9 | 26.7 | 28.2 | 28.6 | 27.5 | 27.3 | 26.7 | 26.2 | 26.6 | 26.1 | 25.1 | 24.2 | 24.3 |
| 273 | 20.7 | 22.5 | 23.5 | 25.8 | 27.9 | 27.7 | 28.7 | 28.2 | 27.2 | 28.4 | 26.6 | 26.0 | 24.7 | 24.1 | 23.8 |
| 274 | 21.0 | 23.0 | 24.9 | 26.6 | 29.2 | 28.1 | 28.2 | 27.5 | 28.7 | 29.4 | 28.2 | 24.2 | 23.4 | 23.0 | 22.7 |
| 275 | 20.6 | 22.2 | 24.3 | 24.9 | 26.2 | 28.0 | 28.6 | 27.9 | 28.7 | 29.2 | 27.0 | 26.0 | 24.8 | 24.0 | 23.6 |
| 276 | 19.7 | 21.0 | 22.4 | 23.8 | 26.1 | 27.4 | 27.2 | 25.7 | 25.6 | 26.3 | 26.0 | 24.4 | 23.1 | 22.5 | 21.1 |
| 277 | 20.3 | 21.1 | 21.8 | 23.4 | 24.5 | 27.1 | 28.0 | 27.8 | 26.9 | 26.9 | 26.8 | 25.3 | 23.7 | 23.1 | 22.8 |
| 278 | 19.8 | 19.5 | 20.3 | 21.2 | 23.1 | 26.8 | 25.4 | 26.1 | 26.7 | 26.8 | 25.1 | 24.4 | 23.5 | 23.0 | 22.5 |
| 279 | 21.4 | 22.8 | 22.3 | 25.1 | 27.5 | 28.2 | 27.8 | 28.4 | 27.6 | 26.9 | 26.1 | 25.4 | 24.5 | 23.9 | 23.6 |
| 280 | 21.3 | 19.0 | 21.6 | 23.4 | 22.8 | 24.0 | 25.6 | 28.0 | 26.6 | 23.5 | 22.3 | 22.2 | 21.4 | 21.3 | 21.6 |
| 281 | 20.4 | 22.0 | 23.4 | 25.0 | 26.9 | 28.1 | 28.3 | 28.7 | 28.0 | 27.5 | 24.9 | 24.5 | 24.2 | 23.8 | 23.8 |
| 282 | 20.9 | 21.0 | 22.2 | 22.7 | 25.0 | 25.1 | 25.3 | 24.7 | 24.9 | 25.3 | 24.9 | 23.6 | 22.5 | 22.1 | 22.0 |
| 283 | 20.3 | 20.8 | 21.4 | 23.7 | 24.5 | 25.2 | 25.3 | 26.0 | 25.2 | 24.3 | 24.8 | 23.6 | 23.1 | 22.6 | 22.5 |
| 284 | 20.7 | 21.0 | 23.4 | 25.1 | 26.9 | 26.7 | 26.1 | 25.9 | 25.0 | 24.7 | 24.1 | 23.5 | 22.0 | 20.8 | 20.6 |
| 285 | 20.4 | 20.6 | 20.8 | 21.7 | 24.5 | 25.7 | 27.8 | 28.2 | 28.0 | 25.6 | 25.0 | 24.6 | 23.1 | 22.8 | 22.5 |
| 286 | 20.9 | 21.3 | 23.2 | 23.9 | 25.9 | 27.3 | 25.6 | 26.4 | 27.1 | 25.0 | 24.1 | 23.5 | 22.9 | 22.8 | 22.7 |
| 287 | 20.9 | 20.7 | 21.3 | 23.2 | 24.7 | 25.8 | 24.8 | 25.3 | 25.6 | 26.0 | 24.1 | 22.7 | 22.0 | 21.5 | 21.4 |
| 288 | 19.7 | 20.8 | 22.6 | 25.6 | 27.0 | 27.0 | 25.9 | 26.0 | 26.0 | 26.2 | 26.7 | 25.6 | 24.1 | 23.5 | 22.9 |
| 289 | 21.8 | 21.5 | 23.1 | 24.1 | 27.1 | 28.5 | 28.4 | 27.0 | 26.5 | 26.9 | 25.7 | 24.5 | 23.5 | 23.4 | 23.2 |
| 290 | 20.4 | 23.1 | 25.0 | 26.7 | 28.0 | 26.8 | 26.6 | 25.3 | 24.7 | 24.7 | 24.7 | 25.4 | 24.2 | 24.6 | 22.1 |
| 291 | 19.8 | 21.6 | 22.6 | 23.9 | 25.5 | 28.1 | 27.0 | 27.0 | 26.8 | 24.8 | 24.6 | 24.3 | 22.9 | 22.0 | 21.9 |
| 292 | 20.2 | 21.0 | 24.1 | 25.6 | 26.7 | 27.9 | 27.0 | 26.4 | 26.3 | 26.6 | 26.8 | 25.5 | 24.0 | 23.6 | 23.3 |
| 293 | 20.2 | 21.4 | 21.9 | 21.4 | 21.8 | 23.4 | 24.6 | 25.2 | 24.8 | 25.3 | 25.8 | 24.8 | 23.2 | 23.7 | 22.2 |
| 294 | 20.0 | 22.1 | 23.8 | 26.0 | 28.0 | 28.1 | 27.2 | 27.4 | 27.3 | 26.3 | 25.3 | 24.4 | 24.1 | 23.3 | 21.5 |
| 295 | 20.1 | 21.8 | 23.9 | 25.2 | 27.2 | 28.2 | 27.1 | 25.4 | 25.5 | 25.2 | 24.0 | 23.5 | 23.1 | 22.7 | 22.7 |
| 296 | 19.7 | 20.8 | 23.6 | 25.3 | 26.7 | 27.9 | 27.0 | 28.1 | 28.4 | 28.2 | 27.5 | 26.8 | 24.3 | 23.2 | 23.2 |
| 297 | 20.4 | 21.6 | 23.7 | 25.6 | 28.2 | 28.1 | 27.7 | 27.3 | 27.8 | 26.9 | 27.2 | 26.5 | 24.2 | 23.9 | 23.6 |
| 298 | 21.8 | 23.2 | 24.3 | 25.9 | 25.6 | 25.5 | 26.0 | 27.7 | 26.5 | 25.9 | 26.0 | 23.9 | 23.3 | 22.9 | 22.8 |

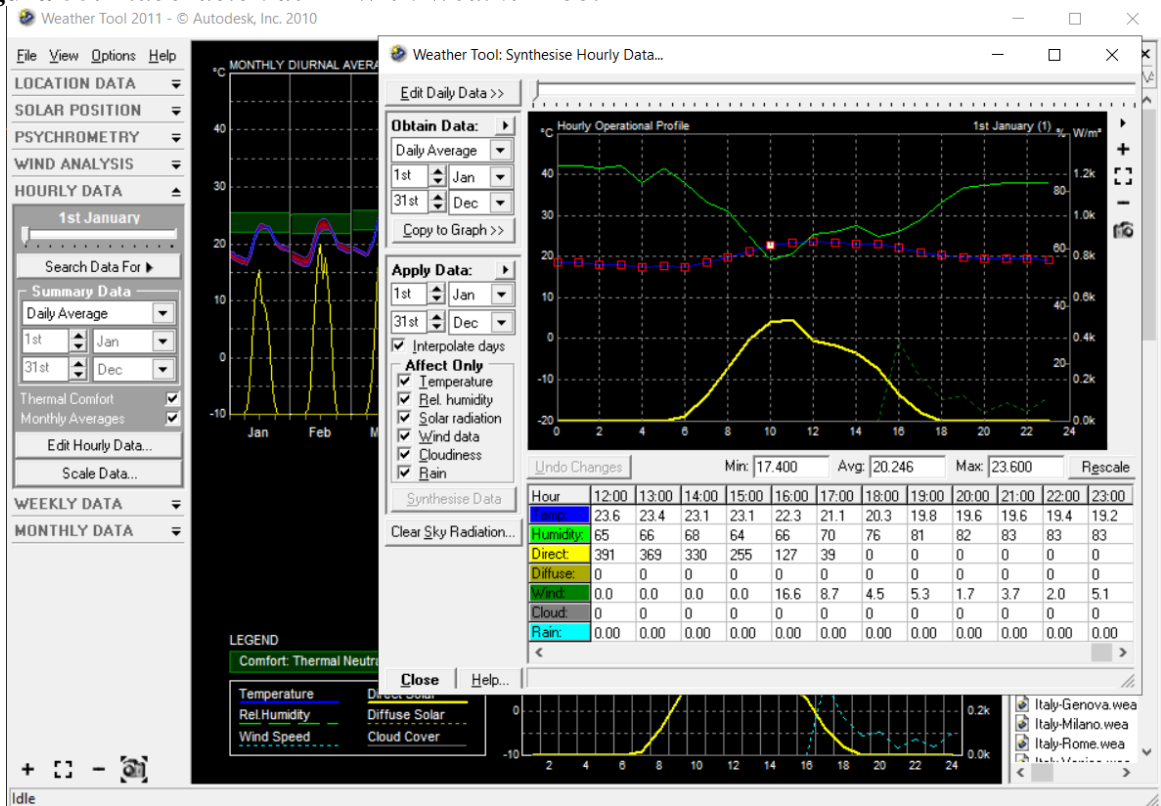
3. Promedio compilado de variables para elaborar el fichero en ECOTECH

Figura 54. Promedio anual de Temperatura

| MES | AÑO 2010 | | | AÑO 2011 | | | AÑO 2012 | | | AÑO 2013 | | | AÑO 2014 | | | AÑO 2018 | | |
|------------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|----------|--------|-----------|
| | Tª MEDIA | MAXIMA | Tª MINIMA | Tª MEDIA | MAXIMA | Tª MINIMA | Tª MEDIA | MAXIMA | Tª MINIMA | Tª MEDIA | MAXIMA | Tª MINIMA | Tª MEDIA | MAXIMA | Tª MINIMA | Tª MEDIA | MAXIMA | Tª MINIMA |
| Enero | 21,93 | 26,09 | 18,52 | 20,57 | 24,49 | 17,31 | 20,58 | 24,39 | 17,68 | 21,71 | 25,93 | 18,41 | 21,35 | 25,25 | 18,52 | | | |
| Febrero | 22,17 | 26,26 | 19,21 | 20,65 | 24,8 | 17,59 | 21,10 | 24,39 | 17,67 | 20,95 | 24,7 | 18,14 | 21,59 | 25,47 | 18,47 | | | |
| Marzo | | | | 20,23 | 24,74 | 17,31 | 20,87 | 24,41 | 17,62 | 21,35 | 25,32 | 18,49 | | | | | | |
| Abril | | | | 20,41 | 25,2 | 17,49 | 20,95 | 24,47 | 17,60 | 21,07 | 25,08 | 18,33 | 21,63 | 26,24 | 18,43 | | | |
| Mayo | 21,29 | 25,69 | 18,41 | 20,65 | 25,25 | 17,76 | 20,86 | 24,58 | 17,62 | 20,69 | 25,36 | 17,74 | 21,17 | 25,75 | 18,25 | | | |
| Junio | 20,73 | 25,06 | 17,84 | 20,83 | 25,46 | 17,90 | 20,91 | 24,58 | 17,65 | 20,9 | 25,49 | 17,93 | 21,59 | 25,93 | 18,47 | | | |
| Julio | 20,30 | 24,66 | 17,52 | 20,61 | 25,37 | 17,54 | 20,95 | 24,55 | 17,70 | 20,90 | 24,86 | 17,99 | 21,99 | 26,7 | 18,55 | | | |
| Agosto | 20,48 | 24,81 | 17,73 | 20,92 | 26,15 | 17,52 | 20,83 | 24,56 | 17,69 | | | | 20,99 | 26,03 | 17,59 | 25,07 | 33,26 | 20,24 |
| Septiembre | 20,10 | 24,74 | 17,08 | 20,82 | 25,57 | 17,58 | 20,97 | 24,51 | 17,71 | | | | 21,14 | 25,84 | 17,9 | 24,94 | 32,70 | 20,32 |
| Octubre | 20,31 | 24,65 | 17,39 | 19,71 | 24,01 | 17,05 | 20,49 | 24,50 | 17,71 | | | | 20,55 | 25,13 | 17,55 | | | |
| Noviembre | 19,61 | 23,68 | 17,04 | 20,05 | 24,19 | 17,4 | 20,91 | 24,50 | 17,71 | | | | 20,46 | 24,36 | 17,71 | | | |
| Diciembre | 19,55 | 23,45 | 16,91 | 20,10 | 24,01 | 17,46 | 20,63 | 24,51 | 17,70 | 20,42 | 24,27 | 17,78 | 20,81 | 24,94 | 17,65 | | | |
| PROMEDIO | 20,65 | 24,91 | 17,765 | 20,46 | 24,94 | 17,49 | 20,79 | 24,50 | 17,67 | 21,00 | 25,13 | 18,10 | 21,21 | 25,60 | 18,10 | 25,01 | 32,98 | 20,28 |

4. Ingreso de datos en Weather Tool

Figura 55. Elaboración de EPW en Weather Tool



5. Análisis de gráficas del comportamiento de las variables

6. Exportación de EPW

3.6 Conclusiones

- Este análisis permite visualizar de manera directa cómo el sol puede afectar las fachadas del edificio, generando un sobrecalentamiento en los espacios interiores. Se puede evidenciar que no sólo las fachadas que dan a este y oeste pueden recibir radiación, también las norte y sur, ya que la inclinación del sol permite que este entre a estos espacios.
- Las estrategias bioclimáticas para la rehabilitación deben responder a todas las fachadas en cuanto al comportamiento solar, ya sea con aleros o lamas que integren un óptimo desarrollo de ingreso en luz natural sin cortar el flujo de aire.
- Una de las ventajas al tener mediciones in situ, es conocer el comportamiento de las variables en el tiempo real, observando de manera detallada cada alteración en las horas del día y así poder identificar el orden y prioridad de las estrategias para la mejora del confort térmico.
- Tener una visualización completa del comportamiento de los picos climáticos en el edificio, permite poner en evidencia las fachadas con mayor afectación y sus puntos críticos.
- El comportamiento climático tiende a variar en diferentes meses del año, por lo tanto, al manejar la comparación de estos cambios, se puede hacer un análisis comparativo sobre la alteración anual y como esta puede comportarse respecto a las estrategias aplicadas en los años siguientes.

4. Fase II: Creación de Fichero Bioclimático

Figura 56. Proceso desarrollo fase II



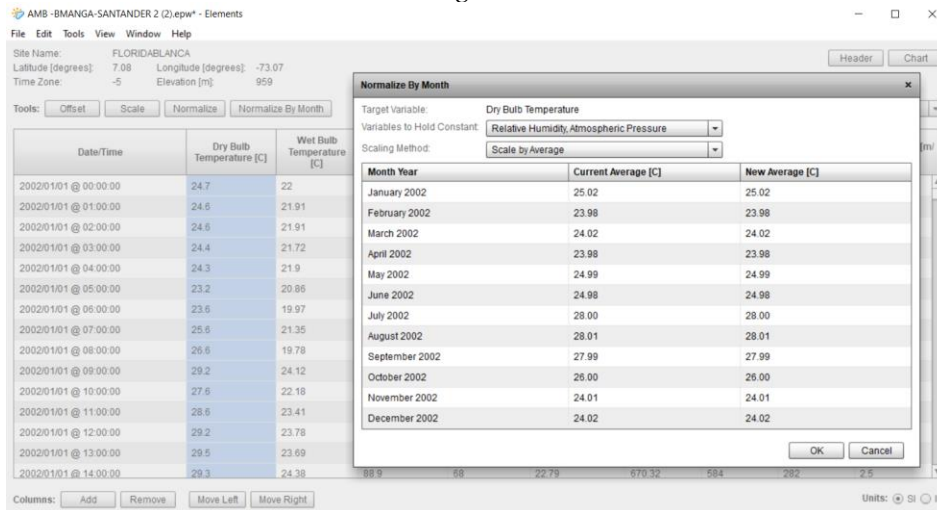
4.1 Creación de Base de Datos Calibrable

Teniendo en cuenta la tabulación realizada en *Weather Data* se analizan las variables para elaborar el archivo EPW, el cual se desarrolla a partir de las variables climáticas recogidas por la nube. Por medio de los equipos de monitoreo instalados en el edificio se realizó la compilación de las variables como humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, presión atmosférica y precipitación las cuales son terminantes para la elaboración del fichero con el cual se iba a realizar la calibración del archivo de *Design Builder* en el cual se iban a realizar las simulaciones.

4.2 Configuración de Archivo de Simulación

4.2.1 Verificación y Exportación a Través de Elements

Figura 57. Análisis de la Tabulación en el Programa Elements



La configuración del fichero bioclimático utilizado en los softwares de simulación se realiza a partir de la exportación del EPW realizado en *Weather tool*, la visualización completa de las variables en *Climate Consultant* permite analizar por medio de las gráficas si el archivo estará en condiciones de generar una simulación y que todo esté en orden.

Figura 58. *Weather Data* fichero bioclimático *Climate Consultant*

Climate Consultant 6.0 (Build 16, Jan 23, 2020) File Criteria Charts Help

| WEATHER DATA SUMMARY | | LOCATION: FLORIDABLANCA, -, SANTANDER | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | | Latitude/Longitude: 7.08° North, 73.07° West, Time Zone from Greenwich -5 | | | | | | | | | | | |
| | | Data Source: Custom-231950 231950 WMO Station Number, Elevation 959 m | | | | | | | | | | | |
| MONTHLY MEANS | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC | |
| Global Horiz Radiation (Avg Hourly) | 446 | 448 | 422 | 411 | 389 | 393 | 395 | 397 | 405 | 376 | 392 | 394 | Wh/sq.m |
| Direct Normal Radiation (Avg Hourly) | 366 | 345 | 277 | 243 | 198 | 214 | 213 | 187 | 208 | 202 | 249 | 296 | Wh/sq.m |
| Diffuse Radiation (Avg Hourly) | 219 | 238 | 245 | 244 | 262 | 239 | 243 | 264 | 265 | 242 | 233 | 215 | Wh/sq.m |
| Global Horiz Radiation (Max Hourly) | 991 | 1006 | 1020 | 1054 | 1082 | 1063 | 1044 | 1048 | 1035 | 1033 | 1054 | 931 | Wh/sq.m |
| Direct Normal Radiation (Max Hourly) | 864 | 852 | 917 | 1093 | 1100 | 923 | 874 | 1045 | 1100 | 833 | 919 | 892 | Wh/sq.m |
| Diffuse Radiation (Max Hourly) | 435 | 467 | 487 | 487 | 484 | 468 | 476 | 488 | 489 | 480 | 451 | 417 | Wh/sq.m |
| Global Horiz Radiation (Avg Daily Total) | 5191 | 5279 | 5059 | 5003 | 4794 | 4883 | 4894 | 4858 | 4878 | 4458 | 4585 | 4571 | Wh/sq.m |
| Direct Normal Radiation (Avg Daily Total) | 4269 | 4063 | 3315 | 2960 | 2446 | 2666 | 2644 | 2292 | 2505 | 2395 | 2916 | 3433 | Wh/sq.m |
| Diffuse Radiation (Avg Daily Total) | 2559 | 2802 | 2938 | 2975 | 3234 | 2974 | 3015 | 3231 | 3199 | 2870 | 2731 | 2500 | Wh/sq.m |
| Global Horiz Illumination (Avg Hourly) | 49263 | 49570 | 47017 | 45857 | 43742 | 43951 | 44327 | 44654 | 45482 | 42415 | 43896 | 43934 | lux |
| Direct Normal Illumination (Avg Hourly) | 30873 | 29766 | 23574 | 20661 | 15900 | 17737 | 17474 | 14554 | 16264 | 16400 | 20756 | 24726 | lux |
| Dry Bulb Temperature (Avg Monthly) | 25 | 23 | 24 | 23 | 24 | 24 | 27 | 28 | 27 | 25 | 24 | 24 | degrees C |
| Dew Point Temperature (Avg Monthly) | 21 | 20 | 20 | 21 | 22 | 21 | 24 | 24 | 24 | 23 | 21 | 21 | degrees C |
| Relative Humidity (Avg Monthly) | 81 | 80 | 81 | 84 | 84 | 84 | 83 | 83 | 83 | 85 | 85 | 83 | percent |
| Wind Direction (Monthly Mode) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | degrees |
| Wind Speed (Avg Monthly) | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | m/s |
| Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths) | 22 | 22 | 22 | 22 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 22 | degrees C |

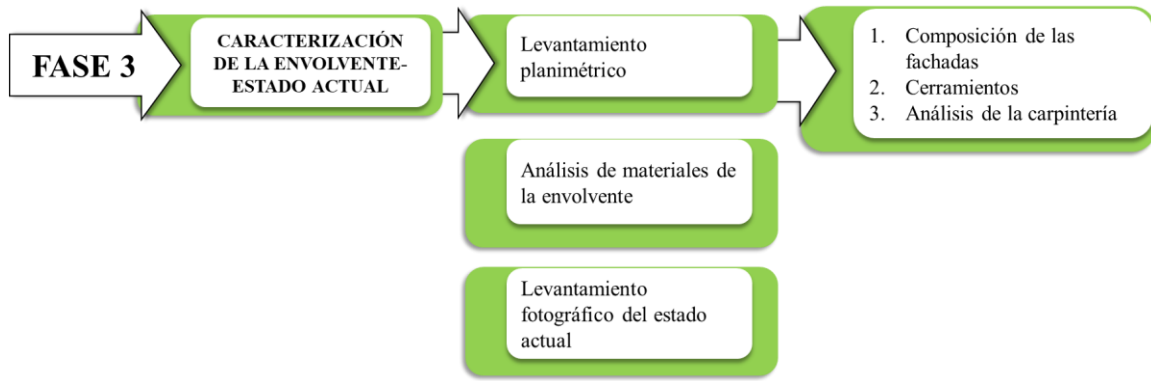
Back Next

4.2.2 Exportar Archivo A Design Builder

Esta exportación, se basa en acomodar los últimos detalles del fichero para llevar a cabo las simulaciones energéticas, analizando resultados cuantitativos del comportamiento de las variables que pueden llegar a afectar el proyecto de manera directa.

Design Builder permite visualizar el comportamiento de iluminación y ventilación natural en los espacios interiores, sacando una gráfica estadística que enseña los picos con peor resultado.

5. Fase III: Caracterización de la Envolvente – Estado Actual



En el Fray Angélico se ha visto incrementado el crecimiento de ocupación, ya que al pasar los años esté ha mezclado su uso de facultad de arquitectura con otras disciplinas, modificando las plantas con la división de salones, el uso de algunos espacios y adecuación total de plantas como la del sexto, que siendo una terraza se adaptó para ser de uso educativo, conformada por 13 aulas de uso teórico – práctico.

5.1 Análisis de la Planimetría

La elección de la planta para llevar a cabo el análisis del edificio Fray Angélico es la del sexto piso, por las siguientes razones:

- Dadas las simulaciones realizadas en el estudio del comportamiento de las plantas, que se podrán encontrar en los anexos, la planta 6 refleja un bajo menor en los LUX en la mayor parte de las horas del día.
- Está directamente expuesta a la radiación ya que es la que se conecta con la cubierta, generando así un sobrecalentamiento en todos los espacios interiores.

- Esta planta fue un resultado de modificación del edificio, ya que el alto nivel de ocupación demandó más aulas de clase, por lo tanto, los acabados y la planificación de esta planta se reflejan en los bajos niveles de confort de los estudiantes.
- El uso principal es netamente académico.
- Sus espacios interiores son uno de los más problemáticos en los conceptos de los estudiantes, ya que se quejan continuamente de la acústica e ingreso de recursos naturales como iluminación y ventilación natural en las aulas.

Figura 59. Análisis de plantas edificio Fray Angélico



Nota: Sin escala

- Planta 6: Netamente uso académico. Esta planta se caracteriza principalmente por su adaptación y cambio de uso en el cual se ve una proyección de división de salones para uso multidisciplinario, mezclando el uso teórico y académico.

El análisis de estos espacios interiores se debe realizar teniendo en cuenta el uso, ya que a partir de él se puede cuadrar los datos fundamentales para realizar la simulación energética de confort y demás.

5.1.1 Plantas

5.1.1.1 Planta Sexto Piso.

Figura 60. Distribución de espacios en la planta 5



Nota: Sin escala. Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

El Fray Angélico se ha caracterizado por la flexibilidad en la adecuación de espacios y un ejemplo claro es la planta del piso 6, la cual anteriormente era una terraza y se convirtió en un espacio de 14 aulas de clases, de sentido teórico – práctico, esto permitió distribuir mejor la mezcla de las diferentes facultades que ven clase en el edificio.

Al tener contacto directo con la cubierta, ha hecho que los espacios internos de esta planta sean lo menos confortables del edificio, ya que presentan un sobrecalentamiento a diferentes horas de la jornada, en especial en el pico del medio día, donde el sol se encuentra perpendicular a la cubierta, reflejando toda la incidencia de radiación en ella.

Aunque este se presente expuesto ante la luz solar, no tiene buena eficiencia de iluminación en las aulas, ya que en la mayoría se debe prender la luz desde las 6:00am en adelante.

Figura 61. *Vista a salones de fachada norte*



Fotografía #1 tomada en sitio

Figura 62. *Vista a salones del interior*



Fotografía #2 tomada en sitio

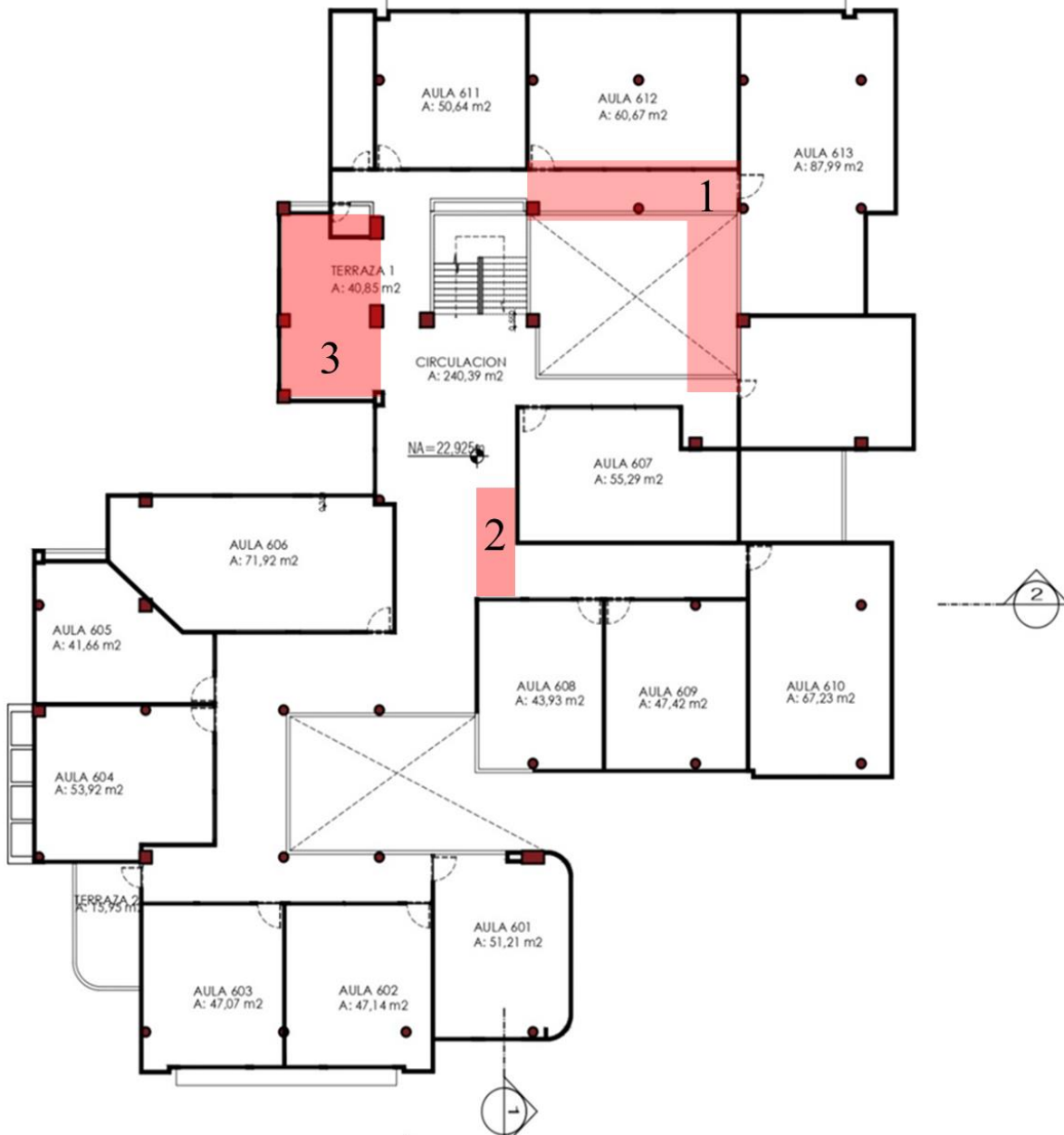
Figura 63. *Áreas de esparcimiento planta 6*



Fotografía #3 tomada en sitio

5.1.1.1.1 Planta Sexto Piso Registro Fotográfico.

Figura 64. Análisis estructural de la planta, distribución de columnas Piso 2, Fray Angélico

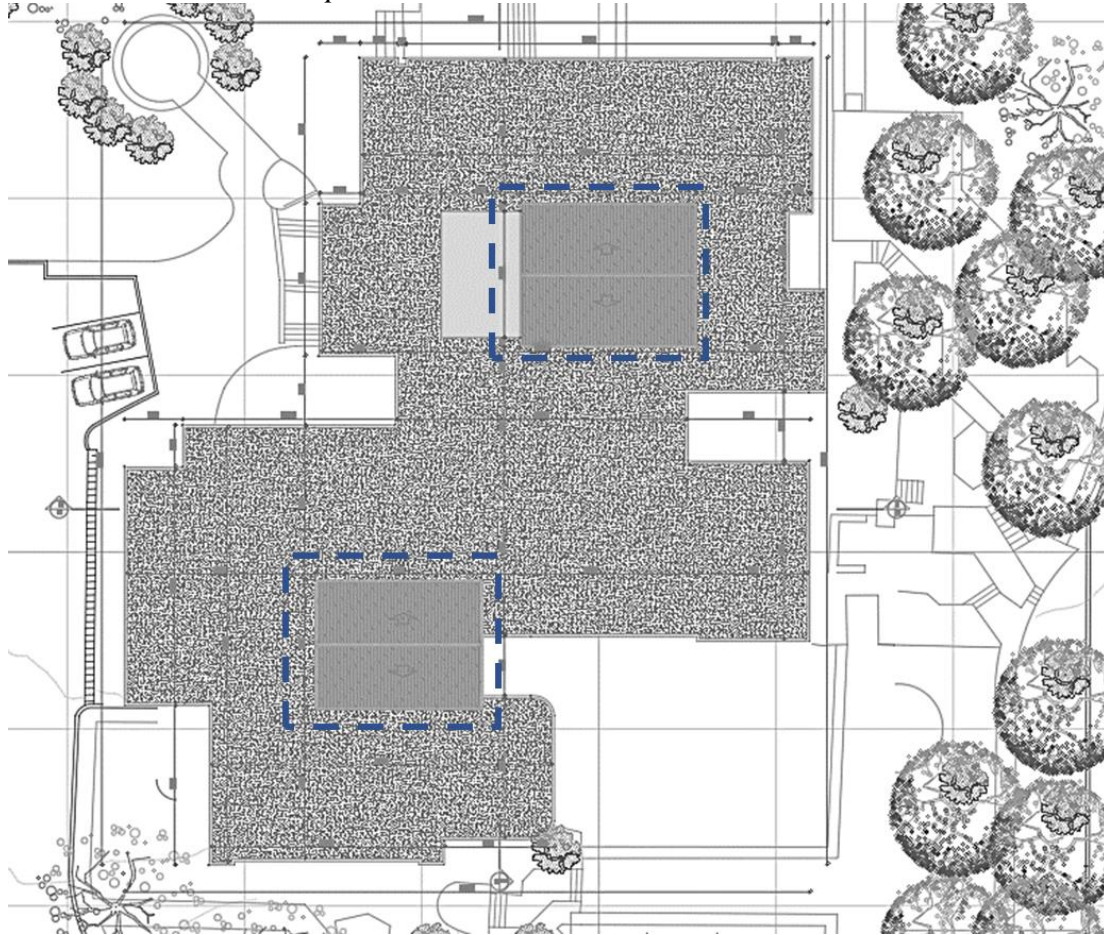


Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

En cuanto a la adaptación constructiva del piso 6, se encuentra la implementación de estructura metálica para soportar el peso de la cubierta, que se conforma del mismo material.

5.1.1.2 Planta de Cubierta.

Figura 65. Localización de implantación de cubierta con estructura metálica



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

La estructura de cubierta muestra una adaptación de un elemento agregado a la composición original. Para generar un mejor soporte, este recurso constructivo se compone de triangulaciones denominadas cherchas, repartiendo las cargas de manera efectiva y ejerciendo la fuerza de manera vertical.

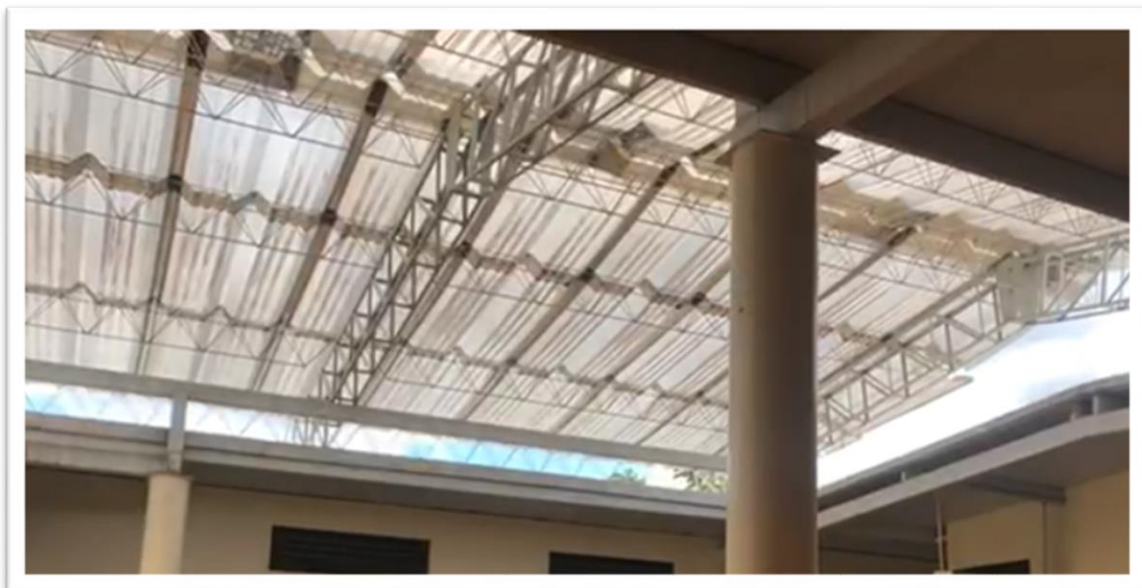
En cuanto a esta forma de triángulo equilátero, la cual, aumentando su altura en el centro, permite generar un escape de aire caliente en el espacio intermedio de la cubierta y la estructura del edificio.

Figura 66. *Fotografía de la estructura sexto piso*



Elaboración propia, fotografía tomada in situ

Figura 67. *Fotografía de la estructura sexto piso*



Elaboración propia, fotografía tomada in situ

Figura 68. *Fotografía de la estructura sexto piso*



Elaboración propia, fotografía tomada in situ

Figura 69 *Vista a salones de fachada norte*

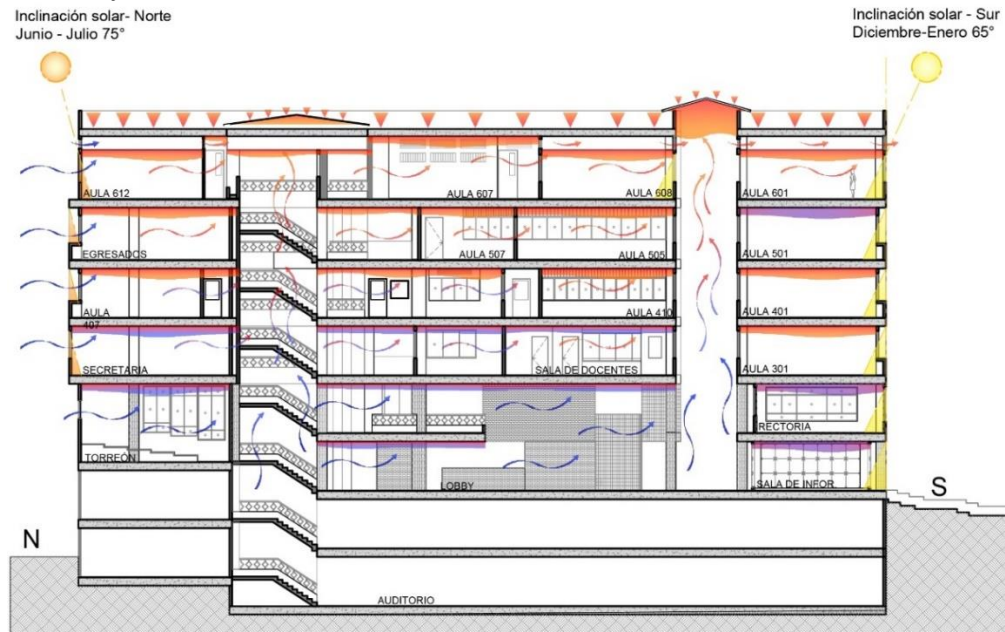


Elaboración propia, fotografía tomada in situ

5.1.2 Cortes

Corte Norte – Sur

Figura 70. Corte fachadas Norte – Sur



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás.

Figura 71. Corte fachadas Este - Oeste



Grafica incidencia solar

5.1.3 *Detalles Constructivos*

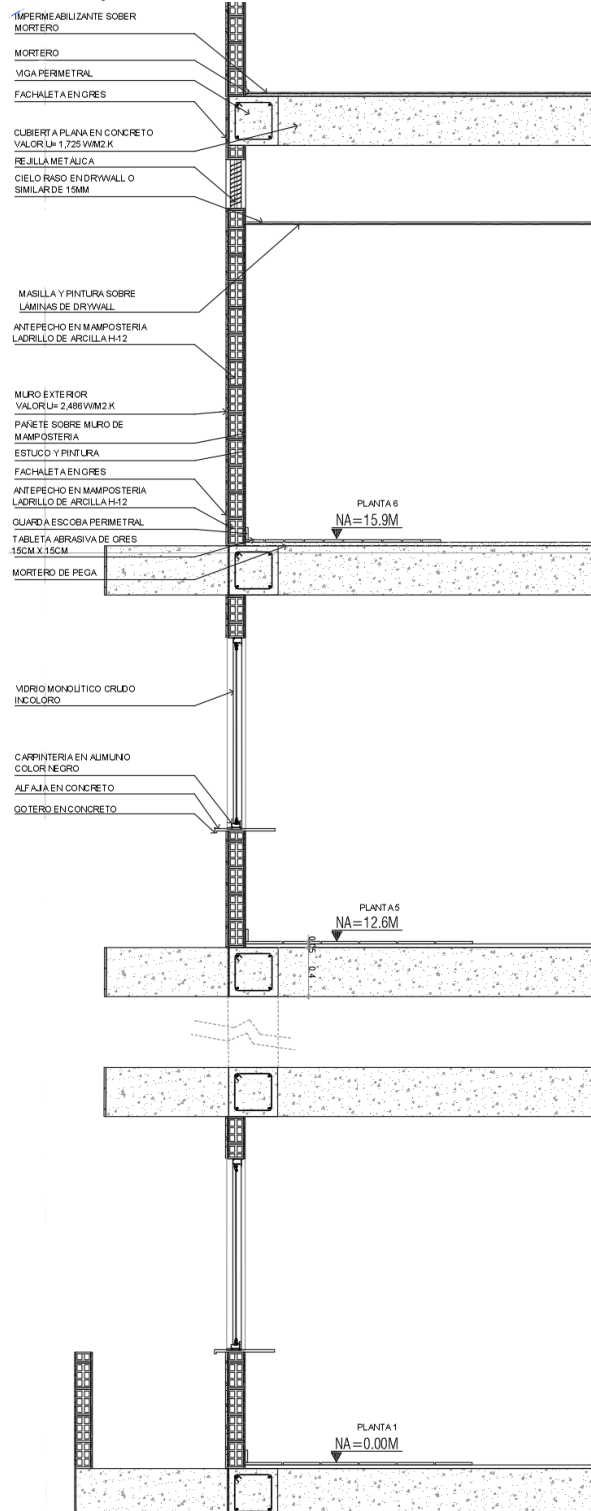
Planta ubicación detalles constructivos

Figura 72. *Ubicación detalles constructivos en Planta*



5.1.3.1 Fachada Oeste

Figura 73. Detalle constructivo fachada Oeste



5.1.3.2 Fachada Sur

Figura 74. Detalle constructivo fachada sur

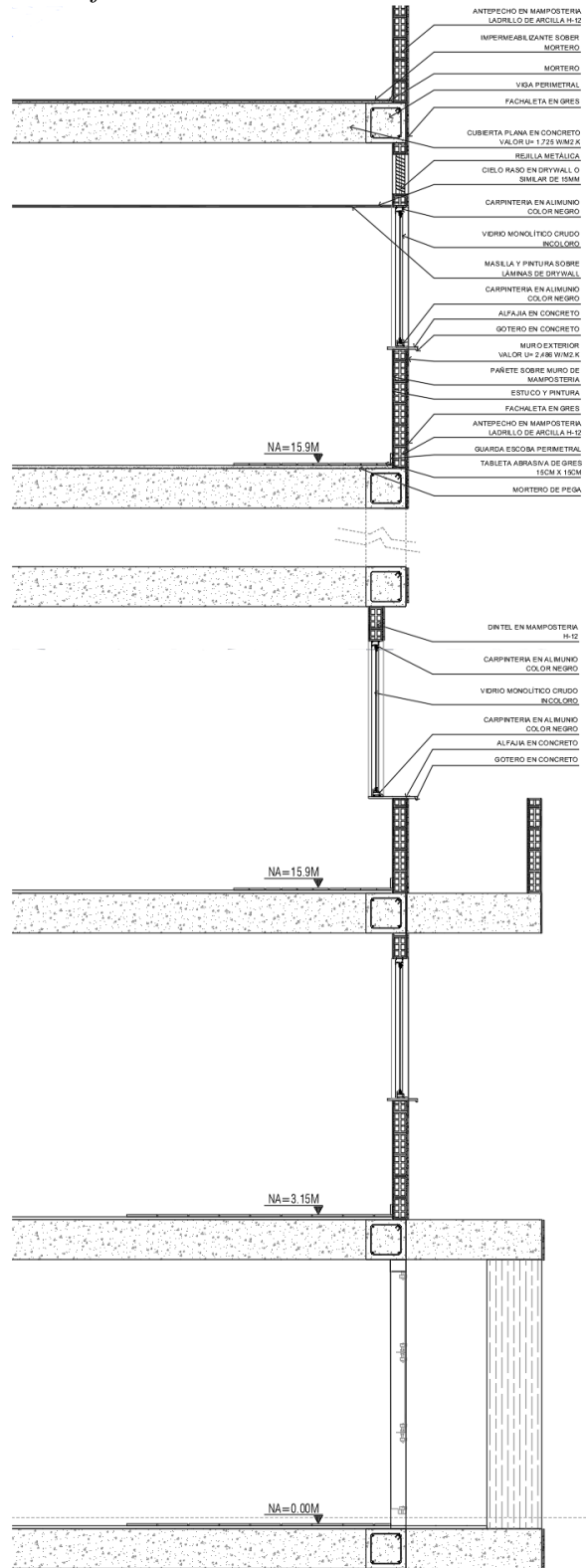
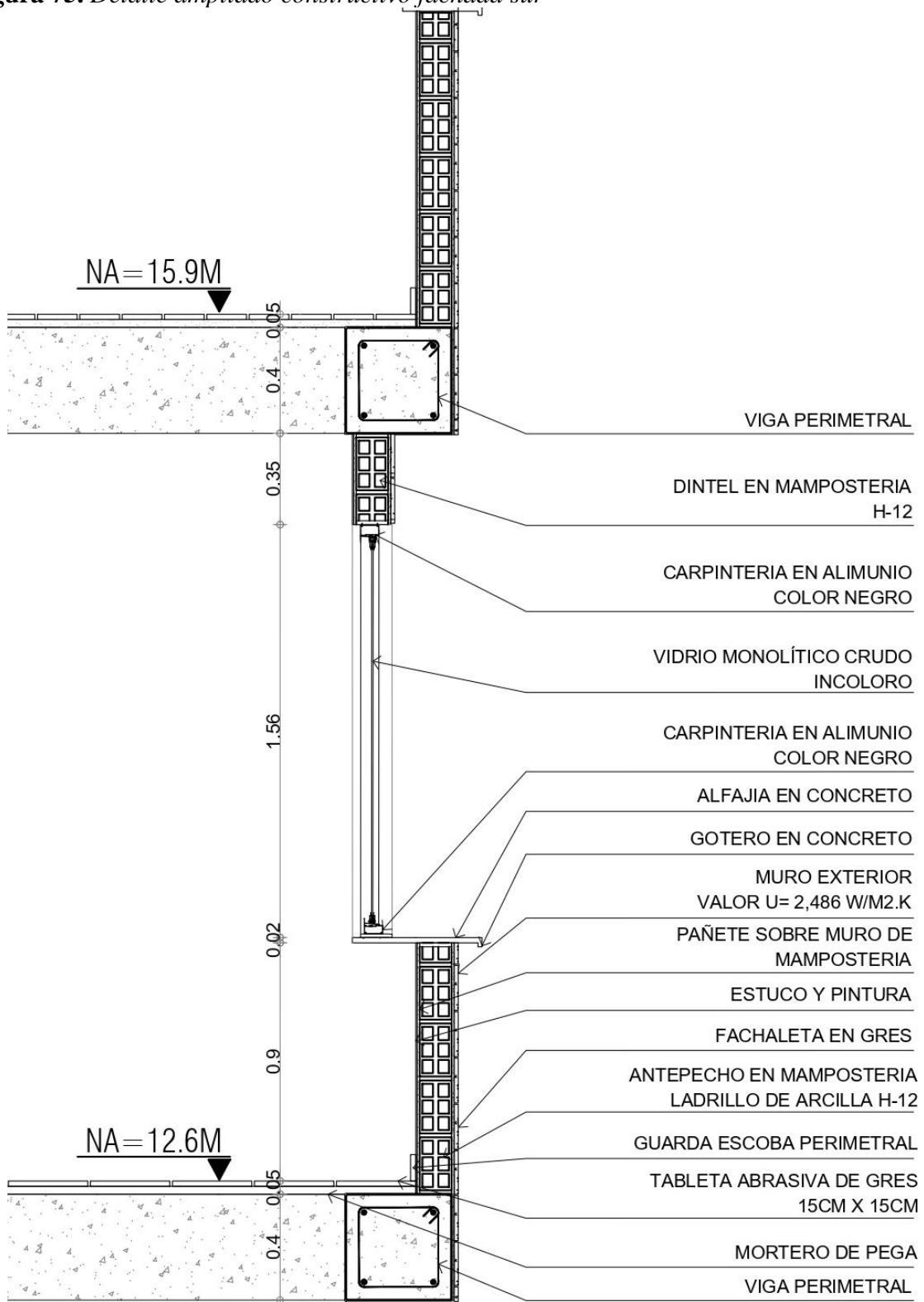


Figura 75. Detalle ampliado constructivo fachada sur



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

5.1.3.3 Fachada Este

Figura 76. Detalle constructivo fachada este

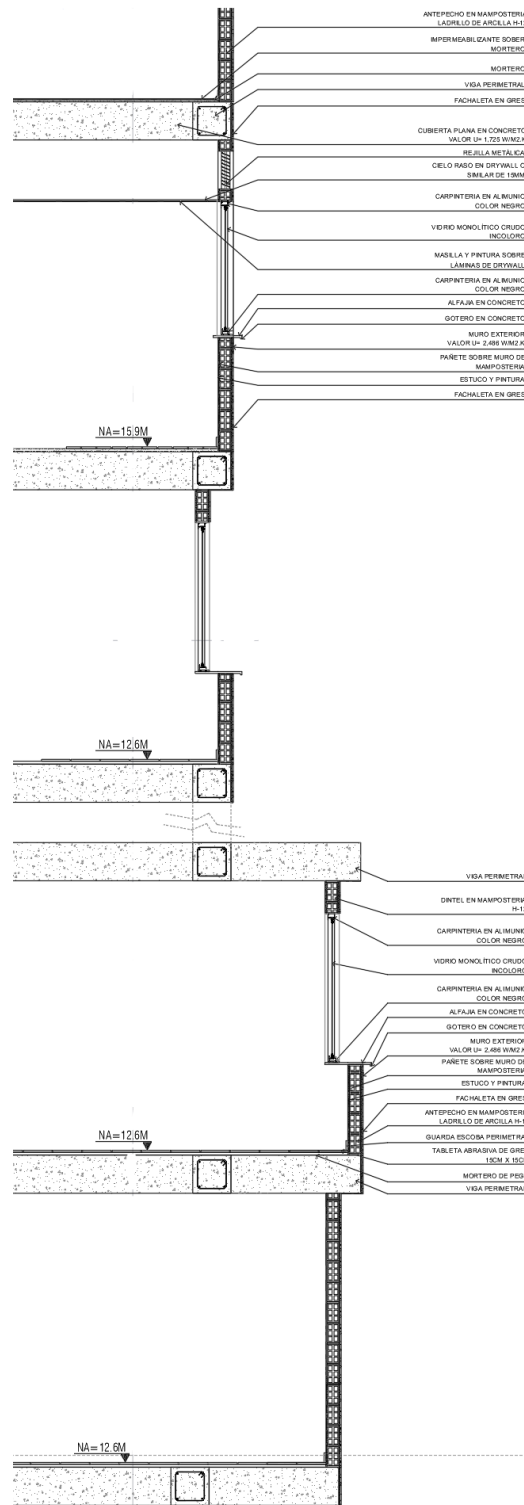
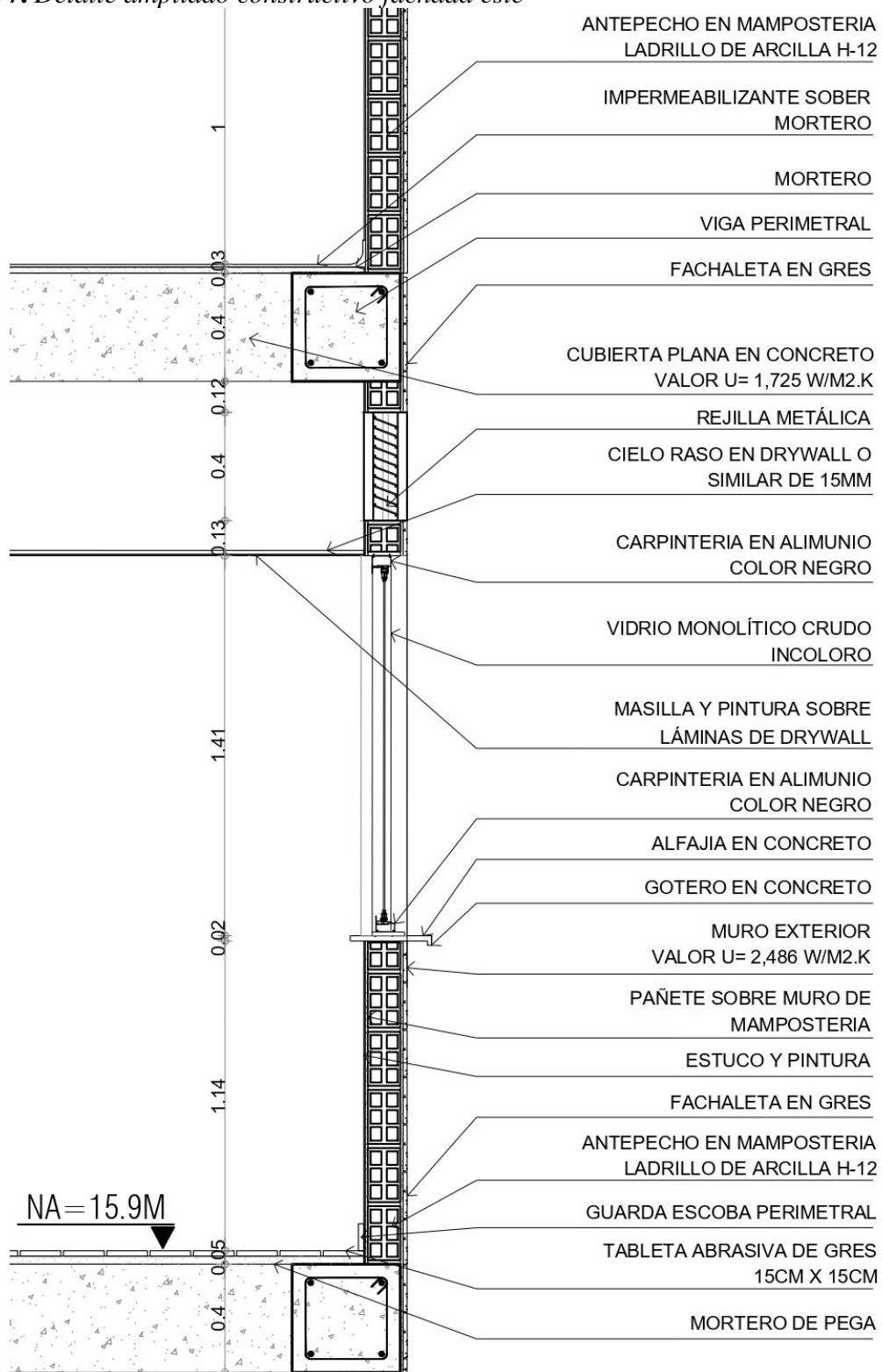


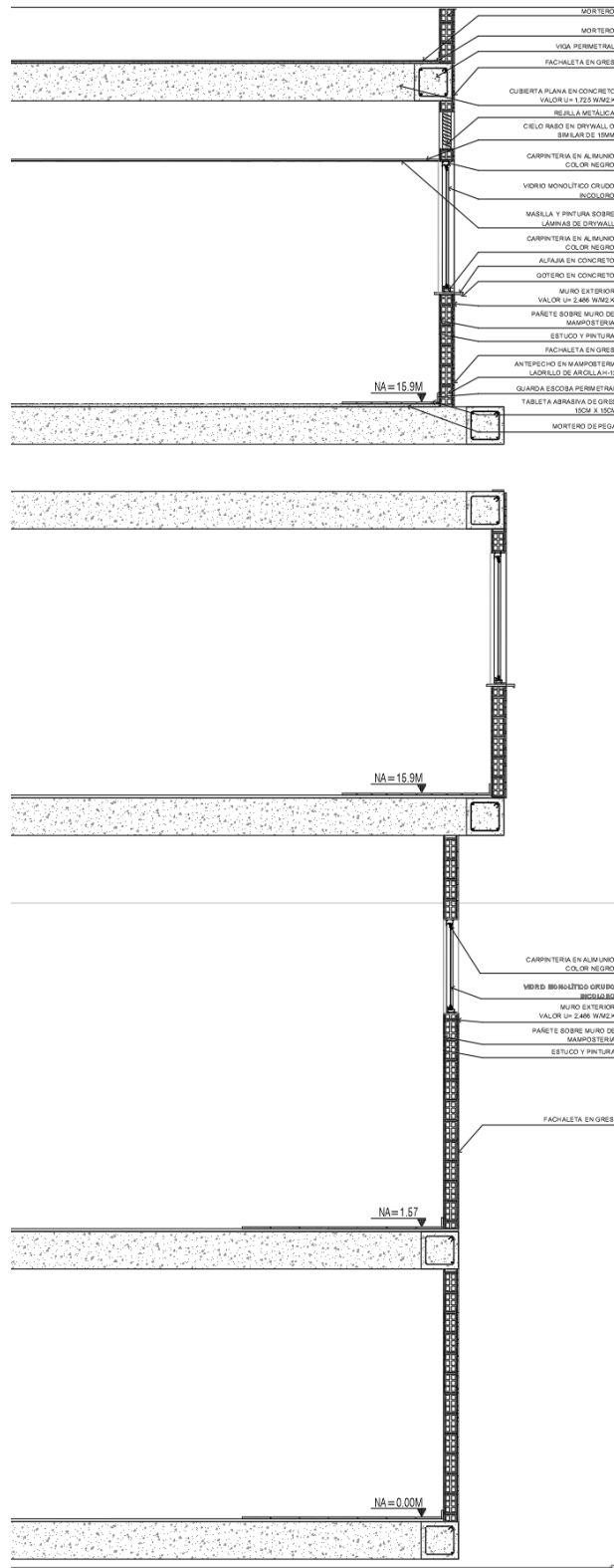
Figura 77. Detalle ampliado constructivo fachada este



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

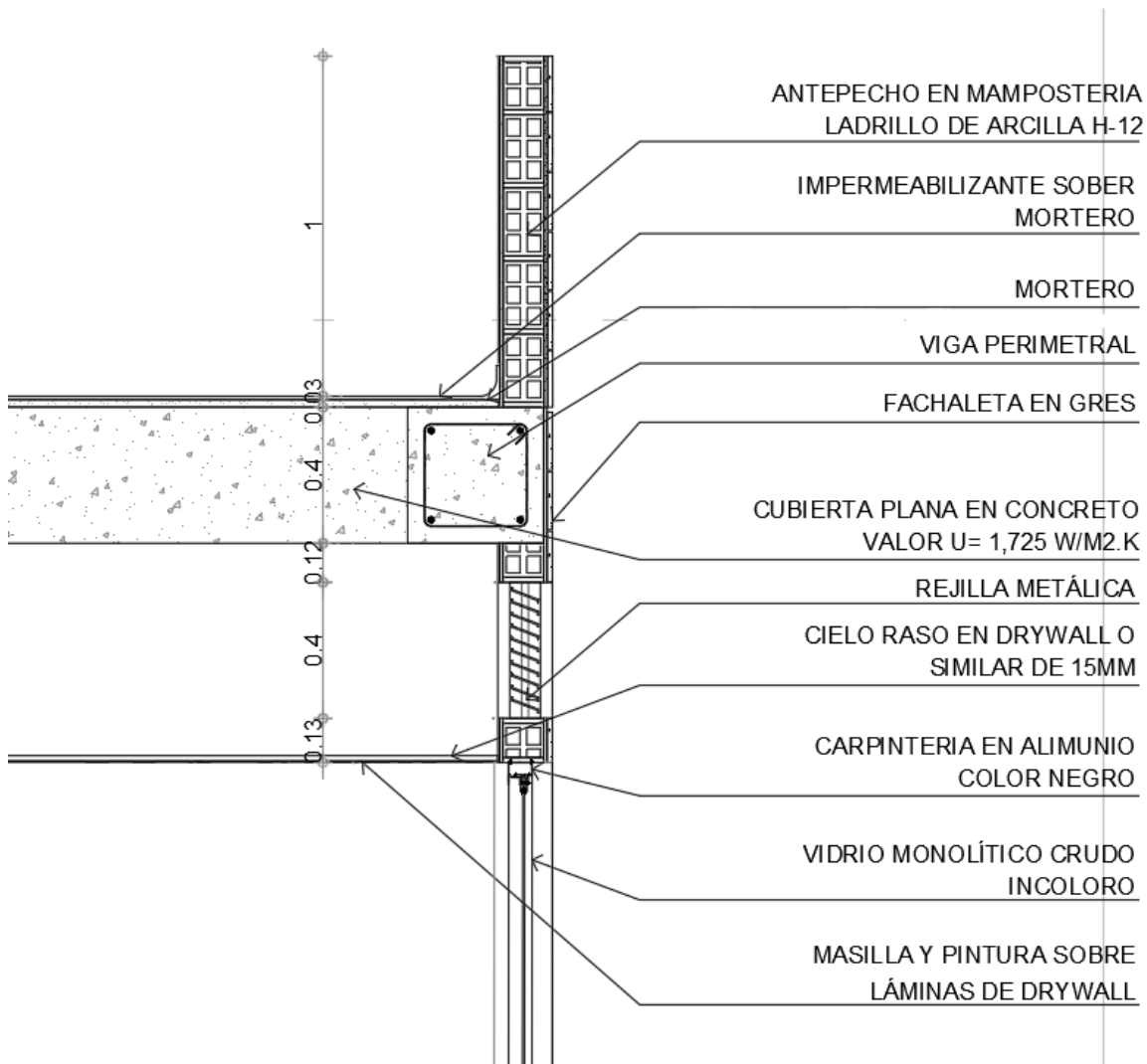
5.1.3.4 Fachada Norte

Figura 78. Detalle constructivo fachada norte



5.1.3.5 Fachada cubierta

Figura 79. *Detalle constructivo fachada de cubierta*



5.2 Identificación de la Envolvente

Realizar una identificación de envolvente es fundamental para comprender el funcionamiento completo de la composición del edificio, ya que se pueden evidenciar los efectos positivos o negativos con respecto al comportamiento climático y como responde a diferentes horas del día.

5.2.1 *Composición de las Fachadas*

Este análisis revela la composición del estado actual de las fachadas, tanto de acristalamientos, referentes a la relación ventana – pared y al uso de los materiales y cómo estos pueden afectar de manera directa al confort de los espacios interiores. Para esto, se tiene presente la premisa de que las perforaciones en una edificación están diseñadas por dos motivos, estética y función, para poder introducir elementos naturales como iluminación y ventilación de manera adecuada para el confort de los usuarios.

Figura 80. *Fachada sur*



Elaboración propia, fotografía tomada in situ

Se observa un acceso amplio para la circulación de estudiantes e impulso de ventilación. Este tipo de estrategias de composición, funcionan para tener una buena circulación de los recursos naturales como la luz y el viento, ya que estos ingresan de manera indicada al lobby repartiéndose la luz a todo el interior.

Figura 81. *Fachada oeste*



Elaboración propia, fotografía tomada in situ

En cuanto a la fachada oeste, esta presenta una iniciativa de propuesta en cuanto al sombreado de la edificación, ya que tiene la estructura para aleros anclados en la placa, que

están fabricados en concreto. Así, esta fachada es una de las más problemáticas en cuanto a la incidencia solar, ya que a partir de las 2:00 pm el sol comienza a introducir rayos directamente en los espacios interiores.

Figura 82. *Fachada norte*



Elaboración propia, fotografía tomada in situ

Respecto a la fachada norte, esta cara del edificio presenta la zona con predominancia a la dirección del viento. Sin embargo, esta se compone de espacios académicos y aulas de clase, por lo que mucha de su carpintería se encuentra cerrada impidiendo la circulación de ventilación dentro del edificio.

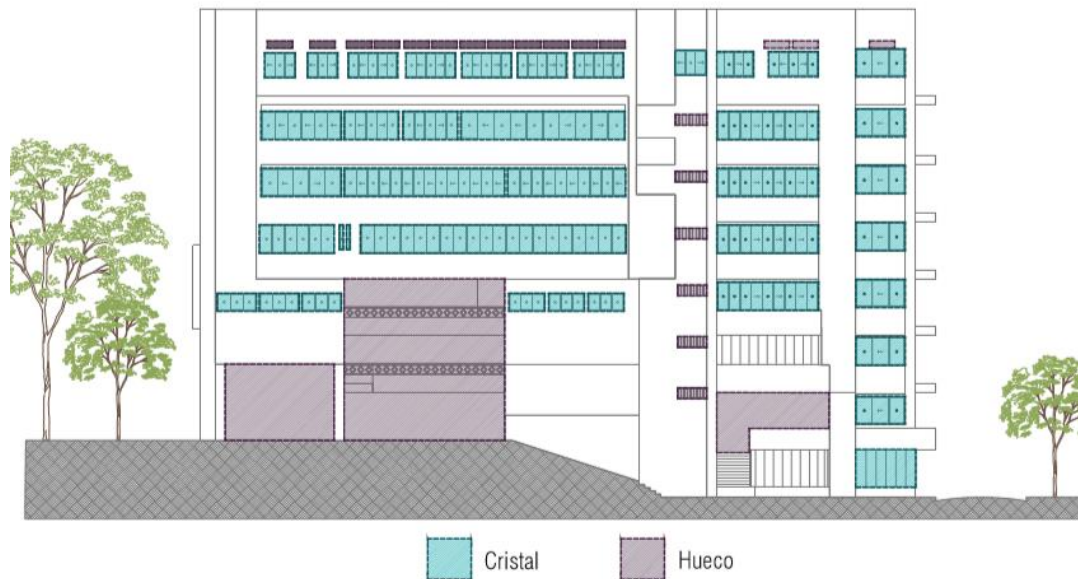
Figura 83. *Fachada este*

Elaboración propia, fotografía tomada in situ

5.2.1.1 Cerramientos. Los cerramientos permiten separar dos espacios arquitectónicos, sin ser una parte fundamental al soporte de carga del edificio. También, tienen una gran afectación en el confort de los espacios, ya que pueden almacenar directamente la radiación solar tomada del exterior y pasarla al interior del edificio, generando un efecto invernadero en la mayoría de sus espacios.

5.2.1.1.1 Fachada Norte.

Figura 84. Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Norte



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

La fachada norte comprende un 28,9% de porcentaje en acristalamiento, lo cual representa un bajo porcentaje al ser la fachada predominante a los vientos.

5.2.1.1.2 Fachada Este

Figura 85. Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Este



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Esta fachada se compone de un 16,35% de acristalamiento, permitiendo el ingreso de la radiación a los espacios interiores en las horas de la mañana. Este porcentaje abarca menos del 20% ya que es una fachada expuesta directamente al sol.

5.2.1.1.3 *Fachada Sur*

Figura 86. Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Sur

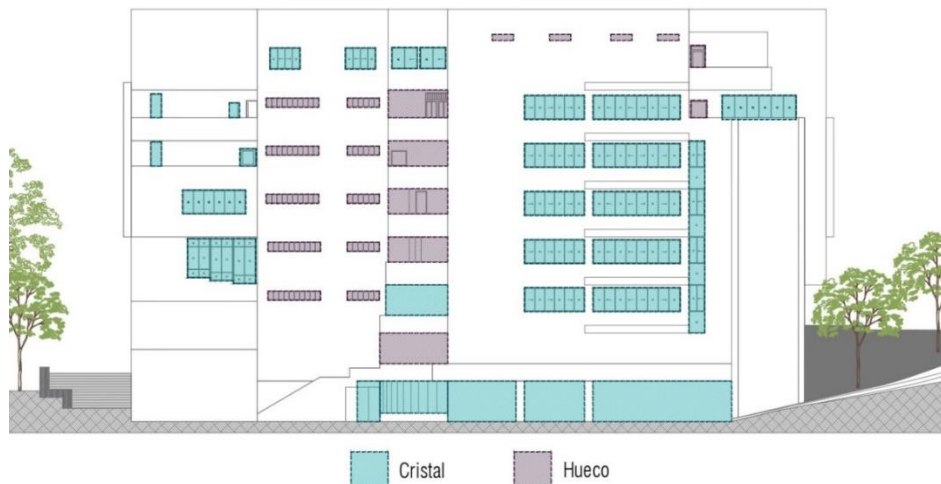


Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

El acristalamiento de fachada sur corresponde al mayor porcentaje de acristalamiento, compuesto por un 31,67%.

5.2.1.1.4 *Fachada Oeste*

Figura 87. Total, perforaciones y acristalamiento en la fachada Oeste

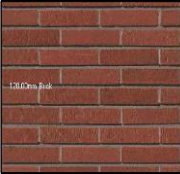

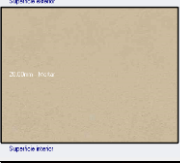



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

En cuanto a la fachada oeste, ésta representa el ingreso más agresivo de iluminación solar a los espacios interiores durante la mayor parte del día, disminuyendo el nivel de confort. Está compuesta por un 12,64% según la figura 84.

5.2.1.2 Materiales. Los materiales deben ser analizados e implantados de manera correcta en la edificación ya que estos pueden ayudar o por el contrario general un mal efecto en el edificio.

Tabla 11. Descripción y valor u de los materiales

| VALOR U MATERIALES ESTADO ACTUAL | |
|---|---------------------------------------|
|  | Ladrillo 2,9 W/m2 - K |
|  | Estuco 5,52 W/m2 - K |
|  | Mortero 6,1 W/m2 - K |
|  | Cachareta Gres 2,7 W/m2 - K |

| | |
|--|---|
| | <p>Superficie exterior</p> <p>15,00mm Brickwork Outer</p> <p>20,00mm Mortar</p> <p>120,00mm Brick</p> <p>10,00mm 0.75 in. Stucco (no está a escala)</p> <p>Superficie interior</p> <p>Valor U muro exterior 2,74 W/m2 - K</p> |
|--|---|

5.2.1.2.1 Fachada Norte

Tabla 12. Composición fachada Norte

| Composición | Fachada Norte | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| | Estado original | | Propuesta | |
| | Área | Porcentaje | Área | Porcentaje |
| Cerramiento acristalado | 220,48 | 28,59 | 269,4 | 34,94 |
| Hueco (Rejillas Perforaciones) | - | 8,50 | 104,15 | 13,51 |
| Muro | 485,11 | 62,91 | 392,56 | 50,91 |
| Total | 771,11 | 100,00 | 771,11 | 99,35 |

Figura 88. Porcentaje muro para fachada Norte



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

De esta manera, la figura 82 representa gráficamente la composición de materiales en fachada norte, representando un 62,91% del muro.

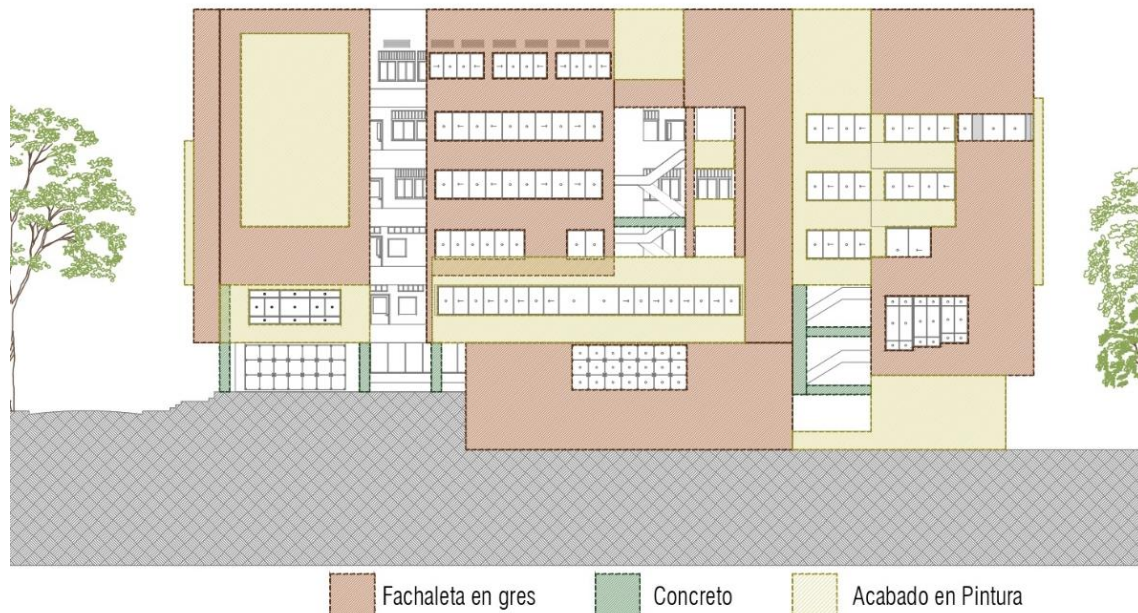
5.2.1.2.2 Fachada Este

Tabla 13. Composición para fachada Este

| Composición | Fachada este | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-----------|------------|
| | Estado original | | Propuesta | |
| | Área | Porcentaje | Área | Porcentaje |
| Cerramiento acristalado | 149,99 | 16,35 | 232,30 | 25,32 |
| Hueco (Rejillas Perforaciones) | - | 127,2 | 136,19 | 14,84 |
| Muro | 640,43 | 69,79 | 549,13 | 59,84 |
| Total | 917,62 | 100,00 | 917,62 | 100,00 |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 89. Porcentaje de muro para fachada Este



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Los materiales que componen fachada este, representan el 69,79% de muro, generando un sobrecalentamiento en los espacios interiores ya que este no presenta algún tipo de aislamiento para disipar la concentración y absorción de calor durante las horas del día.

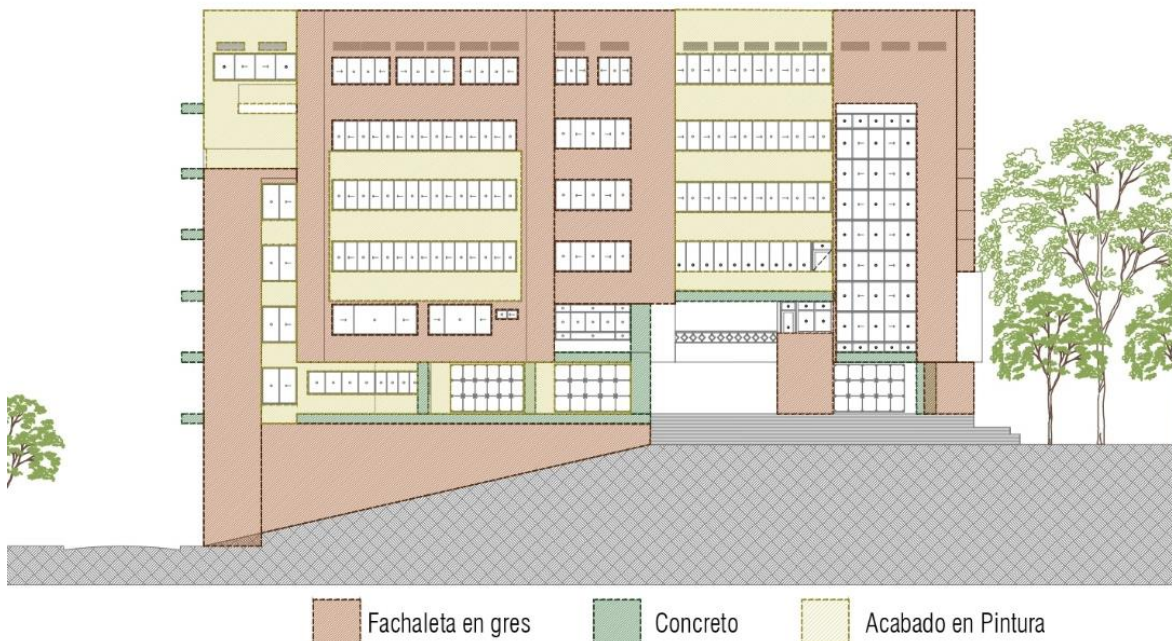
5.2.1.2.3 Fachada Sur

Tabla 14. Composición fachada Sur

| Composición | Fachada Sur | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-----------|------------|
| | Estado original | | Propuesta | |
| | Área | Porcentaje | Área | Porcentaje |
| Cerramiento acristalado | 287,69 | 31,67 | 344,32 | 37,91 |
| Hueco (Rejillas Perforaciones) | 83,216 | 9,16 | 76,51 | 8,42 |
| Muro | 537,37 | 59,16 | 487,45 | 53,67 |
| Total | 908,28 | 100,00 | 908,28 | 100,00 |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 90. Porcentaje de muro para fachada Sur



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Esta cara de la envolvente no cuenta con algún elemento que pueda generar sombreadamiento a los espacios interiores, por lo tanto, la radiación ingresa de manera directa.

5.2.1.2.4 Fachada Oeste

Tabla 15. Composición fachada Oeste

| Composición | Fachada Oeste | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------|-----------|------------|
| | Estado original | | Propuesta | |
| | Área | Porcentaje | Área | Porcentaje |
| Cerramiento acristalado | 134,98 | 12,64 | 243,53 | 22,81 |
| Hueco (Rejillas Perforaciones) | 30,24 | 2,83 | 112,52 | 10,54 |
| Muro | 902,32 | 84,52 | 711,48 | 66,65 |
| Total | 1067,53 | 100,00 | 1067,53 | 100,00 |

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Figura 91. *Porcentaje de muro fachada Oeste*

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Los materiales que componen la fachada oeste predominan en el recubrimiento de esta cara de la envolvente, ya que siendo la más expuesta a la radiación solar, necesita la mayor protección. Por el contrario, estos materiales no soportan el calentamiento presentado y permiten el ingreso de este en los espacios interiores.

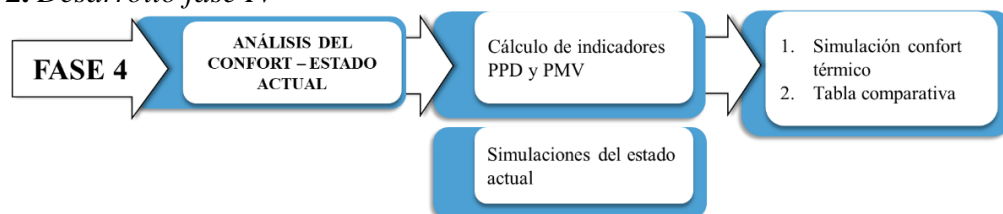
5.3 Conclusiones

- La elección de la planta tipo para el estudio de la envolvente, se hace con el propósito de identificar los problemas principales que afectan el confort de los espacios internos, uno de los principales es la que los salones 605, 607, 613 no obtienen iluminación natural pertinente, ya que el muro no cuenta con perforaciones en las fachadas orientadas al sol (oeste, este)

- A partir del análisis realizado en la sexta planta del Fray Angélico, se puede observar que el cálculo de porcentajes en las fachadas predominantes a los vientos, no son suficientes para el aprovechamiento de la ventilación natural al interior del edificio.
- Los muros no cuentan con aislamientos pertinentes para clima cálido húmedo, por lo tanto, esto ocasiona sobrecalentamiento en las aulas de clase durante las horas del día
- La exposición directa a la cubierta genera efecto invernadero en la planta 6
- Los materiales de la cubierta no son los adecuados para evitar el efecto lupa en los ojos del edificio, ya que este calor se transmite en las plantas inferiores a partir de esta
- La evidencia fotográfica demuestra que la adaptación de los salones proyectados no se encuentra en buenas condiciones para llevar a cabo clases de arquitectura, ya que en el aula 601 y 608, no cuentan con los muros completos, afectando la acústica y el confort de los usuarios.

6. Fase IV: Análisis del Confort – Estado actual

Figura 92. Desarrollo fase IV

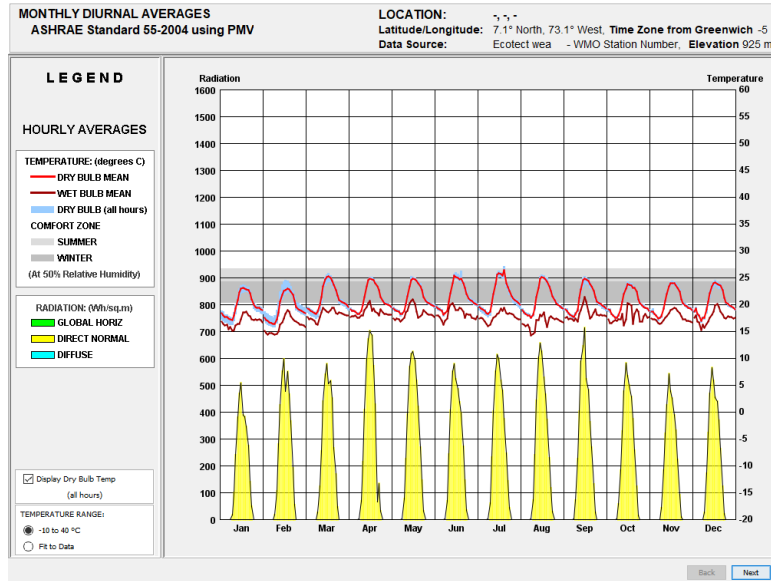


6.1 Cálculo de Indicadores PPD y PMV

El análisis del estado actual del Fray Angélico a través de las simulaciones de iluminación permite evidenciar las afectaciones directas que tienen los espacios interiores del edificio en cuanto al déficit del valor indicado y apropiado para llevar a cabo las actividades cotidianas dentro de él

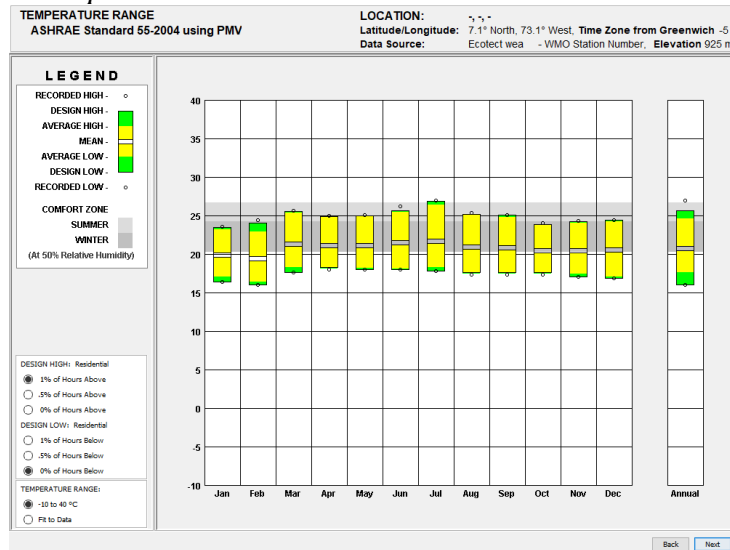
Las simulaciones se realizan con el programa *Design Builder*, que representa de manera gráfica un análisis cuantitativo de la incidencia solar, movimiento del viento y estado de confort en los espacios interiores de la edificación.

Figura 93. Promedio mensual diario PMV



Nota: El cálculo de las variables por rango mensual demuestran la zona de confort para clima cálido húmedo manteniendo temperaturas mayores a 28°C, dando como resultado un bajo nivel de confort en los usuarios.

Figura 94. Rangos de temperatura PMV



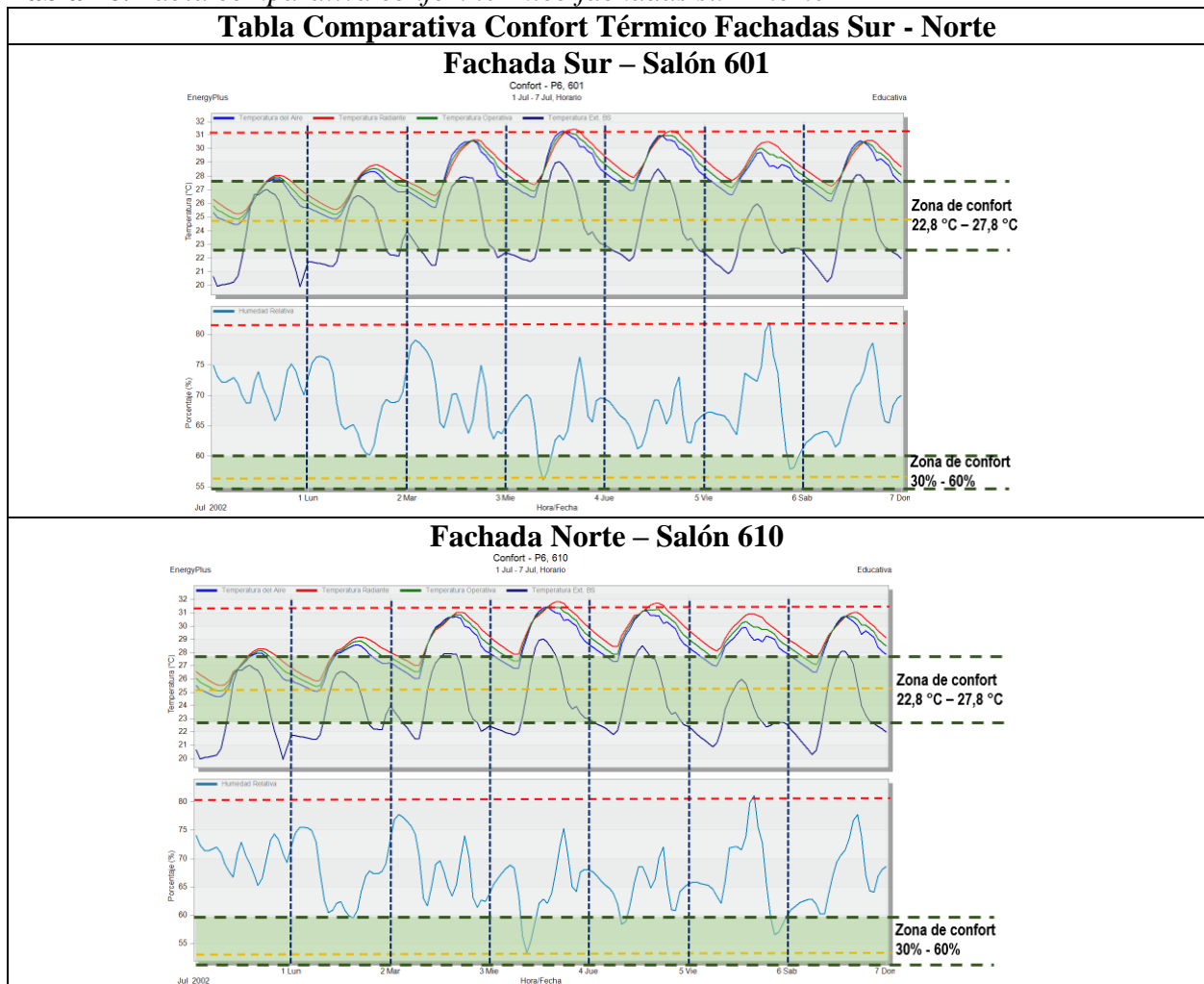
Nota: Los rangos de temperatura demuestran picos superiores a los 27°C, saliendo del rango de confort establecido por ASHRAE ESTÁNDAR 55.

6.2 Simulación Confort

Estas permiten ver el comportamiento real de las variables y como estas afectan los espacios interiores, alterando el estado de confort de los usuarios. Para esto se tiene en cuenta el cálculo de temperatura y humedad relativa de los salones 601, 605, 610 y 613, que representan las 4 fachadas del edificio, estableciendo una conexión de comportamiento con los demás pisos del Fray Angélico

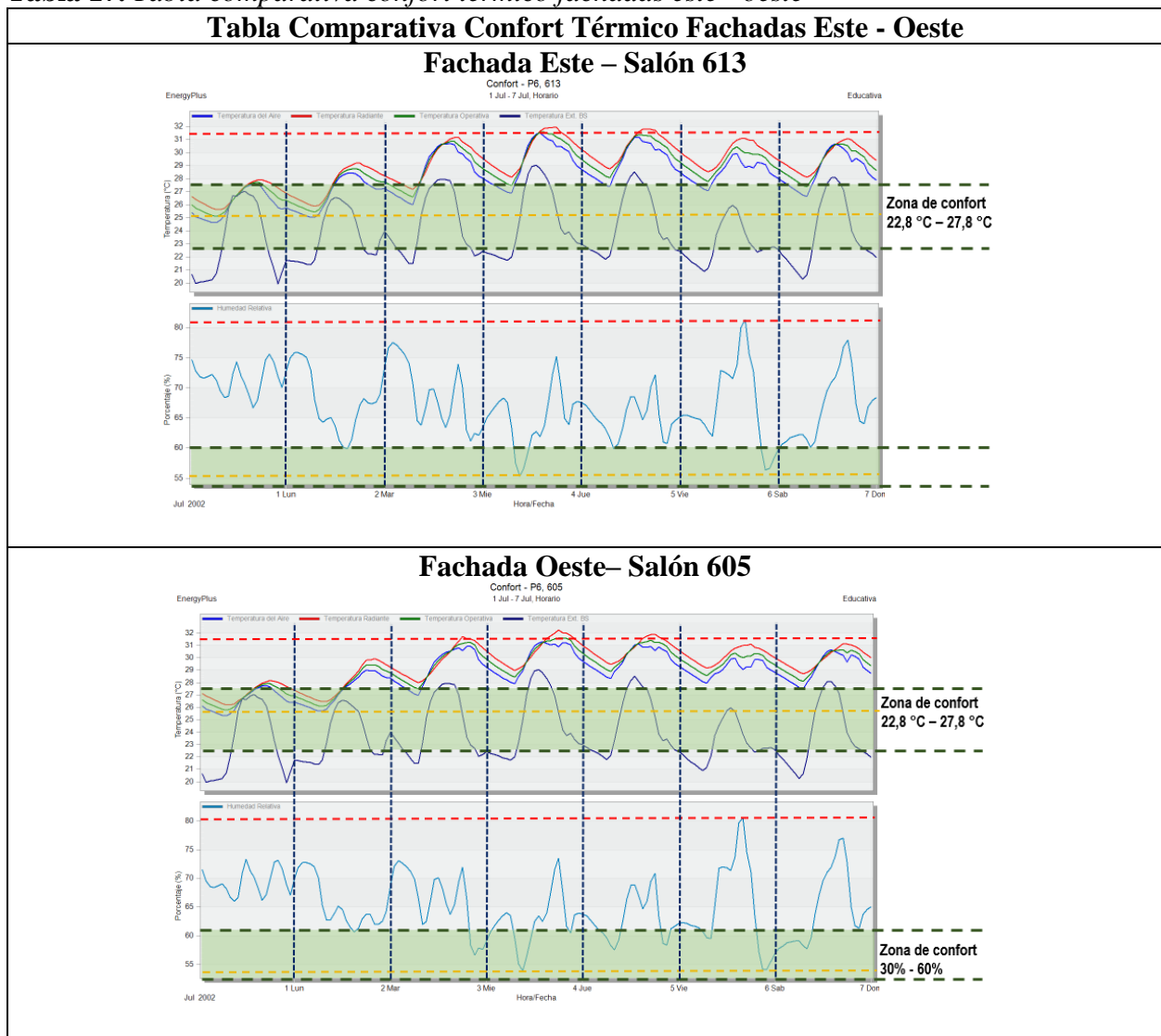
Además, estas simulaciones reúnen todas las variables para cumplir el objetivo de analizar de manera completa cómo funciona la composición y las estrategias actuales con respecto al confort de los usuarios en los espacios interiores.

Tabla 16. Tabla comparativa confort térmico fachadas sur - norte



Se observa que el salón 601 se caracteriza por tener bloqueadas las fachadas que están expuestas directamente al sol (este y oeste) por lo tanto el ingreso de luz y ventilación natural lo tiene solamente por fachadas norte y sur, esto provoca que el sobrecalentamiento sea tratado directamente en el muro. Esta presenta un sobrecalentamiento por el ojo del edificio, ya que está expuesto a la radiación de la cubierta que es todo el día, elevando su temperatura a 31°C.

Tabla 17. Tabla comparativa confort térmico fachadas este - oeste



La exposición directa de la fachada este, genera un sobrecalentamiento en el aula 613, ya que es la cara más larga de este espacio recibiendo poco porcentaje de iluminación y ventilación por fachada norte.

Presenta una conexión directa a la fachada oeste, por lo tanto al no manejar el acristalamiento adecuado, los rayos solares ingresan directamente en el aula en las horas de la tarde, permitiendo el ingreso de radiación a los usuarios.

6.3 Simulación Ventilación natural

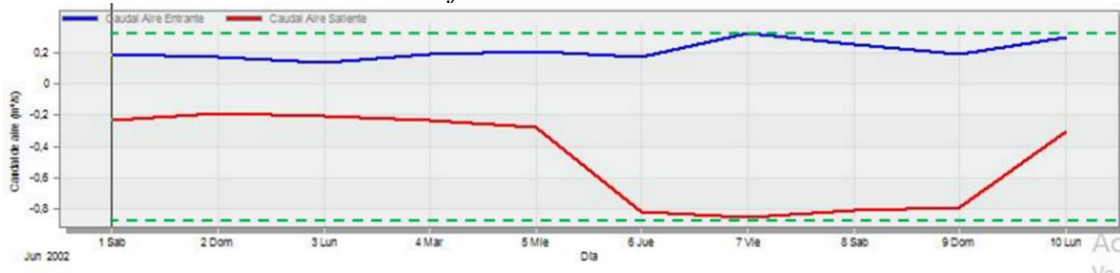
Figura 95 *Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1*

TABLA 6-1 RATAS MÍNIMAS DE VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACIÓN
(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

| Categoría de ocupación | Rata de aire exterior para personas R_p | | Rata de aire exterior del área R_a | | Notas | Valores por defecto | | | |
|------------------------------|---|--------------|--------------------------------------|---------------------|-------|---|--|--------------|---------------|
| | cfm/ persona | L/s/ persona | cfm/ pie ² | L/s/ m ² | | Densidad de ocupación (Ver Nota 4) | Rata combinada de aire exterior (Ver Nota 5) | | Clase de aire |
| | | | | | | #/1000 pie ² or #/100 m ² | cfm/ persona | L/s/ persona | |
| Centros educativos | | | | | | | | | |
| Salones de clase (edad 9 +) | 10 | 5 | 0.12 | 0.6 | 35 | 13 | 6.7 | 1 | |
| Salón de clase de arte | 10 | 5 | 0.18 | 0.9 | 20 | 19 | 9.5 | 2 | |

6.3.1 Simulación Ventilación natural Salón 601 – Fachada sur

Figura 96 *Simulación ventana exterior fachada sur del salón 601*

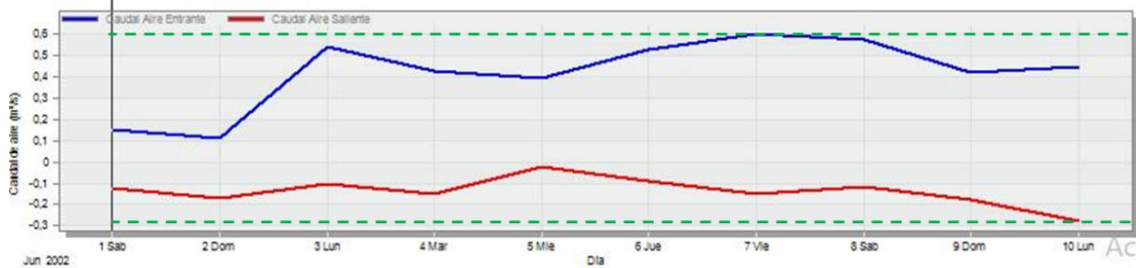


Elaboración propia

En la figura 84 indica el caudal de aire que está ingresando en el aula 601 alcanzando los 0,30 m³/s y el caudal de aire que sale del salón el cual es de -0,85 m³/s. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

6.3.2 Simulación confort térmico Salón 605 - Fachada Oeste

Figura 97 Simulación ventana exterior fachada oeste del salón 605

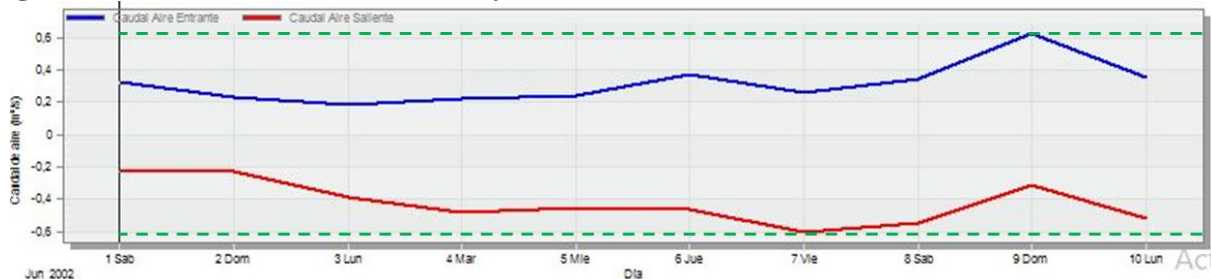


Elaboración propia

El salón 605 presenta un caudal de aire que está ingresando en el aula 605 alcanzando los $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-0,28 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

6.3.3 Simulación Ventilación natural salón 610 – Fachada este

Figura 98 Simulación ventana exterior fachada este del salón 610

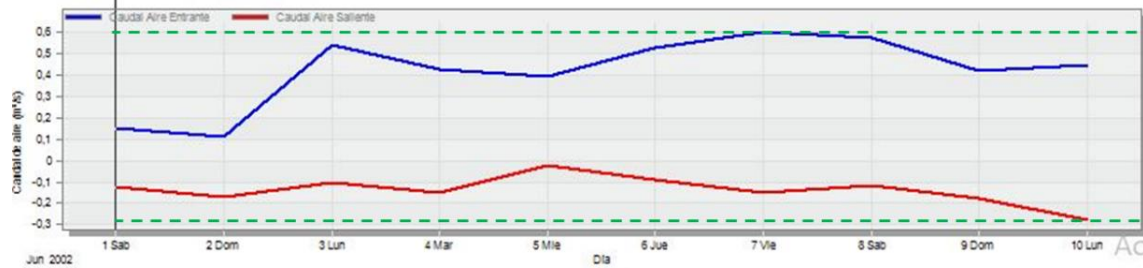


Elaboración propia

El comportamiento del salón 610 caudal de aire que está ingresando en el aula alcanzando los $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-0,60 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

6.3.4 Simulación Ventilación natural salón 613 – Fachada norte

Figura 99 Simulación ventana exterior fachada norte del salón 613



Elaboración propia

El salón 613 presenta un caudal de aire que está ingresando en el aula alcanzando los 0,65 m³/s y el caudal de aire que sale del salón el cual es de -0,20 m³/s. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

6.3.5 Resumen - Planta 6

Comportamiento de los salones 601, 605, 610, 613. Se toman los valores del área, ocupación y los valores de la Rata de aire exterior del área (Ra) y la Rata de aire exterior para personas (Rp) para calcular el Caudal ASHRAE específico para cada espacio y así determinar el óptimo cumplimiento de la normativa ASHRAE 62.1

Tabla 18 Resumen de Cumplimiento Normativa ASHRAE 62.1

**PLANTA 6 -
ESTADO
ACTUAL**

| Nombre Zona | Area (m2) | Ocupacion | Ra Lts/s- m2 | Rp Lts/Persona | Caudal ASHRAE Lts/s | Caudal Diseño (Lts/s) | Cumple SI/No |
|-------------|-----------|-----------|--------------|----------------|---------------------|-----------------------|--------------|
| Salon 601 | 51,21 | 15 | 0,9 | 5 | 56,09 | 300 lts/s | Si |
| Salon 605 | 41,56 | 15 | 0,9 | 5 | 42,40 | 600 lts/s | Si |
| Salon 610 | 67,23 | 15 | 0,9 | 5 | 65,51 | 620 lts/s | Si |
| Salon 613 | 87,99 | 15 | 0,9 | 5 | 99,19 | 650 lts/s | Si |

6.4 Conclusiones

- Las conclusiones se desarrollan a partir del análisis general del edificio en el estado actual, el cual pone en evidencia el déficit de las estrategias desarrolladas en los materiales usados, el área de las perforaciones y la falta de elementos en fachada para evitar el ingreso directo de sol al interior de los espacios.
- En el momento de una planificación o renovación del edificio Fray Angélico no se tuvieron en cuenta los porcentajes del confort de los usuarios en los espacios interiores, ya que la mayor parte del tiempo las aulas de clase cuentan con un déficit alto en iluminación y ventilación natural.
- El manejo incorrecto de los cristales en las fachadas evidencia el sobrecalentamiento de las aulas de clase y el impulso a la utilización de aires acondicionados en las zonas administrativas.
- Se debe llevar a cabo un análisis y estudio de los materiales utilizados en las fachadas del edificio, donde estos no generen un efecto invernadero dentro del edificio, sino que pueda colaborar con la pérdida de energía en los espacios interiores y se pueda llevar a cabo una correcta renovación de aire y porcentaje de iluminación natural.
- La exposición directa de la mayoría de los espacios a la radiación solar está provocando un estado de confort muy bajo en los espacios interiores, elevando los niveles de temperatura hasta 31°C.
- El análisis de ventilación natural demuestra un comportamiento deficiente para el aire saliente en las fachadas norte – oeste en el rango de $-0,20 \text{ m}^3/\text{s}$., esto puede ocasionar un bajo nivel de confort térmico en los espacios interiores, ya que el aire caliente no evacua

correctamente. Aunque este cumple, se debe potenciar el ingreso y salida de este para obtener mejor confort térmico como resultado

7. Fase V: Lineamientos de Diseño Bioclimático

Figura 100. Composición de pasos en Fase III



El estudio y selección de estrategias bioclimáticas, se establece a partir de las soluciones arrojadas por el diagrama psicométrico de Givoni, el cuál estandariza unas propuestas a través del fichero bioclimático y las variables de este.

Un alcance preliminar de las soluciones a implementar da una optimización entre las prioridades del desarrollo, es decir, cuáles son las exigencias del proyecto en cuanto a cuáles son los problemas más urgentes para desarrollar para la mejora del confort del usuario en los espacios internos del Fray Angélico.

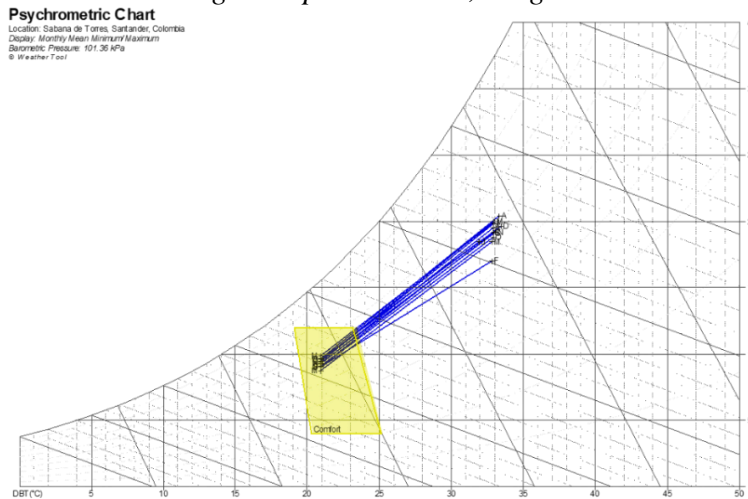
La aplicación de las estrategias arrojadas por el diagrama es una opción a elección, en dado caso de que la rehabilitación no cuente con un presupuesto muy alto, se hace un panorama selectivo en cuanto a las gráficas aplicables en el proyecto. Una rehabilitación tiene como objetivo optimizar el confort del usuario, así que se pueden visualizar diferentes propuestas para mirar la más indicada y asequible.

7.1 Diagrama Psicométrico

7.1.1 Estrategias Bioclimáticas Pertinentes según el Clima Cálido Húmedo

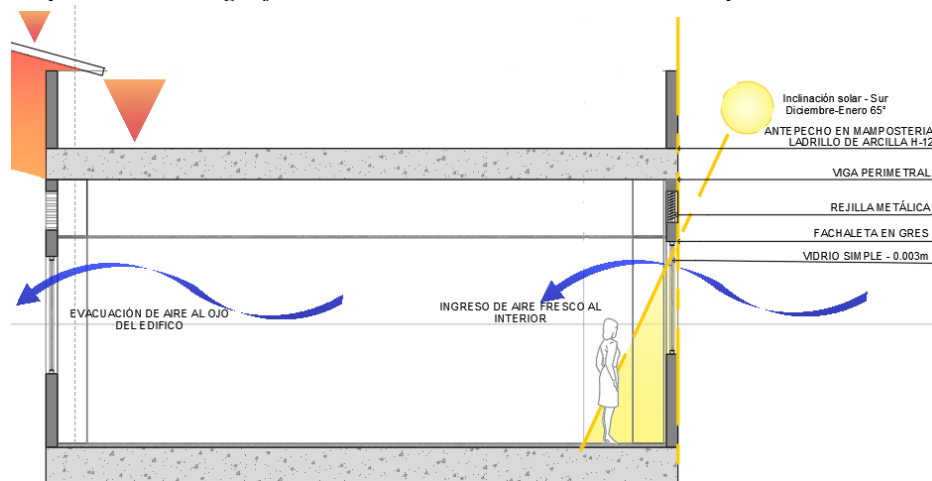
Esto permite identificar cuáles son las estrategias bioclimáticas pasivas que propenden a la búsqueda de condiciones de confort de acuerdo con las condiciones climáticas de Floridablanca, las cuales corresponden a todas aquellas alternativas que buscan el desarrollo de edificaciones confortables mediante alternativas de diseño y elementos arquitectónicos.

Figura 101. Representación de diagrama psicométrico, rangos mensuales



Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

7.1.1.1 Ventilación Natural. La ventilación natural es la técnica por la cual se permite el ingreso de aire exterior dentro de un edificio por medios naturales (estrategias pasivas). El objetivo principal de la ventilación natural es aprovechar el recurso natural para la mejora del confort interior, disminuyendo el consumo y costo de energía.

Figura 102. Representación gráfica de ventilación cruzada en un espacio interior

Adaptado de grupo de investigación GINVEARQUI Universidad Santo Tomás

Este tipo de estrategia permite el ingreso de ventilación natural dentro del edificio, manteniendo en un nivel de confort aceptable los espacios interiores, y cumpliendo con el circuito de renovación de aire.

Figura 103. Características principales de la ventilación natural

Esta estrategia tiene altos niveles de eliminación de sobrecalentamiento, permitiendo subir los niveles de confort en los espacios interiores. Esto se basa en la reducción de la sensación térmica en los picos de calor en el edificio.

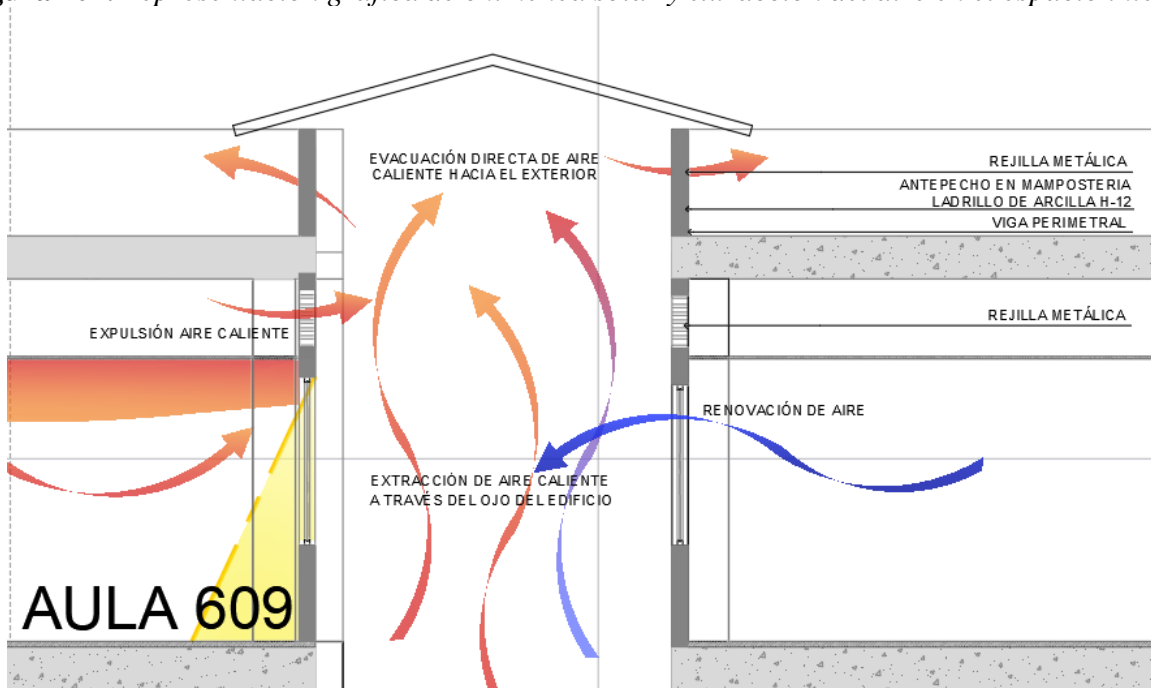
Uso de ventilación natural que el aire caliente tiene un menor peso específico que el aire frío, por lo tanto, estas se encuentran en la parte superior del espacio. Debido a esto, la solución para expulsar el aire caliente correctamente, se puede plantear el uso de rejillas para que estas completen el circuito de manera correcta, manteniendo con aire fresco el lugar.

La orientación hacia los vientos predominantes de los elementos adicionales en la fachada pueden direccionar el aire de una manera directa al espacio, así también respondiendo a las estrategias de iluminación.

7.1.1.2 Ventilación Natural Forzada. Es el proceso mediante el cual se suministra o extrae el aire de un determinado espacio, utilizando mecánica con el objeto de controlar los niveles de calor, extraer gases contaminantes, diluir partículas y polvillo producto de procesos industriales y proveer oxígeno necesario para el personal o habitantes del recinto. Esta es ayudada por la ventilación natural.

- Chimenea solar: Este efecto consiste en que el aire caliente, de menor densidad, tiende a ascender y salir, forzando la creación de una corriente de aire fresco del exterior que penetra en el edificio para reemplazarlo, con lo que se va sustituyendo el aire interior por aire exterior a menor temperatura.

Figura 104. Representación gráfica de chimenea solar y extracción del aire en el espacio interior

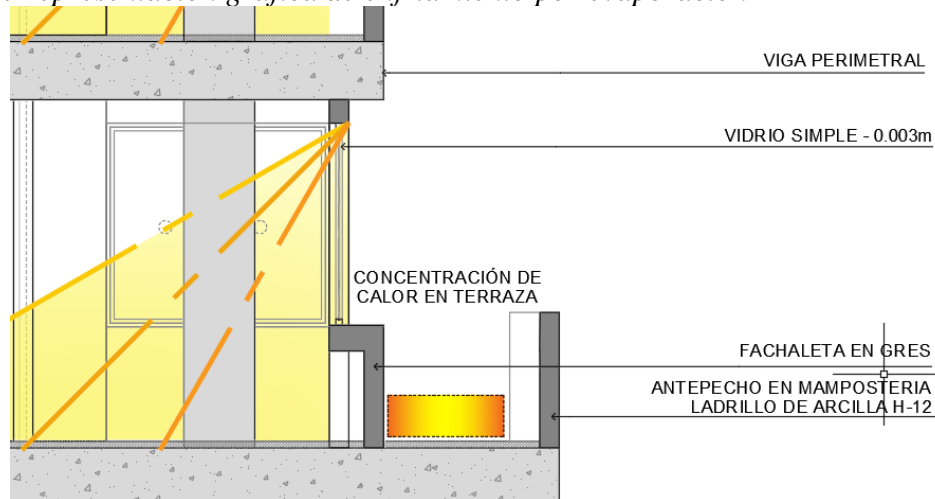


Elaboración propia. Sin escala

7.1.1.3 Enfriamiento por Evaporación. El enfriamiento por evaporación consiste en hacer circular una corriente de aire en contacto ya sea a través de terrazas como es en el caso del Fray Angélico o por conexión con el entorno vegetal.

Esto permite controlar y regular la temperatura ambiente en el interior del edificio, ya que a través de la combinación de sistemas puede hacer pasar corrientes de aire a través de vegetación alrededor de los espacios.

Figura 105. *Representación gráfica de enfriamiento por evaporación*



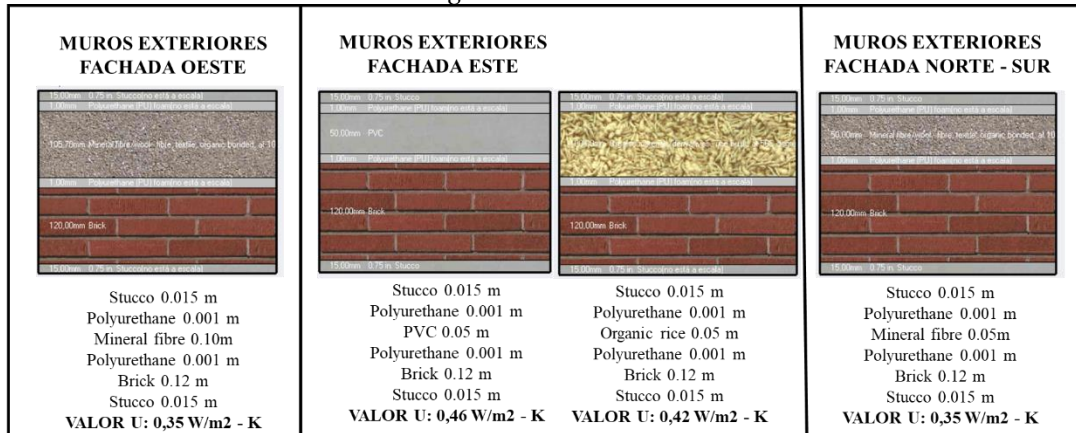
Elaboración propia

El manejo de terrazas como en la figura 94 debe realizarse con un análisis en el cual no permita que la concentración de calor generada en el espacio debido a la radiación solar directa, se refleje en las fachadas del edificio, y que, por el contrario, ayude a disipar las nubes de calor.

7.1.1.4 Inercia - Masa Térmica. La inercia térmica de materiales utilizados en la construcción permite mantener la temperatura estable a lo largo del día, en los espacios interiores habitables. En verano, un muro másico, que presenta una gran inercia térmica, absorbe calor durante el día del ambiente interior, debido a la diferencia de temperatura entre ambos, lo va almacenando de manera progresiva, y se disipa durante la noche, con una ventilación adecuada.

7.1.1.4.1 Aislamiento en Muros. Uno de los principales objetivos es tener un control del valor U, el cual indica cuál es el control necesario para mantener en equilibrio las temperaturas generadas en el interior, haciendo que bajen hasta un 20%.

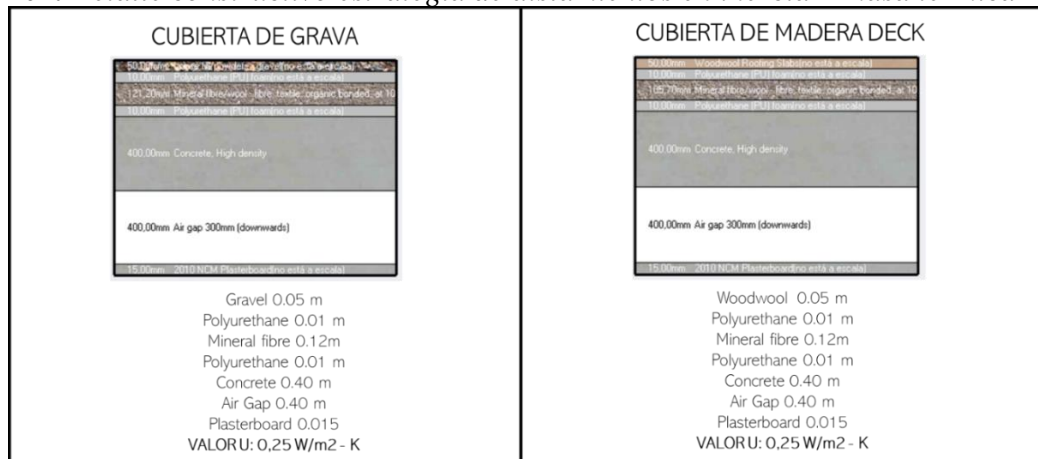
Figura 106. Detalle constructivo estrategia de aislamientos en inercia – masa térmica



Elaborado en Design Builder

7.1.1.4.2 Aislamiento en Cubierta y Suelos

Figura 107. Detalle constructivo estrategia de aislamientos en inercia – masa térmica



Elaborado en Design Builder

Figura 108. *Detalle constructivo estrategia de aislamientos en inercia – masa térmica*

Elaborado en Design Builder

7.2 Conclusiones

- Las estrategias anteriores se pueden simplificar como elementos adheridos a la fachada que provocan un sombreado adecuado para controlar el ingreso de la radiación solar directa a las aulas, permitiendo así mismo la evacuación de aire caliente y completar un circuito correcto
- La intervención de estas estrategias se puede proporcionar de manera individual, ya que cada una tiene una función diferente, generando un diseño bioclimático
- El clima cálido húmedo necesita tener alta pérdida de energía en los espacios, para poder tener en un confort aceptable las aulas y espacios administrativos.
- La correcta utilización de los materiales puede llegar a mejorar hasta un 60% del rendimiento del confort interior
- El análisis de las estrategias bioclimáticas se debe basar en un estudio climático previo, donde se demuestre por medio de cartas o diagramas el comportamiento respectivo de cada variable para llegar a una aplicación

- El aprovechamiento de la composición actual del edificio va desarrollando la aplicación de las estrategias y cuál de ellas es la más apropiada tanto para la mejora del confort como para la estética del edificio
- Reducción del consumo y gasto energético durante diferentes horas del día, ya que al utilizar de manera adecuada los recursos naturales, se vuelve innecesario prender la luz o la activación de aire acondicionado de manera permanente.

8. Fase VI: Desarrollo Propuesta – Envoltente Fray Angélico

Figura 109. Pasos de FASE VI

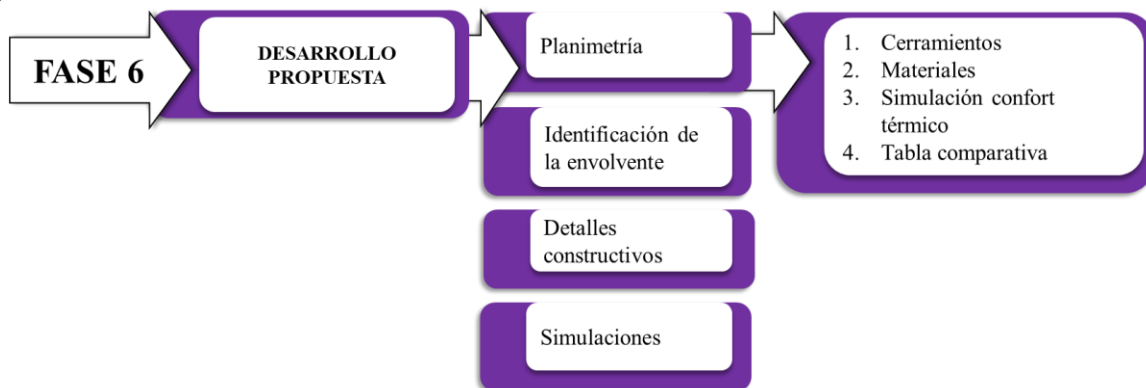


Figura 110. *Análisis de plantas para la propuesta de mejora*

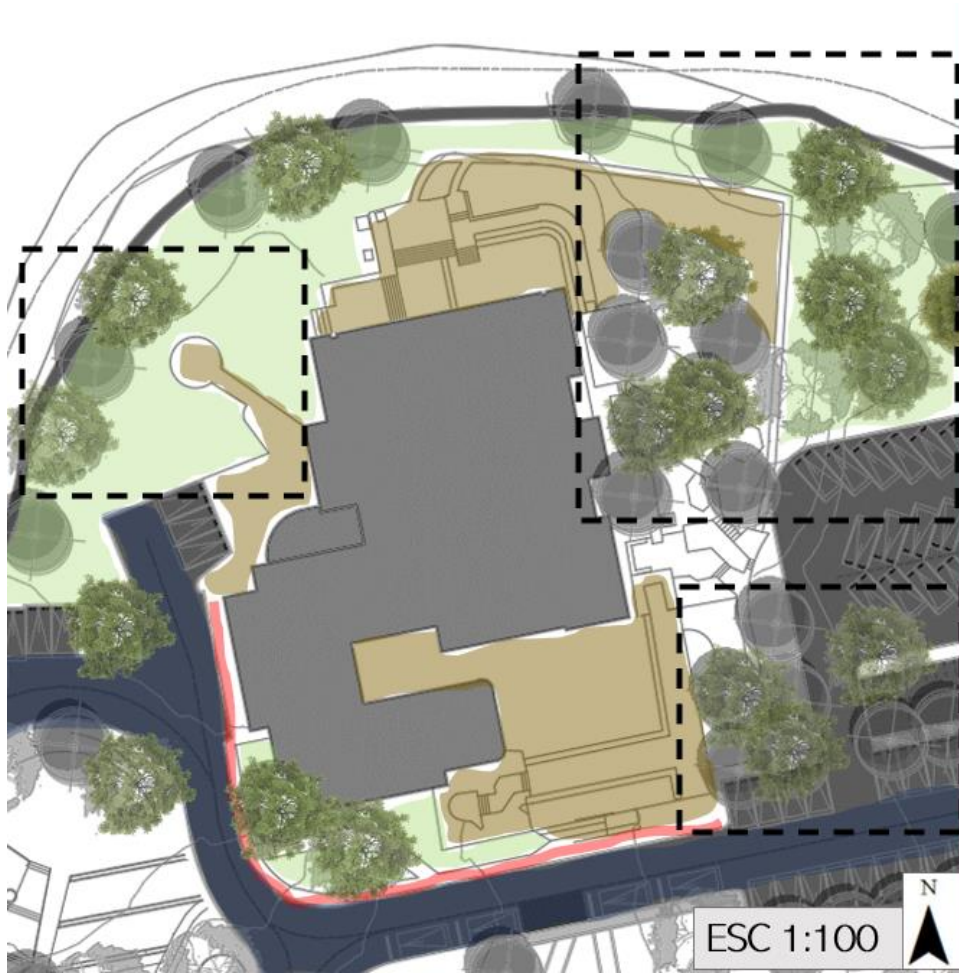
La composición y desarrollo de las estrategias arquitectónicas a plantear se basan en los resultados de las simulaciones realizadas en las plantas 6, que muestran de manera correcta el funcionamiento académico del edificio, evidenciando las falencias ocurridas durante el día en cuanto al confort térmico con respecto al clima del exterior.

Los siguientes pasos del desarrollo arquitectónica se basan en una secuencia de estrategias planteadas para disminuir el ingreso de radiación solar directa a los espacios y ampliar el área de la carpintería para recuperar el recorrido natural del flujo del aire dentro de estos espacios.

8.1 Planimetría

8.1.1 Planta Entorno

Figura 111. *Condiciones del entorno*



En los recuadros de color negro se puede ver el entorno inmediato del campus, compuesto por vegetación amplia con áreas adecuadas para disipar la concentración de calor. La ubicación de las plazoletas y espacios de esparcimiento en las horas del mediodía generan un sobrecalentamiento, ya que el sol llega directamente a estos espacios y no tienen protección de alguna cubierta.

Por otra parte, los vacíos que componen el edificio permiten una concentración de ventilación adecuada para las circulaciones y los espacios internos. Esta conexión permite mejorar el confort de los usuarios en el interior del edificio, ya que la intención de permitir el flujo continuo

de la ventilación y luz natural se presenta como una mejora al realizar las actividades diarias dentro del Fray Angélico.

8.1.2 *Planta Sexto Piso*

Figura 112. *Planta arquitectónica piso 6 con modificaciones*








Nota: Sin escala. Elaboración propia

8.1.3 Gráfica de Vientos y Radiación – Planta Sexto Piso

Figura 113. Planta arquitectónica piso 6 con modificaciones

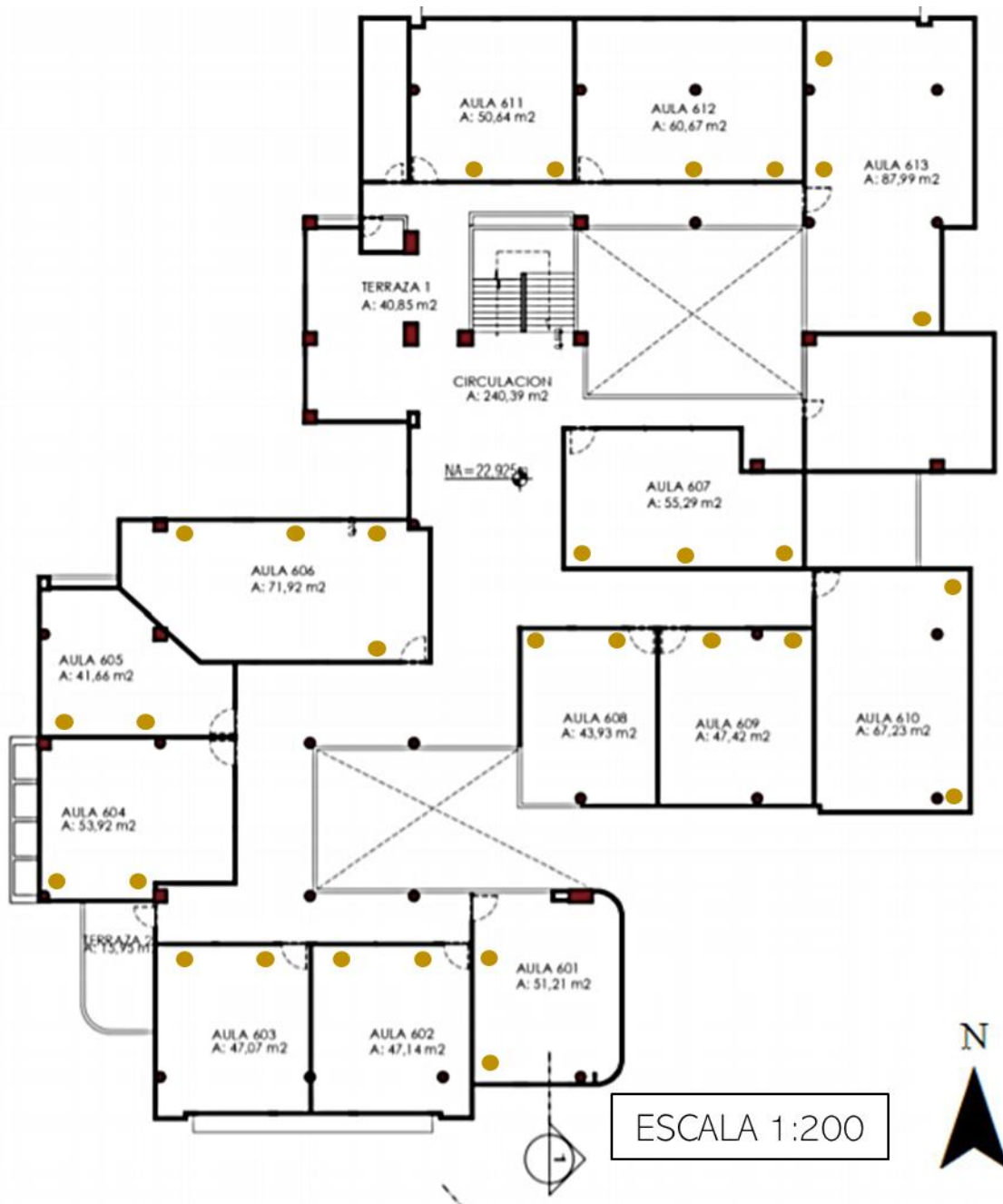


-  Ingreso de aire a los espacios interiores
-  Dirección radiación solar
-  Proyección de ductos de las chimeneas solares
-  Aislamiento de muro
-  Proyección de aleros

Nota: Sin escala. Elaboración propia

8.1.4 Planta Sexto Piso, Ubicación de Tubos Solares

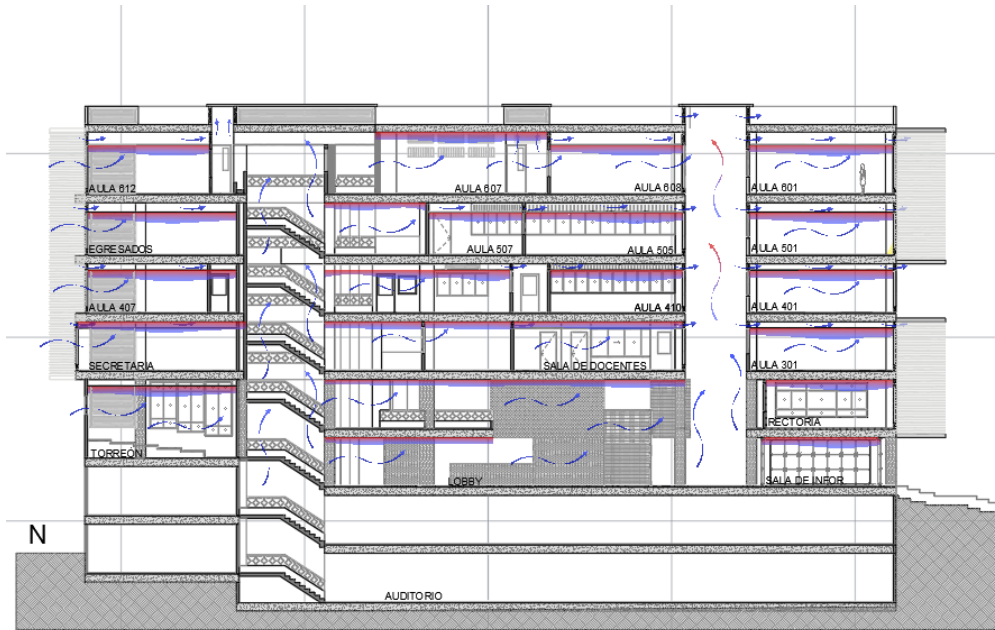
Figura 114. Ubicación de tubos solares en la planta del piso 6



Nota: Escala 1:200. Elaboración propia

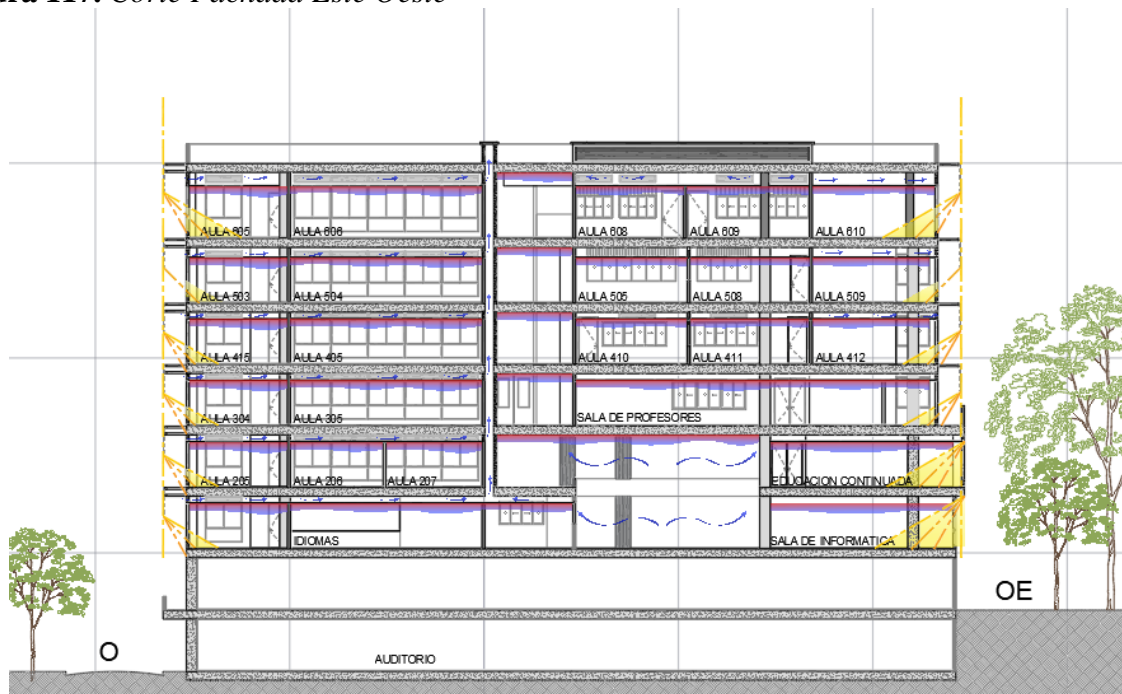
8.2.1 Corte Fachada Norte sur

Figura 116. Corte Fachada Norte sur



8.2.2 Corte Fachada Este Oeste

Figura 117. Corte Fachada Este Oeste



8.2.3 Corte Comportamiento Estrategias

Figura 118. Corte de función de estrategias aplicadas



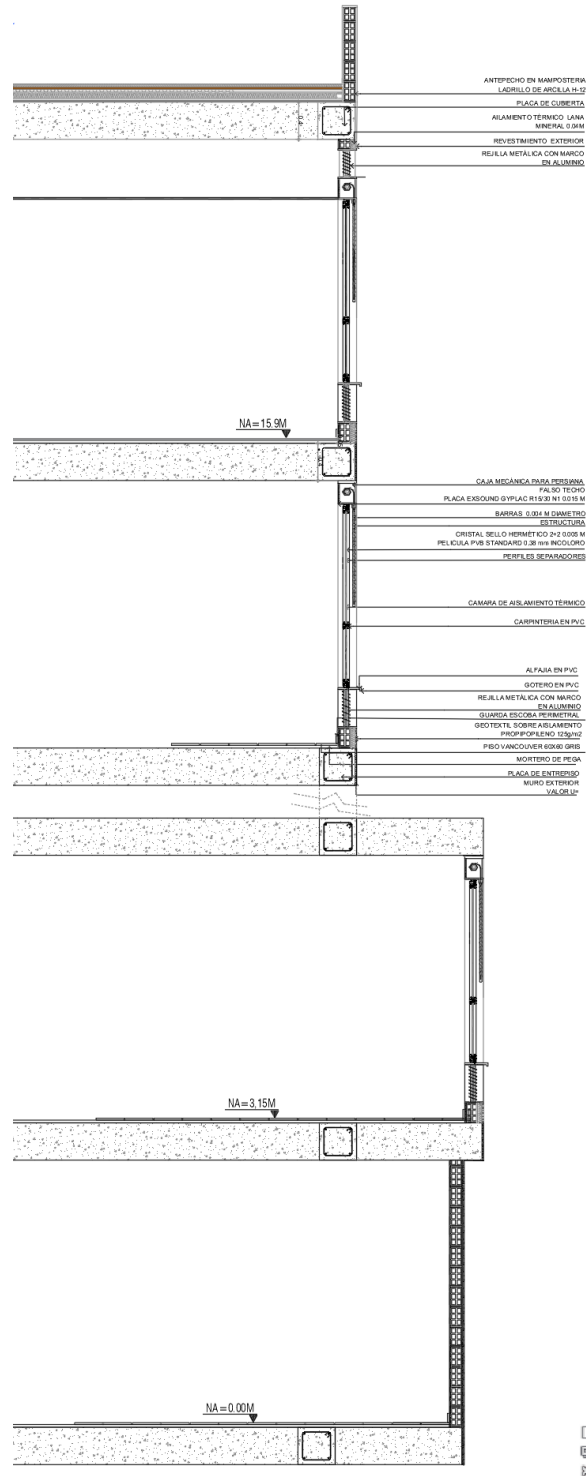
Corte transversal. Elaboración propia

En la figura 107 se puede evidenciar de manera gráfica el comportamiento de las variables dentro de los espacios arquitectónicos internos. El aire caliente se concentra arriba y el frío donde los usuarios realizan sus actividades diarias, también se puede analizar el comportamiento del viento a través de los ojos del edificio distribuyendo así uniformemente la fuerza por las circulaciones.

8.3 Detalles Constructivos

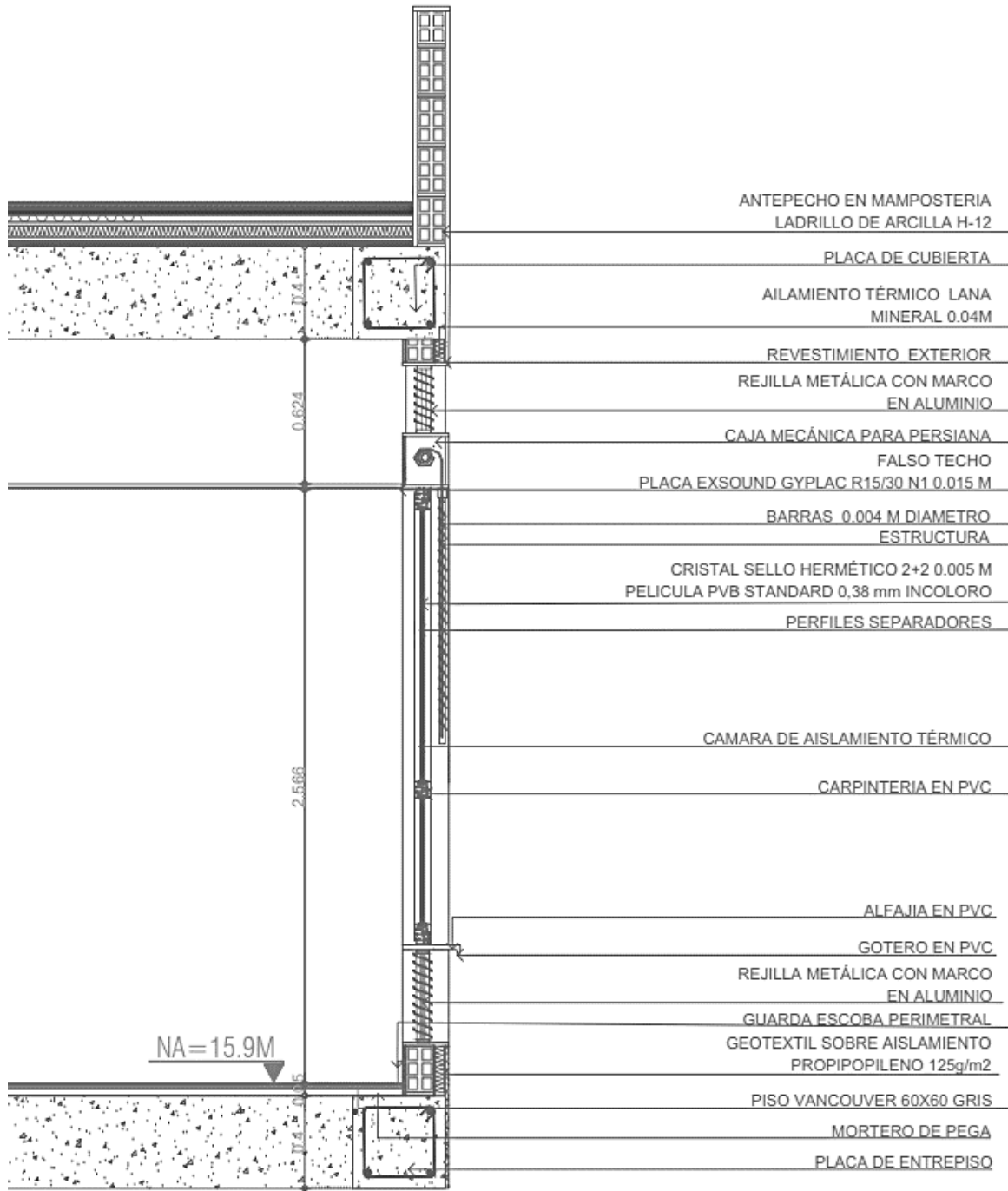
8.3.1 Fachada Este

Figura 119. Detalle constructivo fachada este



Nota: Sin escala. Elaboración propia

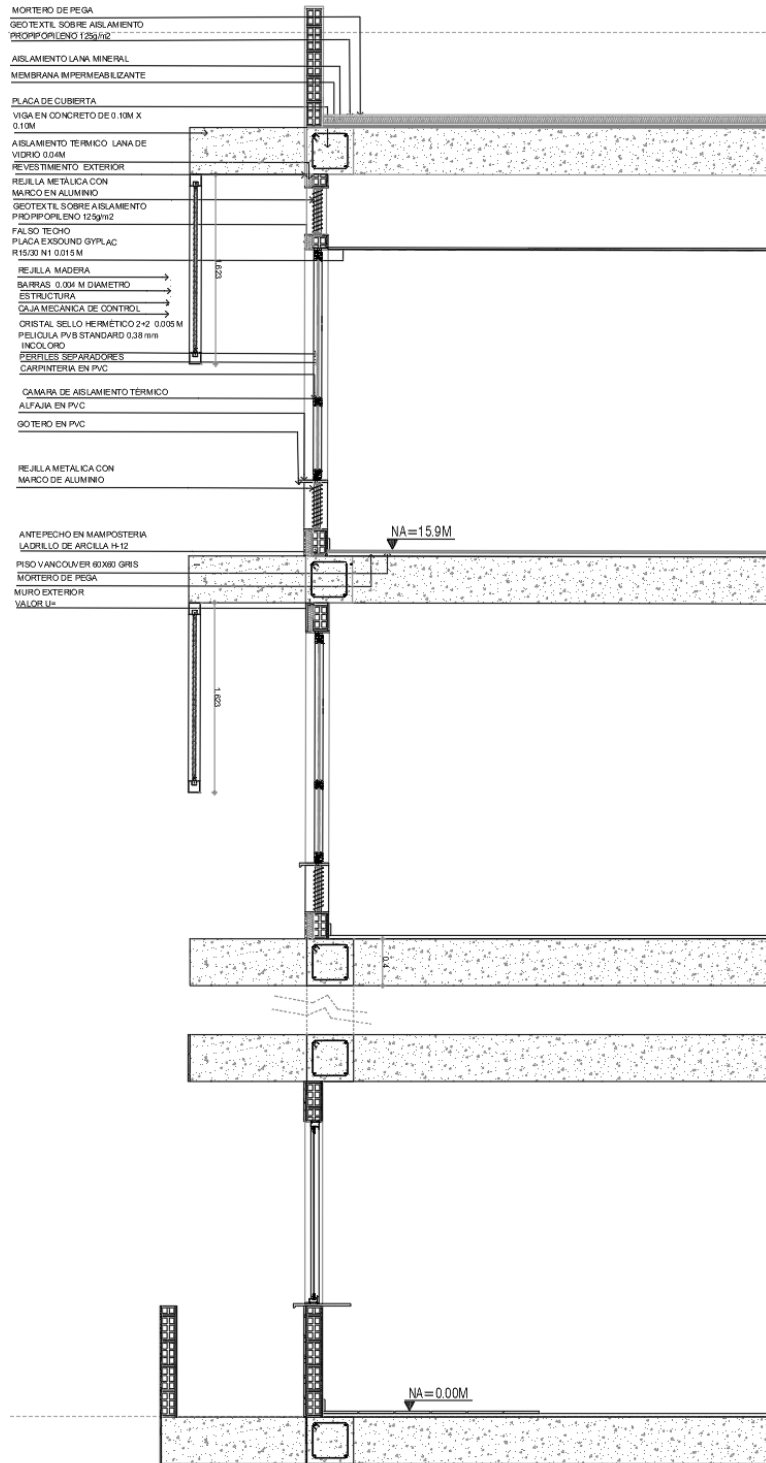
Figura 120. *Detalle constructivo fachada este- ampliado*



Sin escala

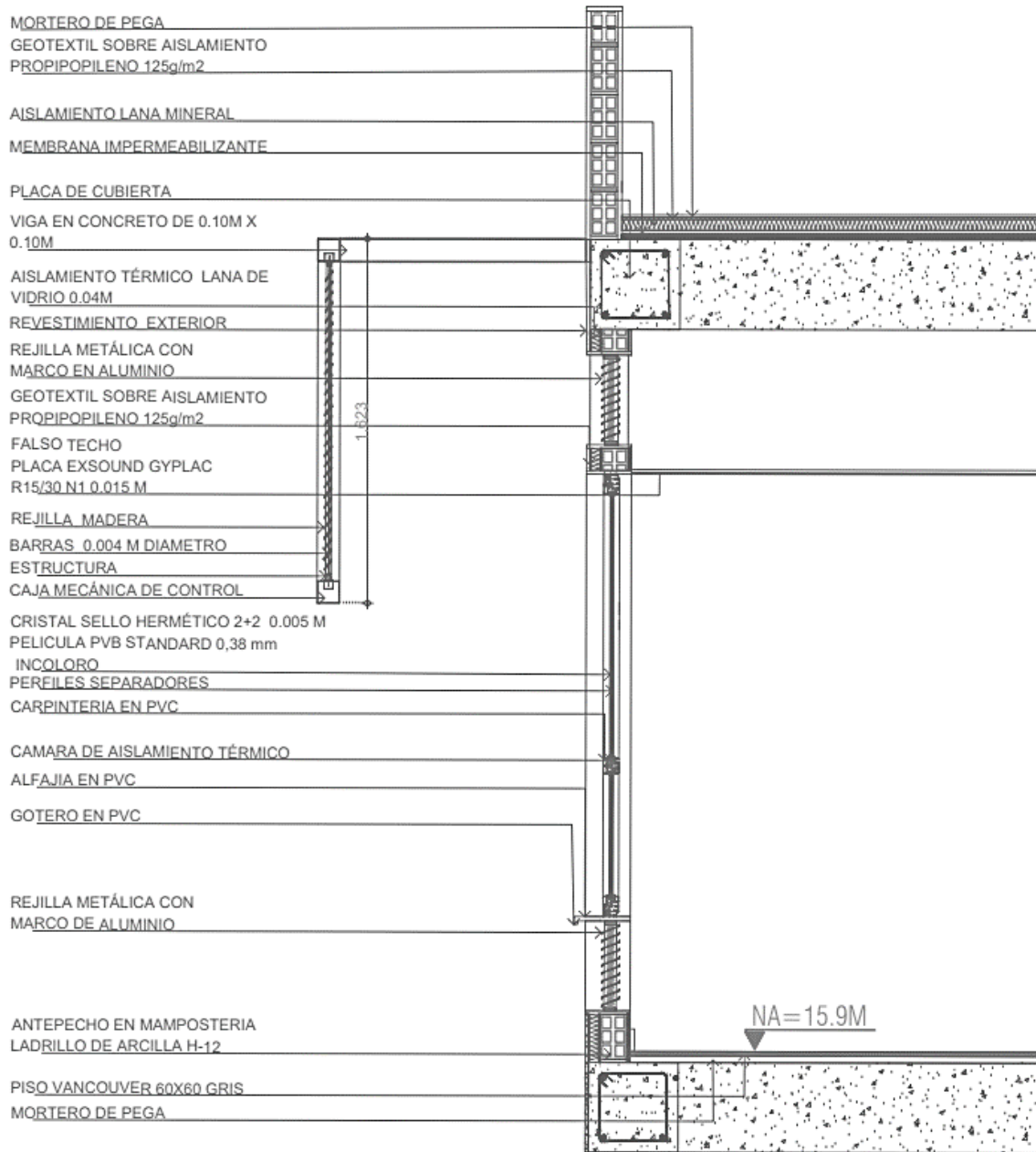
8.3.2 Fachada Oeste

Figura 121. Detalle constructivo fachada oeste



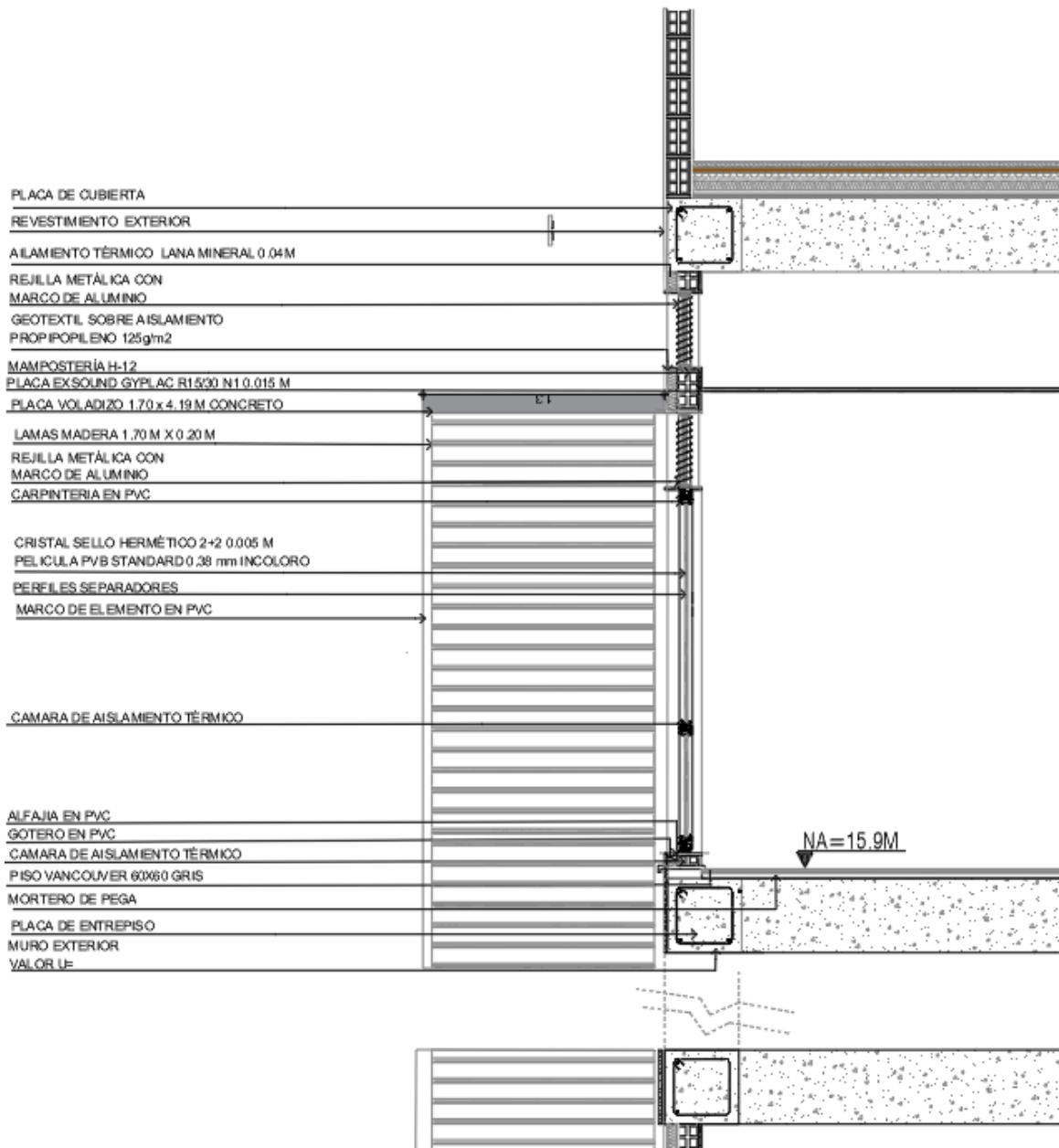
Nota: Sin escala

Figura 122. *Detalle constructivo fachada oeste ampliado*



Nota: Sin escala

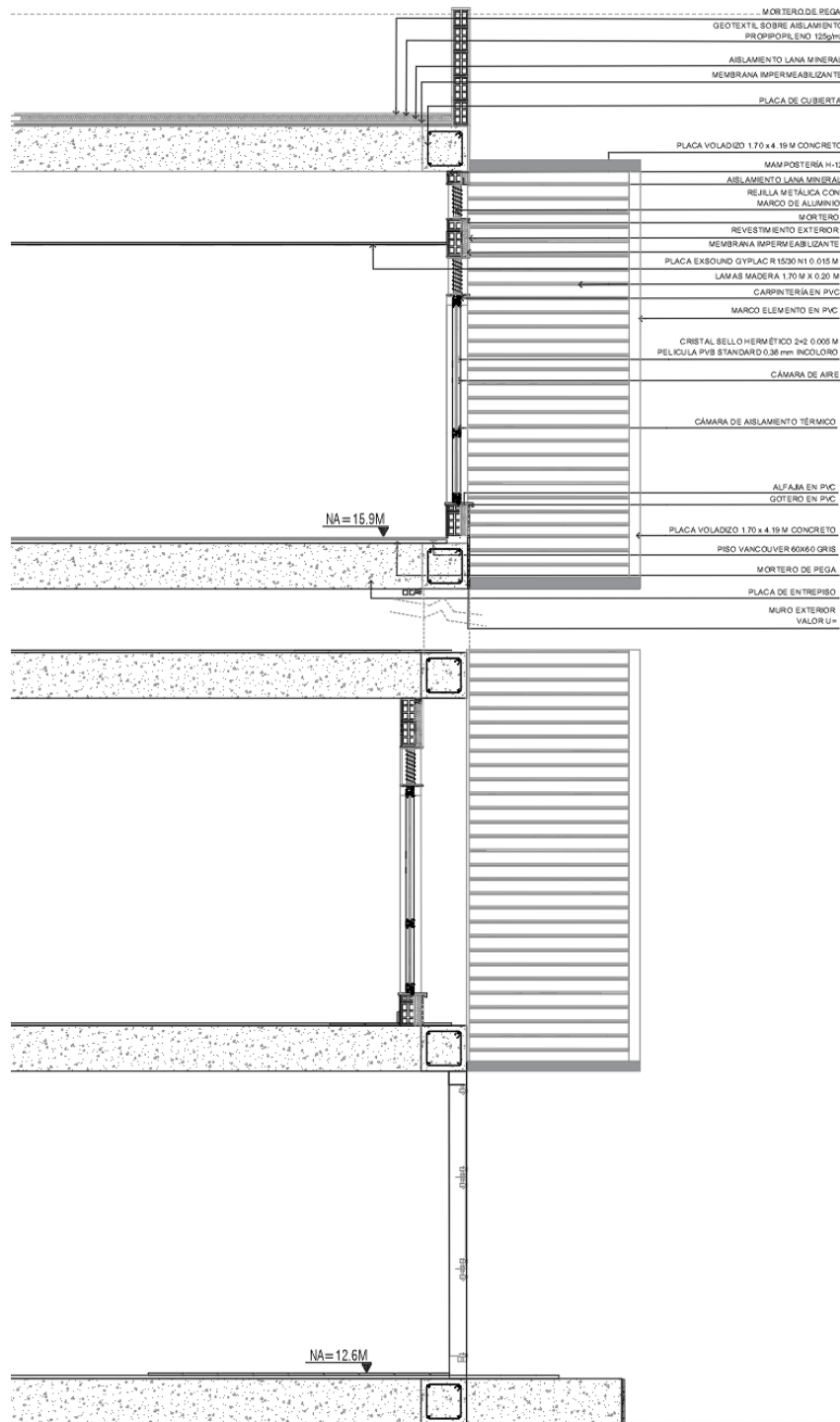
Figura 124. Detalle constructivo fachada norte ampliado



Nota: Sin escala

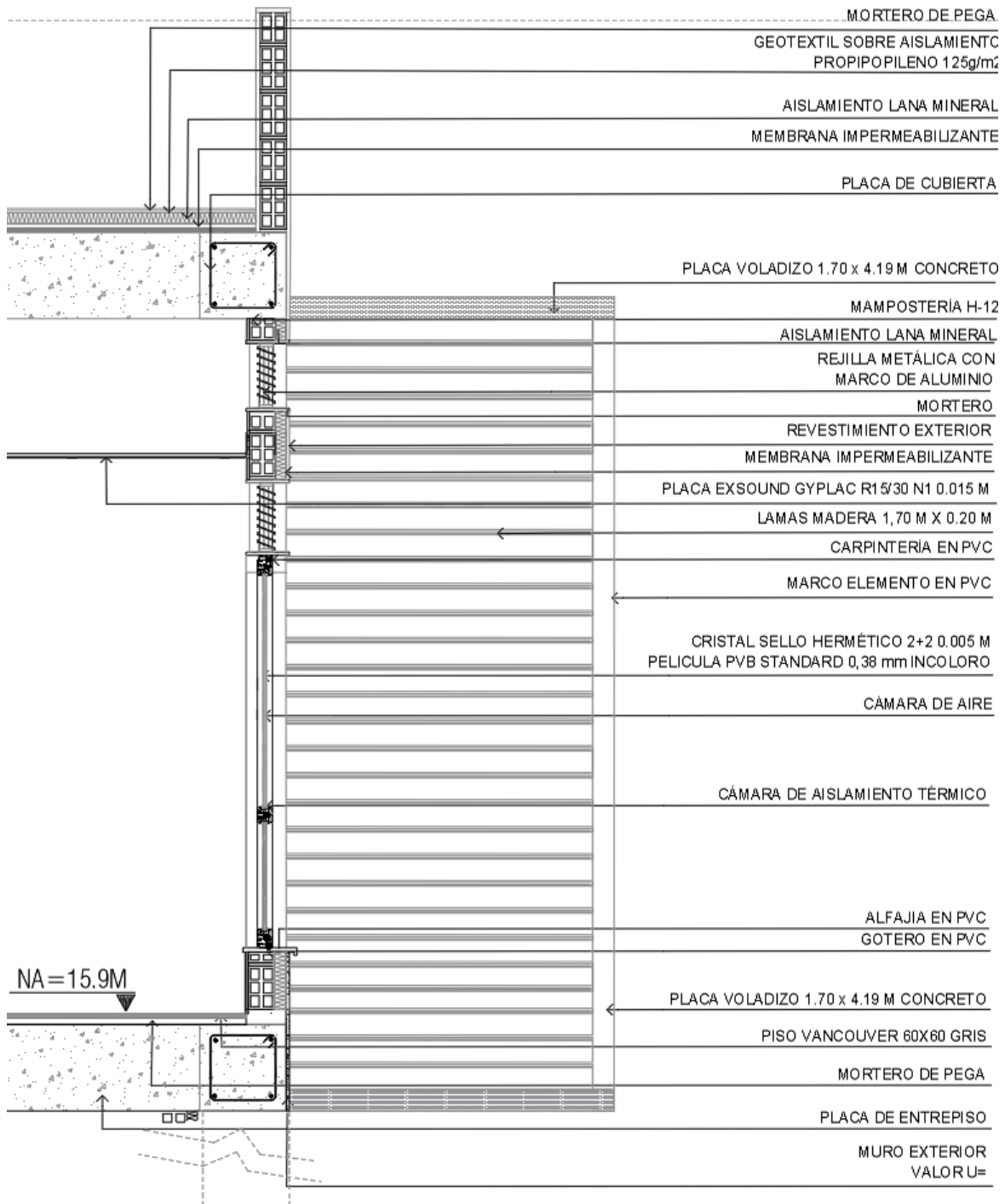
8.3.4 Fachada Sur

Figura 125. Detalle constructivo fachada Sur



Nota: Sin escala

Figura 126. Detalle constructivo fachada Sur ampliado



Nota: Sin escala

8.4 Planteamiento de Estrategias por Fachada

Figura 127. *Render isométrica propuesta del Fray Angélico*



Elaboración propia

1. Elementos exteriores agregados a las fachadas
2. Aumento en el área de la carpintería
3. Placas con material vegetal en la parte superior para complemento de la disipación de calor
4. Manejo correcto de puentes térmicos en la carpintería
5. Aumento de m² verdes para el comportamiento de microclimas
6. Manejo correcto de color y materiales urbanos – Albedo 70 – 80%
7. Manejo de cubiertas perforadas para el área urbana

8. Planteamiento de chimeneas solares para los espacios interiores

8.4.1 Composición de Fachadas

La composición arquitectónica del edificio Fray Angélico permitió realizar diferentes cambios en sus fachadas, haciendo énfasis en recuperar lo existente y planteando nuevas propuestas tanto en la carpintería como en los materiales. De esta manera, se decide mantener la verticalidad y horizontalidad de los módulos y marcos de las fachadas para no perder la composición inicial. Con el fin de lograr esto, se realiza un análisis de porcentajes en relación ventana- pared para saber cuál es el número indicado de área para manejar según la fachada, para lo cual se tiene en cuenta la predominancia con el sol y los vientos, dando así el mejor uso a los recursos naturales durante el día.

8.4.1.1 Fachada Sur.

Figura 128. *Render fachada sur - elementos de fachada*



Elaborado en SketchUp y editada la ambientación. Elaboración propia

El principal objetivo de la fachada sur se basa en resaltar los recuadros de la planta 2 a la 6ta, encuadrando la carpintería para un doble propósito de sombreado e impulso de aire, lo cual se hace a través de unos elementos exteriores agregados a la fachada para aumentar la verticalidad del edificio.

Además, se cambia el color a un blanco crema, que hace juego con el uso de materiales en PVC que conforman los marcos de la carpintería y aleros. Se protege la plazoleta del acceso principal, con una serie de celosías que conforman un camino guía hacia la entrada.

8.4.1.2 Fachada Norte

Figura 129. *Perspectiva Isométrica de fachada norte - oeste*



Elaboración propia

La misma estrategia se repite para la fachada norte, conservando los materiales en pvc para no generar microclimas en los aleros. Por otro lado, la composición en la carpintería se plantea siguiendo un patrón de lenguaje que permite establecer un único tamaño para las ventanas de las fachadas, estableciendo un orden dimétrico y generando una mayor fluidez de aire.

8.4.1.3 Fachada Este.

Figura 130. *Isométrica de fachada este*



Elaboración propia

Figura 131. *Detalle de ampliación en carpintería de fachada este*



Elaboración propia

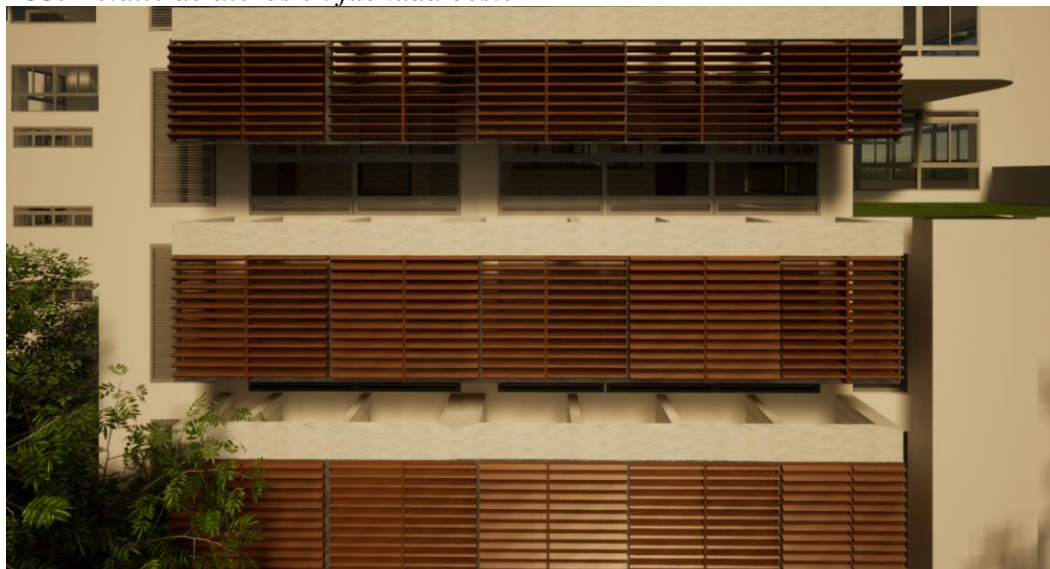
8.4.1.4 Fachada Oeste.

Figura 132. *Isométrica de fachada oeste*



Elaboración propia

Figura 133. *Detalle de aleros en fachada oeste*



Elaboración propia

Una de las principales características de las fachadas predominantes a la radiación solar es la intervención en los elementos de fachada agregados de manera acertada con un cálculo en la inclinación solar.

8.4.2 Cerramiento

El cambio de acristalamiento se hizo pensando en el confort de los usuarios dentro de las aulas de clase y zonas administrativas, evitando o minimizando el uso de energías activas como luces desde muy temprano o aires acondicionados, además de aumentar el uso de recursos naturales, y así mismo, el confort de los usuarios.

8.4.2.1 Fachada Oeste.

Para esta fachada, se mantiene un control en el aumento del área del acristalamiento, protegiendo la carpintería con el propósito de brindar sombreado adecuado a los usuarios en las horas de la tarde

Figura 134. *Acristalamiento de fachada oeste*



Elaboración propia

8.4.2.2 Fachada Este.

En esta fachada se llega a la conclusión de proteger el acristalamiento en las horas de la mañana, a partir de las 9am donde el sol entra por las ventanas del edificio depositando toda la

radiación solar de manera directa en los usuarios, impidiendo que estos realicen sus actividades de manera correcta.

Figura 135. *Acrilamiento de fachada este*



Elaboración propia

8.4.2.3 Fachada norte

Se modifica el diseño de la carpintería ampliando su área en un 20% aproximadamente, para tener un mayor aprovechamiento del viento e impulsarlo al interior del edificio.

Por otra parte, se plantea un volado de 1m para la protección de la inclinación solar que es 75° en junio y Julio y así evitar un efecto invernadero en las aulas de esta fachada y no desnivelar el confort térmico.

Figura 136. *Acristalamiento de fachada norte*

Elaboración propia

8.4.2.4 Fachada Sur

Esta fachada tiene una característica principal que consiste en que es la fachada principal del edificio, por lo tanto, su diseño tiene que mantener la verticalidad de la composición y a su vez funcionar de manera correcta para mantener sus visuales al campus.

De acuerdo a esto, las estrategias planteadas en esta cara del edificio corresponden a aumentar el área de la carpintería, generando unos volados de 1 m o 1.20 m para soportar la inclinación solar presentada en los meses de diciembre y enero la cual es de 65°. Además, se modifica el acristalamiento de la primera planta por cristales que no generen puentes térmicos y evitar la pérdida de energía

Figura 137. *Acristalamiento de fachada norte*

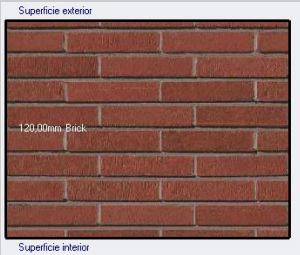



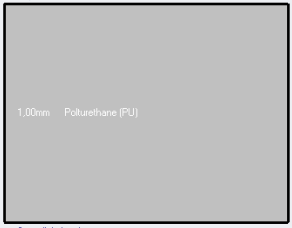



Elaboración propia

8.4.3 *Materiales*

A continuación, se presenta una lista de los materiales usados en la mejora del edificio Fray Angélico, los cuales componen los diferentes muros de cada fachada en el exterior, generando un aislamiento térmico para impedir el sobrecalentamiento de los espacios interiores.

Tabla 19. *Tabla de materiales usados en las fachadas del edificio*
Cálculo de valor U

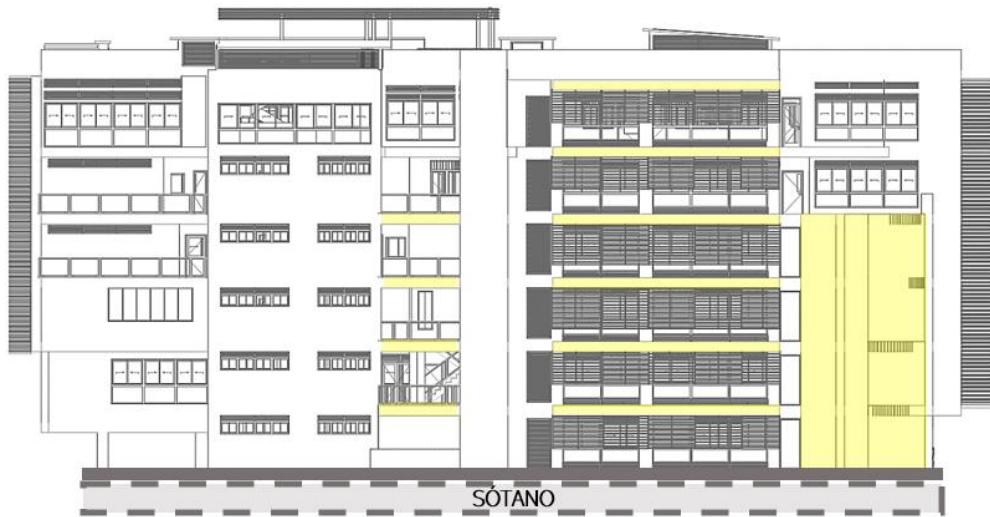
| Material | Valor U |
|---|--------------------------|
| <p data-bbox="448 1472 550 1503">Ladrillo</p>  | 2,9 W/m ² - K |
| Estuco | 5,5 W/m ² - K |

| Material | Valor U |
|---|----------------------|
| <p>Superficie exterior</p>  <p>15,00mm - 0,75 in. Stucco</p> <p>Superficie interior</p> | |
| <p>Polietileno</p> <p>Superficie exterior</p>  <p>1,00mm - Polurethane (PU)</p> <p>Superficie interior</p> | <p>5,7 W/m2 - K</p> |
| <p>Fibra mineral</p> <p>Superficie exterior</p>  <p>100,00mm - Mineral fibre / wool - wool</p> <p>Superficie interior</p> | <p>0,35 W/m2 - K</p> |
| <p>Aislamiento de PVC</p> <p>Superficie exterior</p>  <p>50,00mm - PVC</p> <p>Superficie interior</p> | <p>0,35 W/m2 - K</p> |
| <p>Aislamientos derivados de materiales orgánicos</p> <p>Superficie exterior</p>  <p>90,00mm - Fibra de cañamero / paja / cañamero / cañamero / cañamero</p> <p>Superficie interior</p> | <p>0,86 W/m2 - K</p> |

8.4.3.1 Fachada Oeste.

8.4.3.1.1 Concreto.

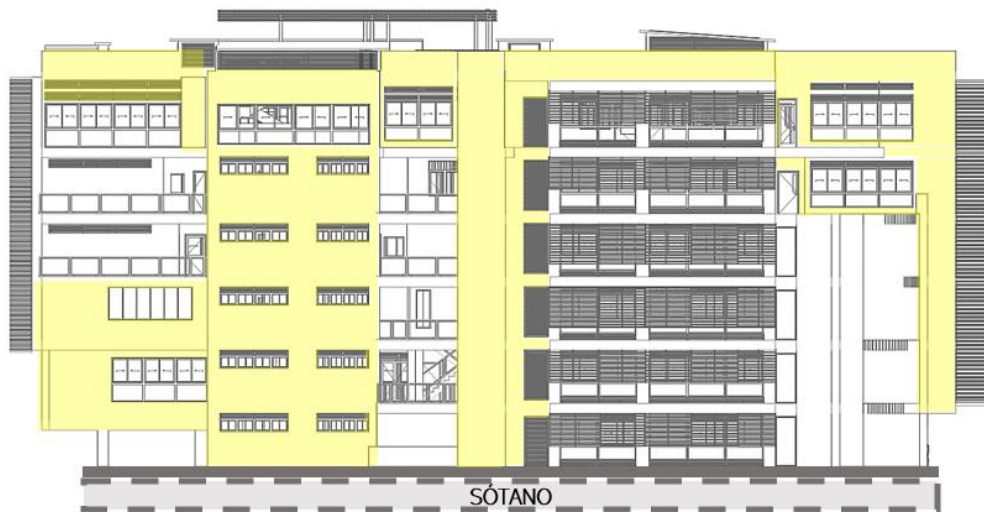
Figura 138. Porcentaje de concreto en fachada oeste



Elaboración propia

8.4.3.1.2 Pintura

Figura 139. Porcentaje de pintura en fachada oeste



Elaboración propia

8.4.3.1.3 Estrategias.

Figura 140. Porcentaje de estrategias en fachada oeste



Elaboración propia

8.4.3.1.4 Hueco

Figura 141. Porcentaje de estrategias en fachada oeste



Elaboración propia

8.4.3.2 Fachada Este.

8.4.3.2.1 *Concreto.*

Figura 142. *Porcentaje de concreto en fachada este*



Elaboración propia

8.4.3.2.2 *Pintura*

Figura 143. *Porcentaje de pinturas en fachada este*



Elaboración propia

8.4.3.2.3 Estrategias

Figura 144. Porcentaje de estrategias en fachada este



Elaboración propia

8.4.3.2.4 Hueco

Figura 145. Porcentaje de hueco en fachada este



8.4.3.3 Fachada Norte

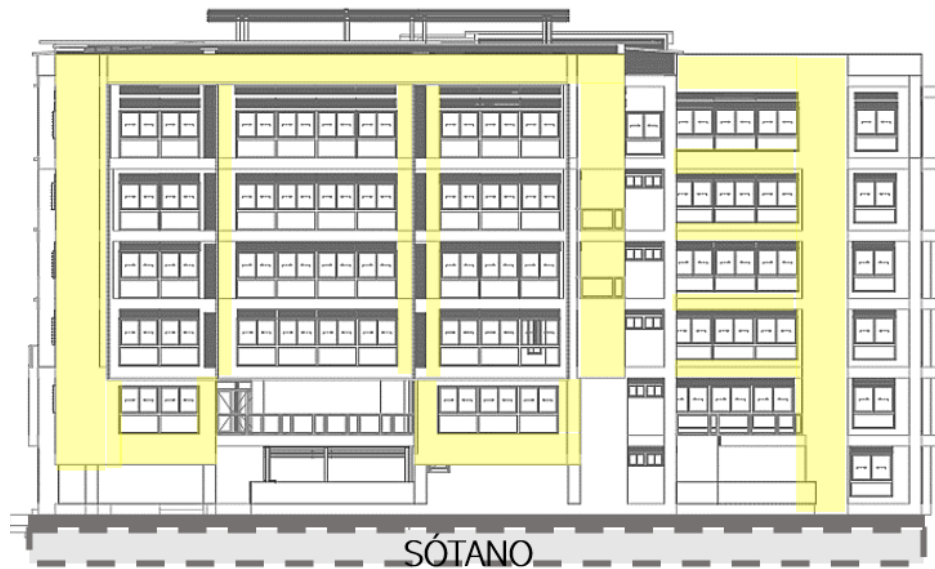
8.4.3.3.1 Concreto

Figura 146. Porcentaje de concreto en fachada norte



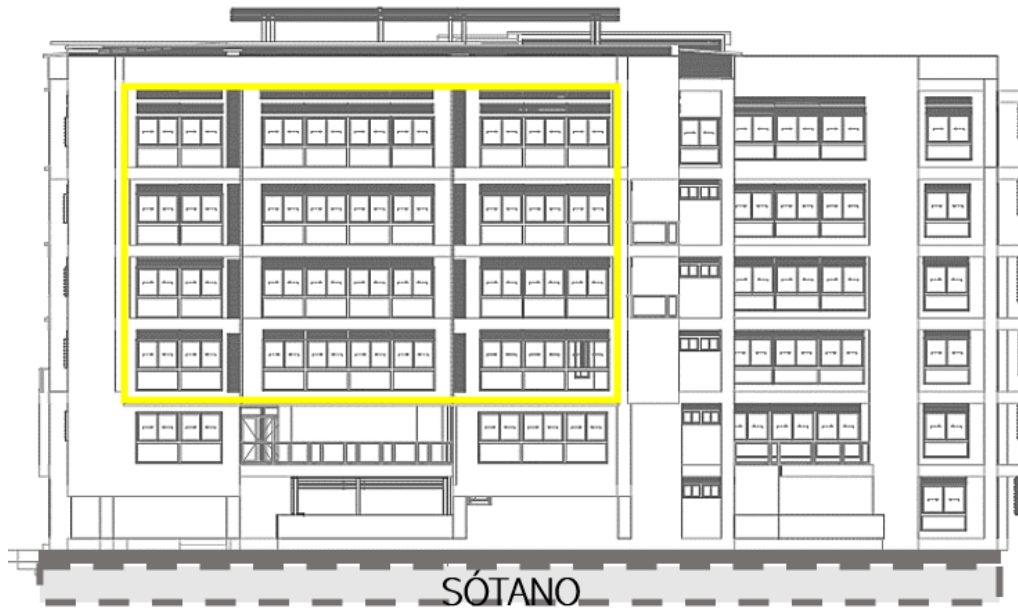
8.4.3.3.2 Pintura

Figura 147. Porcentaje de concreto en fachada norte



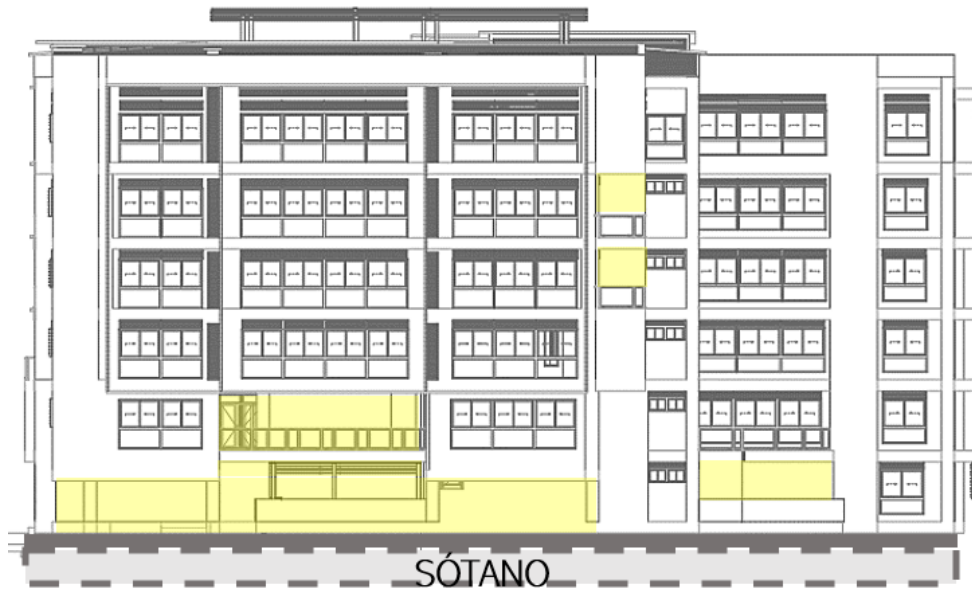
8.4.3.3 Estrategias

Figura 148. Porcentaje de concreto en fachada norte



8.4.3.3.4 Hueco

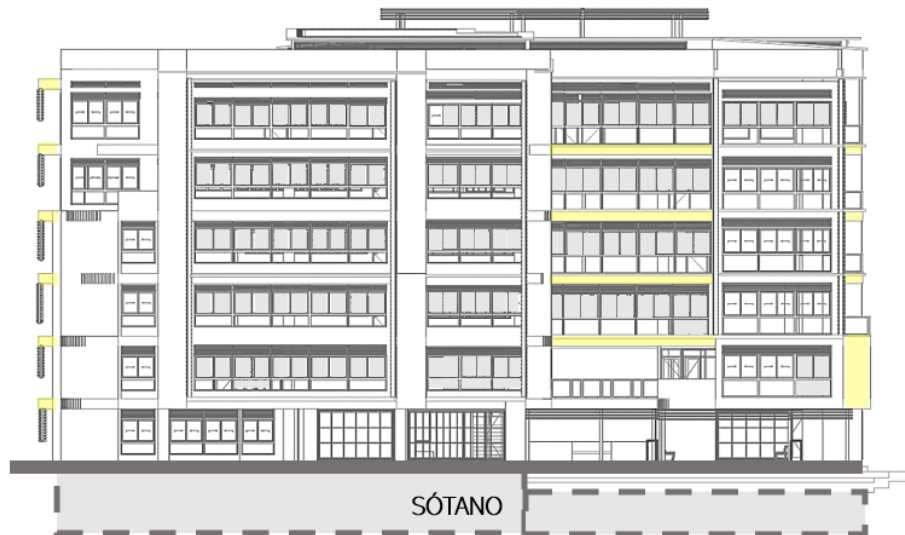
Figura 149. Porcentaje de concreto en fachada norte



8.4.3.4 Fachada Sur

8.4.3.4.1 *Concreto*

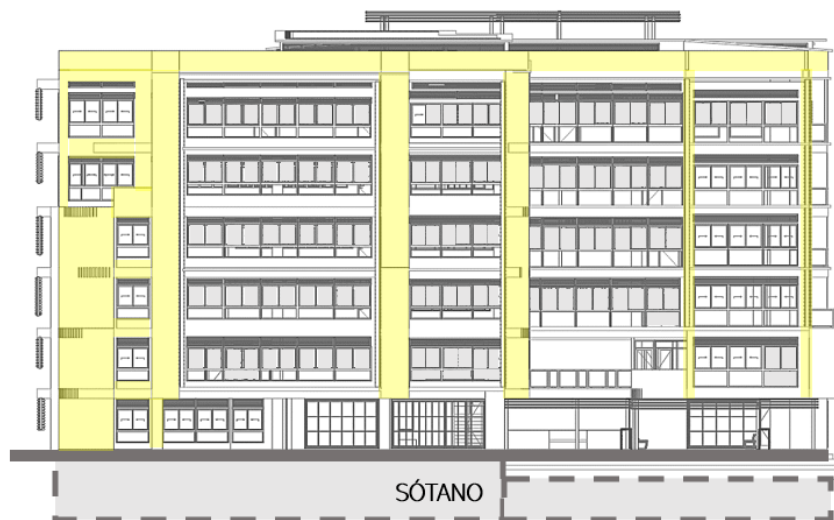
Figura 150. *Porcentaje de concreto en fachada norte*



Elaboración propia

8.4.3.4.2 *Pintura*

Figura 151. *Porcentaje de concreto en fachada norte*



Elaboración propia

8.4.3.4.3 Estrategias

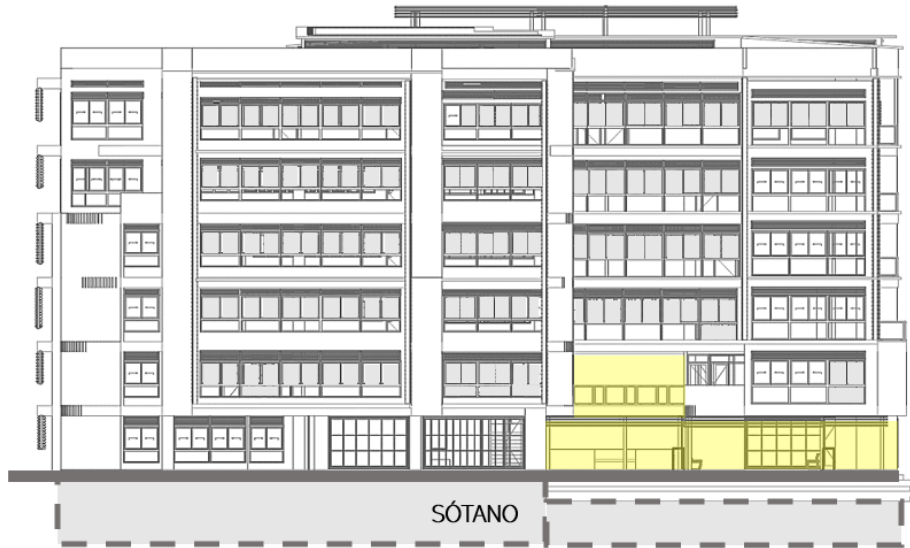
Figura 152. Porcentaje de concreto en fachada norte



Elaboración propia

8.4.3.4.4 Hueco

Figura 153. Porcentaje de concreto en fachada norte



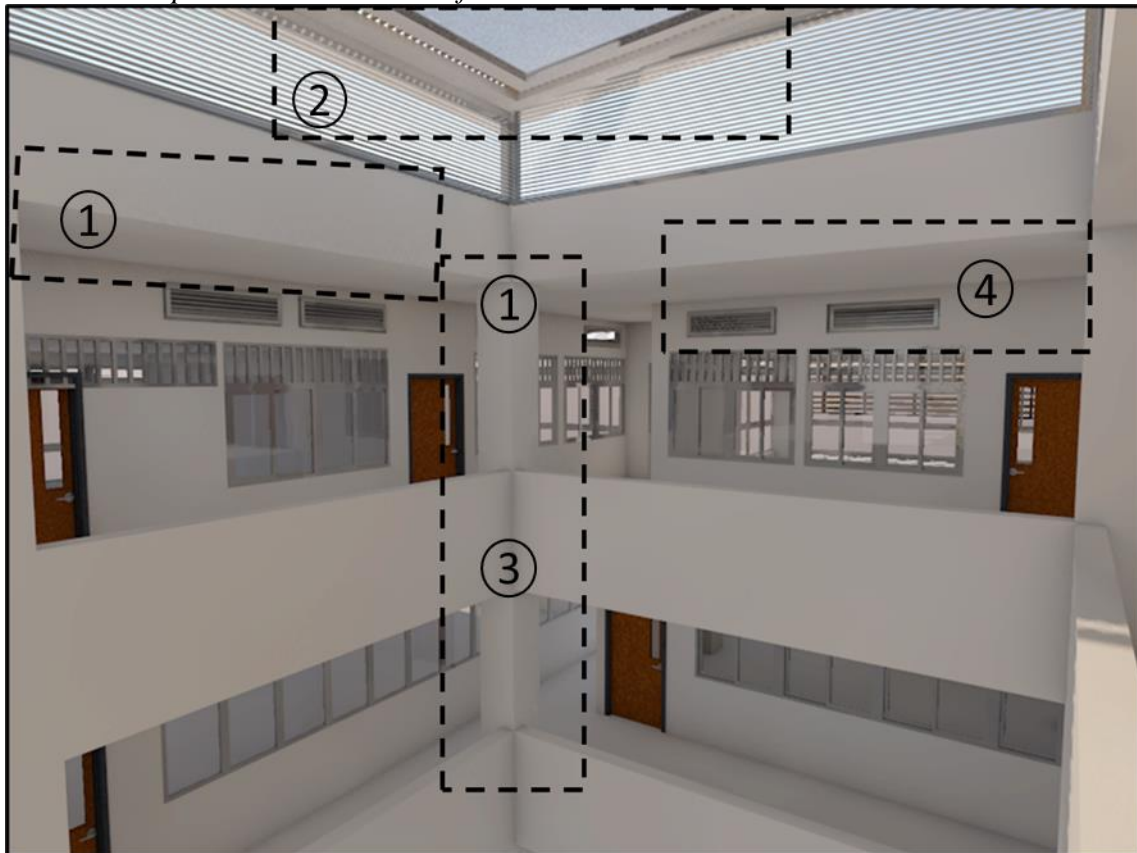
Elaboración propia

8.5 Análisis estructural

La estructura del Fray Angélico es en pórticos, compuesto de columnas simples, vigas y muros. Esta permite que muchos salones de clase tengan estructura dentro de él, debido a las remodelaciones presentadas a través de los años, donde muchos espacios en el interior han tenido que cambiar su uso por el crecimiento en el número de estudiantes.

Una de las principales modificaciones se basa en emparejar el diseño y composición de la planta 6 para la mejora del confort de los estudiantes, ya que al controlar el ingreso y salida de la ventilación se puede impulsar la entrada de aire fresco y la evacuación del aire caliente por las rejillas implantadas en la cubierta.

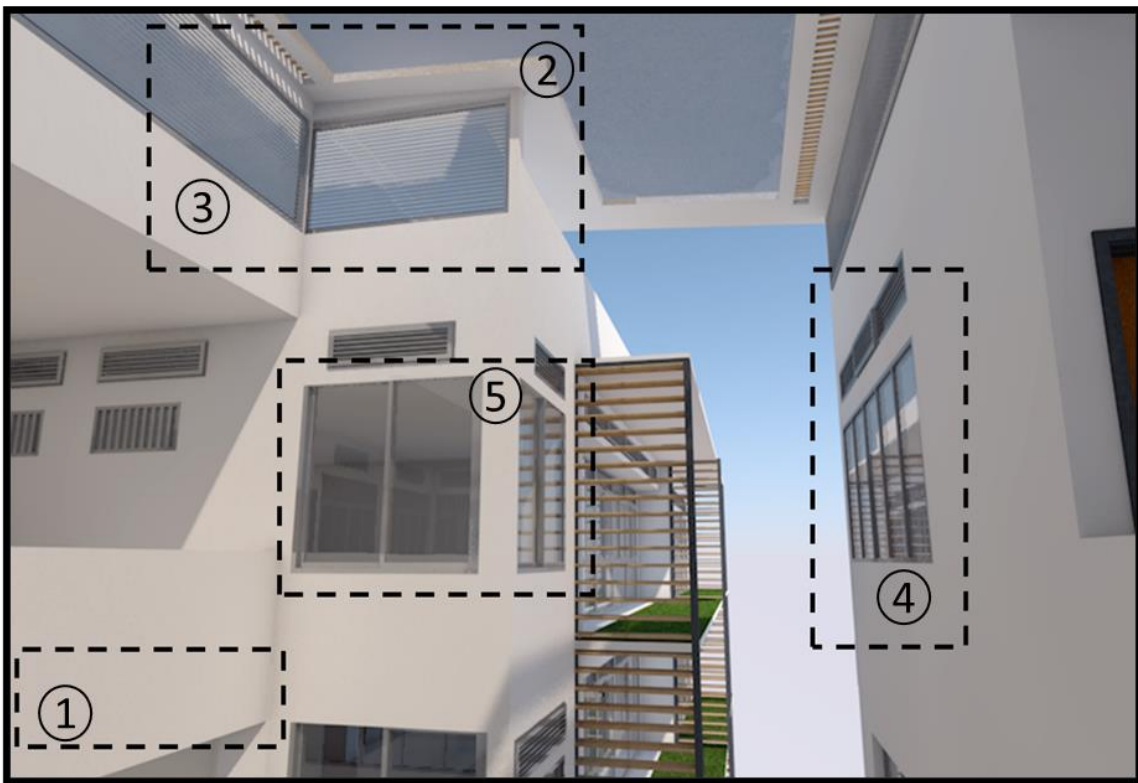
Figura 154. *Perspectiva interna del edificio a cubierta*



Las soluciones y estrategias implementadas en la planta 6 se basan en lo siguiente:

1. Anclaje uniforme a la placa de cubierta con estructura del edificio
2. Proyección de rejillas a 1 metro de altura para la evacuación del aire caliente
3. Continuación de sistema pórtico para la cubierta y la planta 6
4. Prolongación del falso techo para evitar el sobrecalentamiento en los espacios interiores y mitigación de la radiación directa de cubierta
5. Proyección de columnas de concreto en la planta 6, para eliminar las metálicas

Figura 155. *Visión a exterior desde planta 6 a fachada sur*



Elaboración propia

1. Unión estructura pórtico
2. Prolongación de cubierta para generar sombreado a salones de fachada sur
3. Falso techo para evitar el sobrecalentamiento de cubierta
4. Área de carpintería aumentada para impulsar la ventilación natural al interior del aula

5. Cerramiento de los muros en el piso 6, instando carpintería para la mejora de la acústica y control térmico

El anclaje uniforme permite evidenciar la planificación estructural y arquitectónica de la unión entre la cubierta y los muros existentes, ya que se crea un conjunto de materiales que permiten el ingreso natural de la luz solar sin generar un sobrecalentamiento en el interior. Este diseño también da un efecto positivo en el manejo de las visuales, ya que al manejar aleros perforados y cristales de prestaciones adecuadas para clima cálido, genera una transparencia hacia el exterior.

Se genera una implantación de rejillas en la parte superior de la planta que permiten la unión con la cubierta, manteniendo el aire caliente fuera de la edificación

La modificación realizada en toda la planta 6, tiene de base la mejora de los acabados internos y la unificación de la estructura, manejando tonos claros para dar un efecto de amplitud y mejorando el confort de los estudiantes al momento de realizar las actividades diarias. Manejo de doble altura para mantener una temperatura menor en el interior, aumento del área de carpintería para permitir un mayor ingreso de luz y ventilación.

8.6 Renders

Figura 156. *Fotografía de vacío (ojo) del edificio de la entrada principal*



Elaboración propia

Figura 157. *Fotografía de vacío (ojo) vista desde la planta 6 al exterior*



Elaboración propia

Figura 158. *Fotografía de vacío (ojo) vista desde la planta 5 al interior*

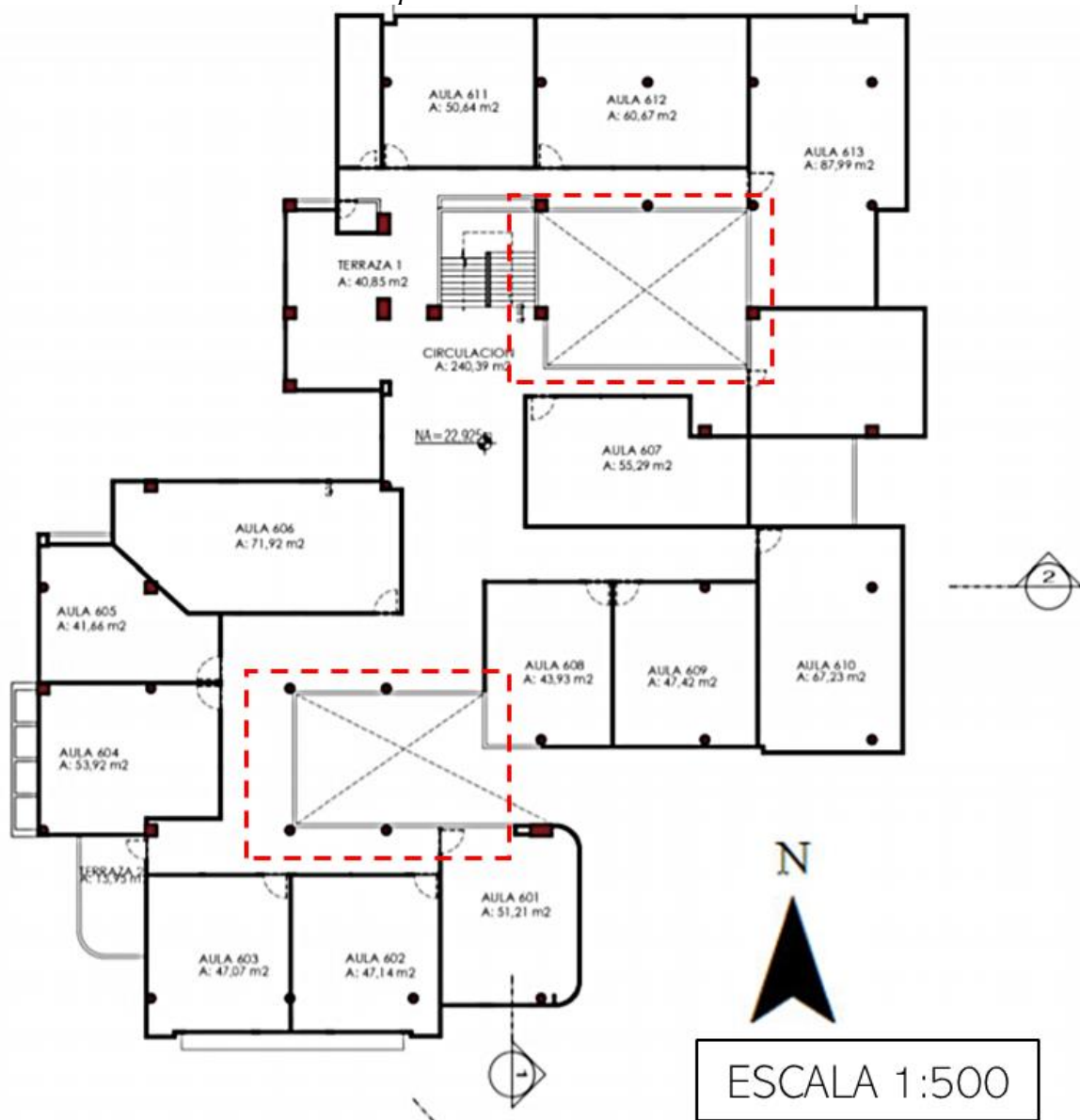


Elaboración propia

Figura 159. *Fotografía de vacío (ojo) vista desde la planta 5*



Elaboración propia

Figura 160. *Ubicación de vacíos en planta*

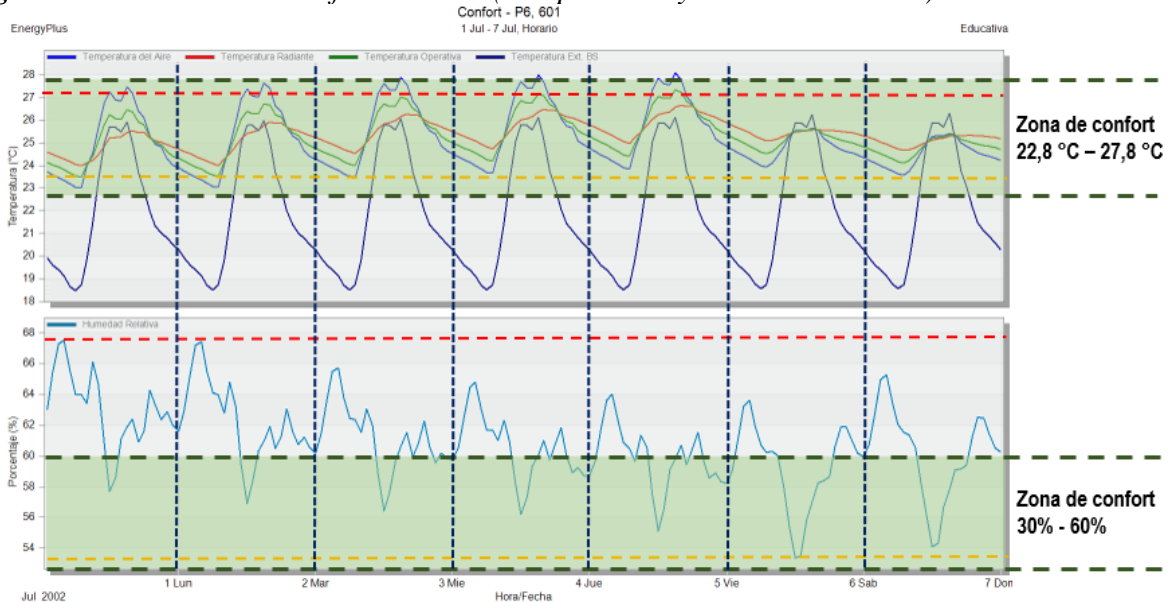
Nota: Escala 1:500

Estos vacíos generan de una u otra forma un microclima en el interior del edificio, concentrando el calor de la cubierta ya que esta se transfiere a través de las plantas, elevando la temperatura interior principalmente en las horas del mediodía, donde la radiación afecta de manera directa en forma vertical.

8.7 Confort térmico

8.7.1 Salón 601

Figura 161. Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 601



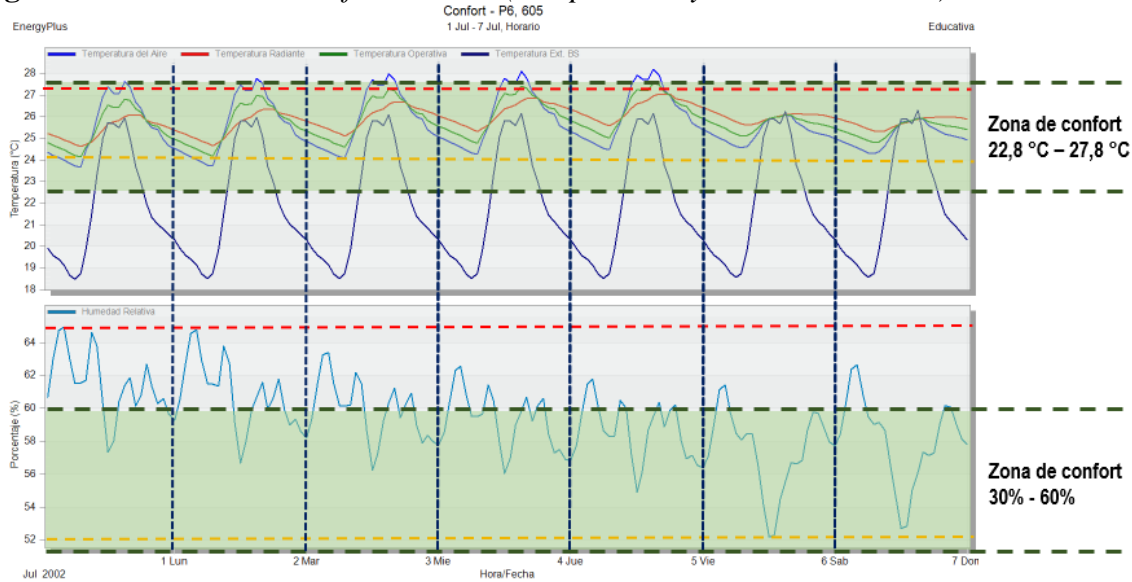
Fecha de simulación: Solsticio, Julio 1-7

En la simulación de confort térmico de la figura 151 se puede evidenciar la mejora en el rango de confort en la parte superior de la gráfica, ya que se mantiene dentro del espacio verde.

Los picos en la gráfica no suben de los 28°C lo cual quiere decir que el salón 601 no aumentará su temperatura desde ese valor durante las horas del día, lo cual es una mejora muy grande, ya que en el estado actual alcanzaba los 31°C, para un resultante así de 3°C menos de temperatura en el interior de los espacios.

8.7.2 Salón 605

Figura 162. Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 605



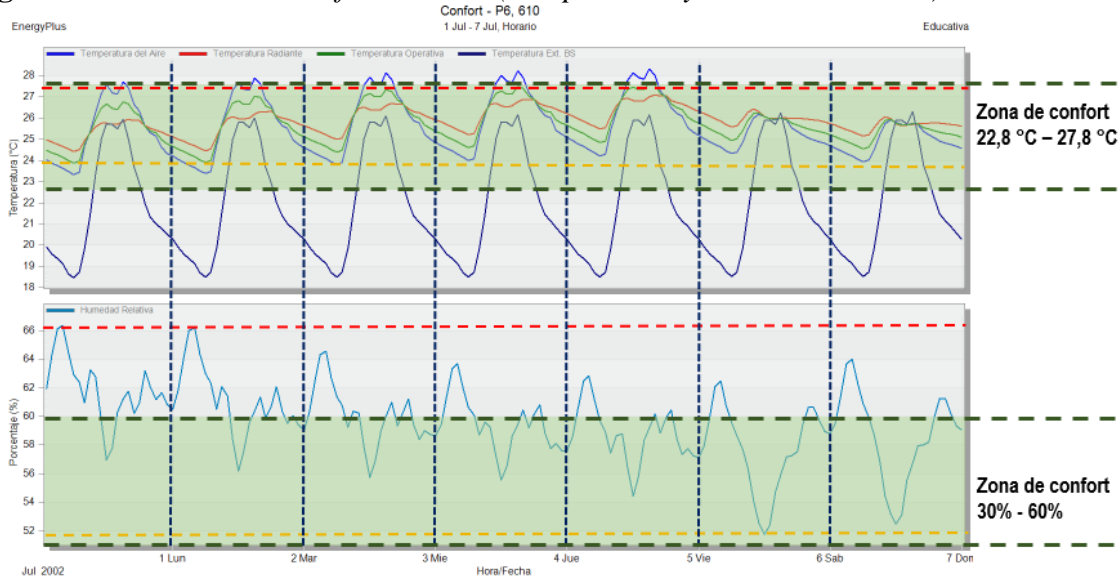
Fecha de simulación: Solsticio, Julio 1-7

Uno de los principales factores que afectan directamente el salón 605, es su exposición directa al sol durante las horas de la tarde, sin embargo, a partir de las estrategias pasivas aplicadas. Estas estrategias se componen por un aislamiento térmico ubicado en los muros de las fachadas con predominancia a la radiación solar, esto con el fin de frenar el sobrecalentamiento del espacio interior y poder mejorar en confort de los usuarios

La simulación se lleva a cabo 7 días a la semana durante el mes de Julio, evidenciando el comportamiento de la temperatura en el salón de clases a través de la Figura 162, manteniendo los picos dentro del rango del confort, sin sobrepasar los 28 °C.

8.7.3 Sal6n 610

Figura 163. Simulaci6n Confort t6rmico (Temperatura y humedad relativa) Sal6n 605



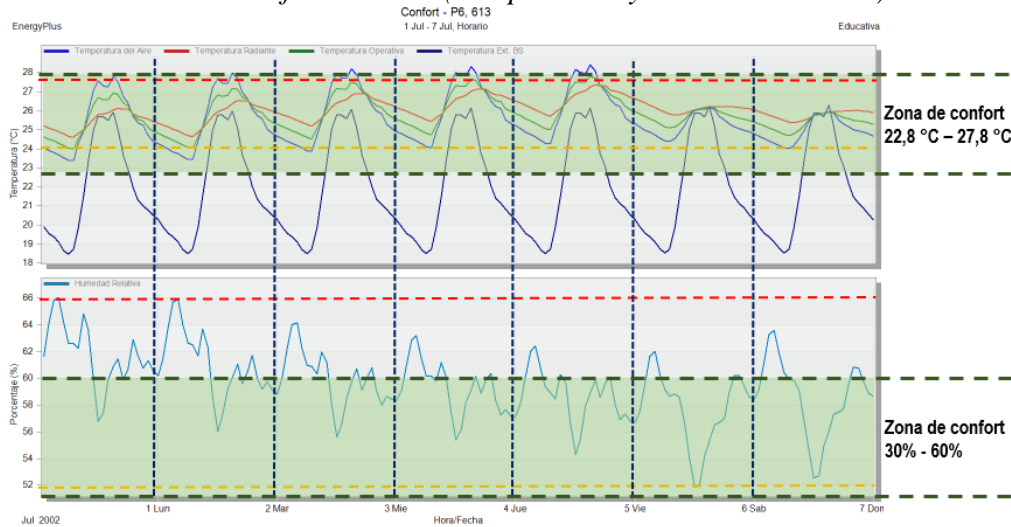
Fecha de simulaci6n: Solsticio, Julio 1-7

El edificio Fray Ang6lico cuenta con una ventaja compositiva en cuanto a sus fachadas, ya que la cara del edificio que da hacia el norte puede impulsar ventilaci6n natural si se trabaja de la manera correcta al interior de los espacios, mejorando los que se conectan directamente con esta fachada y los que se ubican paralelo a esta.

La mejora en la figura 154 resalta en una franja de color verde el rango de confort t6rmico, por lo tanto, se puede observar que en la propuesta de aislamiento se aplican estrategias adecuadas, ya que los picos no sobrepasan los 28 °C como en las simulaciones anteriores.

8.7.4 Salón 613

Figura 164. Simulación Confort térmico (Temperatura y humedad relativa) Salón 605



Fecha de simulación: Solsticio, Julio 1-7

El salón 613, es uno de los salones con mayor área en m², ya que ocupa casi la mitad de la fachada este, por lo tanto, la carpintería propuesta genera un rango amplio de iluminación dentro de este espacio, abasteciendo la necesidad de LUX de los usuarios, mejorando la realización de las actividades diarias de los estudiantes durante las horas del día

Como se puede ver en la Figura 164 el confort calculado en el salón 613 alcanza oportunamente a estar dentro del rango establecido en la franja verde. Logrando una mejoría notoria para esta fachada ya que se proyecta en los espacios de las plantas inferiores de igual forma.

8.8 Simulación ventilación natural

Figura 165 Ratas Mínimas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

TABLA 6-1 RATAS MINIMAS DE VENTILACION EN ZONAS DE RESPIRACIÓN
(Esta tabla no es válida aisladamente; debe ser usada en conjunto con las notas que la acompañan.)

| Categoría de ocupación | Rata de aire exterior para personas R_p | | Rata de aire exterior del área R_a | | Notas | Valores por defecto | | | |
|------------------------------|---|-------------|--------------------------------------|---------------------|-------|---|--|-------------|---------------|
| | cfm/persona | L/s/persona | cfm/ pie ² | L/s/ m ² | | Densidad de ocupación (Ver Nota 4) | Rata combinada de aire exterior (Ver Nota 5) | | Clase de aire |
| | | | | | | #/1000 pie ² or #/100 m ² | cfm/persona | L/s/persona | |
| Centros educativos | | | | | | | | | |
| Salones de clase (edad 9 +) | 10 | 5 | 0.12 | 0.6 | 35 | 13 | 6.7 | 1 | |
| Salón de clase de arte | 10 | 5 | 0.18 | 0.9 | 20 | 19 | 9.5 | 2 | |

8.8.1 Simulación Ventilación natural Salón 601 – Fachada sur

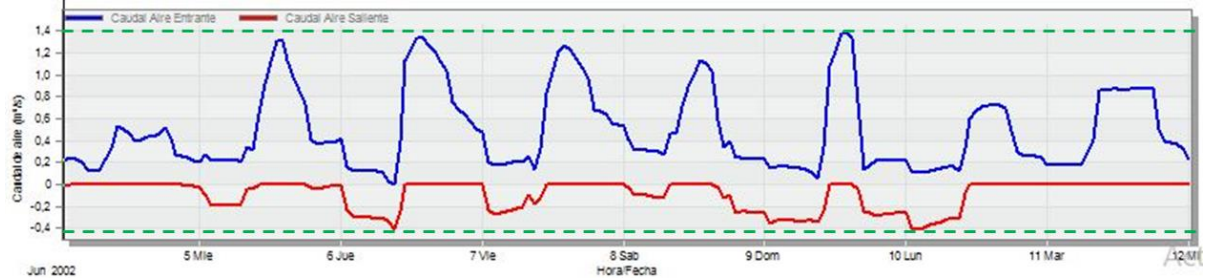
Figura 166 Simulación ventana exterior fachada sur del salón 601



En la figura 140 indica el caudal de aire que está ingresando en el aula 601 alcanzando los 0,70 m³/s y el caudal de aire que sale del salón el cual es de -0,50 m³/s. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratas De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

8.8.2 Simulación Ventilación natural Salón 605 – Fachada oeste

Figura 167 Simulación ventana exterior fachada sur del salón 605



El salón 605 presenta un caudal de aire de ingreso en el aula de $1,21 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-0,32 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratasa De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

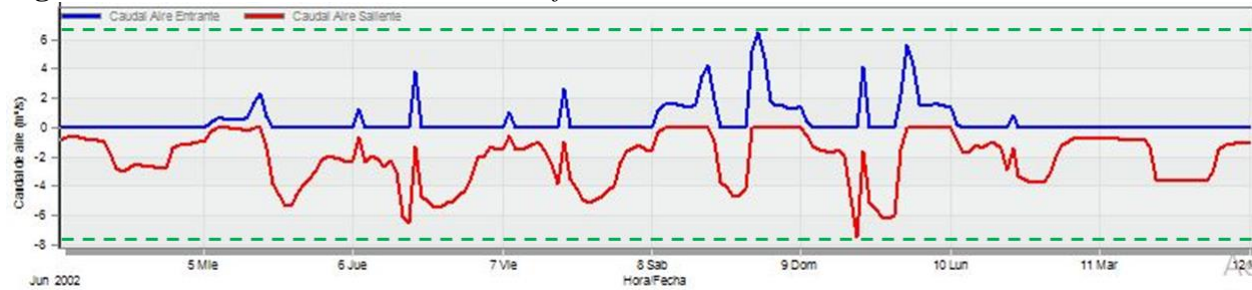
8.8.3 Simulación confort térmico Salón 610 - Fachada este

Figura 168 Simulación ventana 1 exterior fachada sur del salón 610



La ventana 1 guiada hacia la fachada sur del salón 610 presenta un caudal de aire de ingreso en el aula de $3,67 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-1,78 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 169 Simulación ventana 2 exterior fachada sur del salón 610



La ventana 2 guiada hacia la fachada este del salón 610 presenta un caudal de aire de ingreso en el aula de $2,23 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-4,97 \text{ m}^3/\text{s}$. Se observa que la renovación de aire está cumpliéndose según la Ratasa De Ventilación En Zonas De Respiración – ASHRAE 62.1

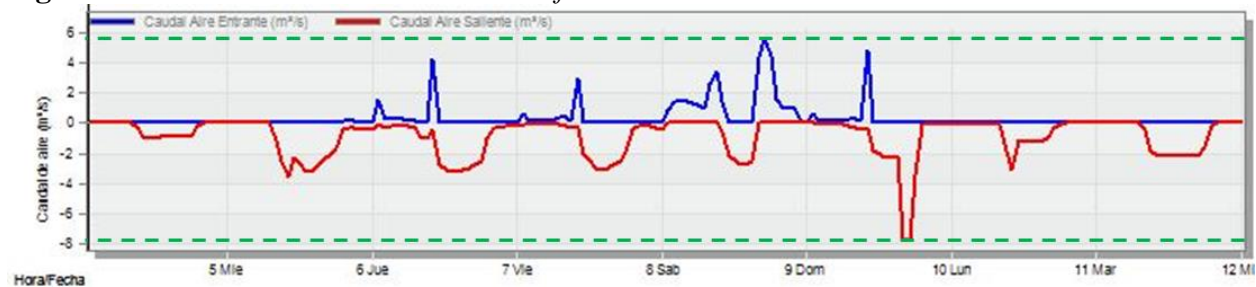
8.8.4 Simulación Ventilación natural Salón 613 – Fachada norte

Figura 170 Simulación ventana 2 exterior fachada sur del salón 613



La ventana 1 guiada hacia la fachada norte del salón 613 presenta un caudal de aire de ingreso en el aula de $6,82 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-2,79 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 171 Simulación ventana 2 exterior fachada sur del salón 613



La ventana 2 guiada hacia la fachada este del salón 613 presenta un caudal de aire de ingreso en el aula de $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de aire que sale del salón el cual es de $-7,64 \text{ m}^3/\text{s}$.

8.9 Conclusiones

- Las simulaciones energéticas permiten evidenciar si las estrategias aplicadas son pertinentes o no en el proyecto según el clima del exterior, que en este caso es cálido húmedo. Como primera estancia se realizan las simulaciones de iluminación natural, manejando una comparación en LUX de los espacios que se vuelven eficientes en las horas más críticas del día, pasando en un porcentaje alto los espacios con las estrategias aplicadas.
- La aplicación de aleros y lamas a las fachadas más afectadas por la radiación solar, protegen al usuario de la radiación invasiva en los espacios interiores, permitiendo que puedan realizar sus actividades diarias con los LUX adecuados sin sentirse afectados, manejando un valor máximo de 1000 LUX.
- El aumento en el área de carpintería no solamente mejora la iluminación natural, permite el ingreso continuo de ventilación al interior de la edificación, mejorando el confort de los salones conectados directamente a las fachadas predominantes a los vientos.
- Las simulaciones de CFD muestran la concentración de calor en la parte superior del salón, concentrando el aire caliente arriba para así poder expulsarlo por el manejo de rejillas y así manteniendo el aire fresco donde permanecen los usuarios.
- En la simulación de confort térmico se evidencia la pertinencia en el manejo de aislamientos en los diferentes muros del edificio, siendo adecuados para la afectación de radiación directa a estos, evitando transmitir un sobrecalentamiento en los espacios interiores.

9. Fase VI: Comparación de simulaciones estado actual y propuesta

Figura 172. Pasos de fase VI



La fase 7 se desarrolla en torno a la comparación de resultados a través de las simulaciones de confort térmico desarrolladas en el programa de Design Builder. Estas gráficas permiten identificar el comportamiento en los 7 días de la semana, demostrando por medio de picos los puntos críticos del confort durante cada día.

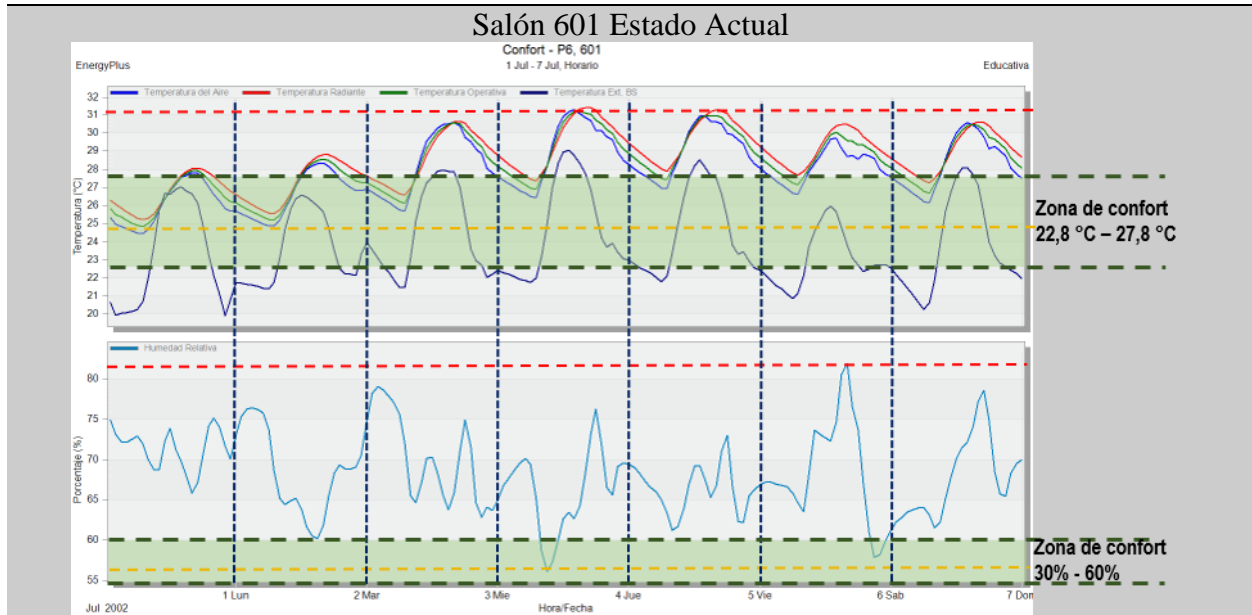
Para esto, se comparan 4 fases del edificio, las cuales se componen por:

- Estado Actual
- Propuesta con los aislamientos seleccionados según el clima
- El aumento del área de carpintería según cada fachada. Manteniendo los porcentajes pertinentes para el ingreso de cada recurso natural (ventilación e iluminación natural)
- Propuesta de carpintería + las estrategias de sombreamiento. Estos son elementos añadidos a las fachadas para evitar el ingreso directo de radiación solar al interior de los espacios, protegiendo así el bienestar térmico de los usuarios

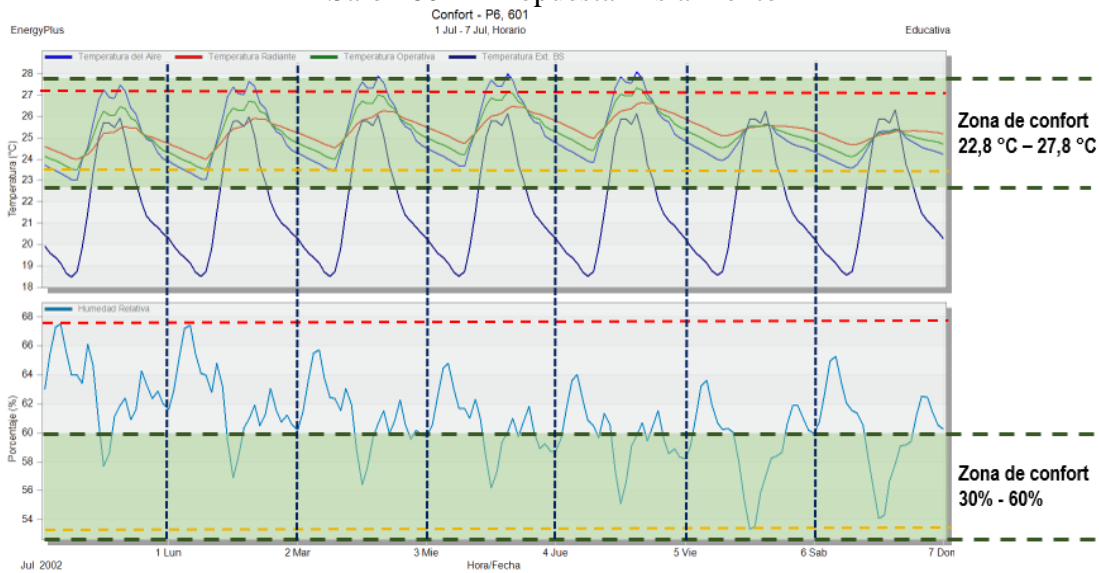
En las siguientes tablas se podrá ver el resultado que cada intervención, los salones seleccionados pertenecen a cada fachada del edificio: 601 sur, 605 oeste, 610 norte, 613 este.

Tabla 20. Comparación resultados de confort térmico Fachada sur salón 601

Simulación Confort Térmico - Fachada Sur

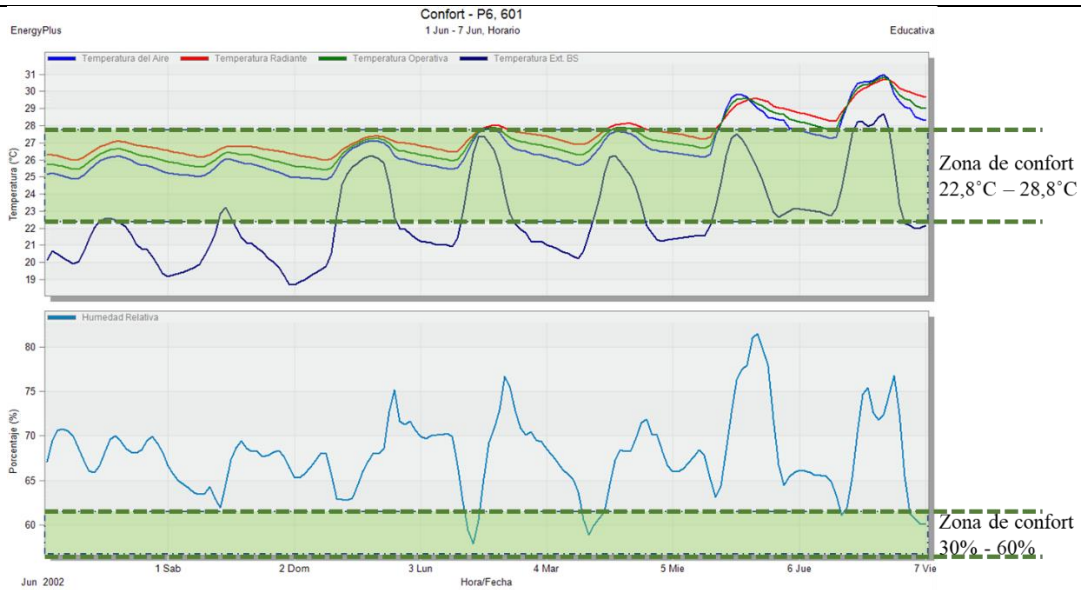


Salón 601 – Propuesta Aislamiento

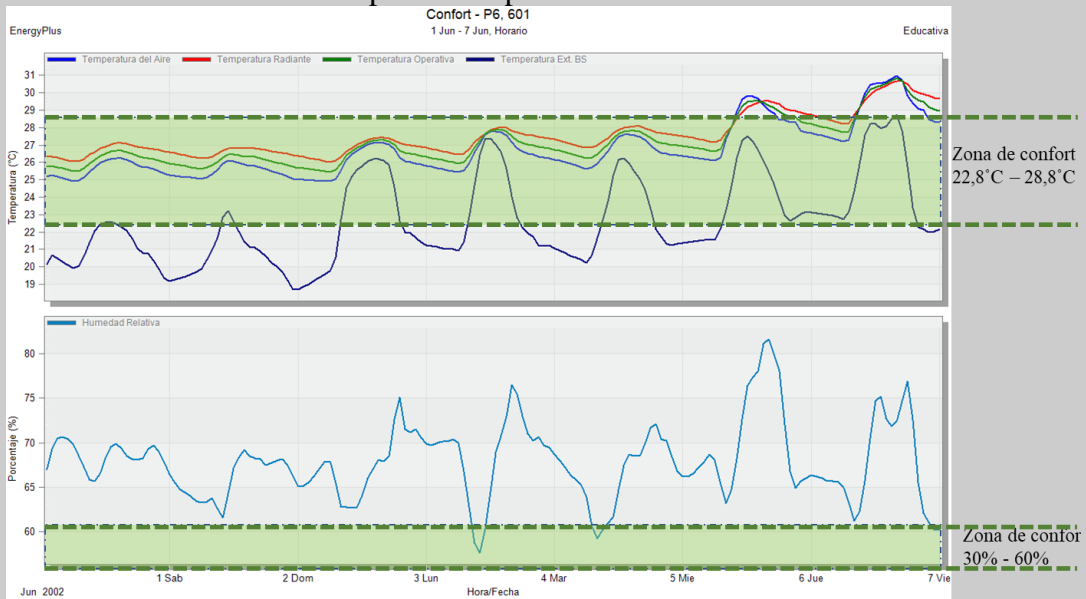


Salón 601 – Propuesta Aumento de Área Carpintería

Simulación Confort Térmico - Fachada Sur



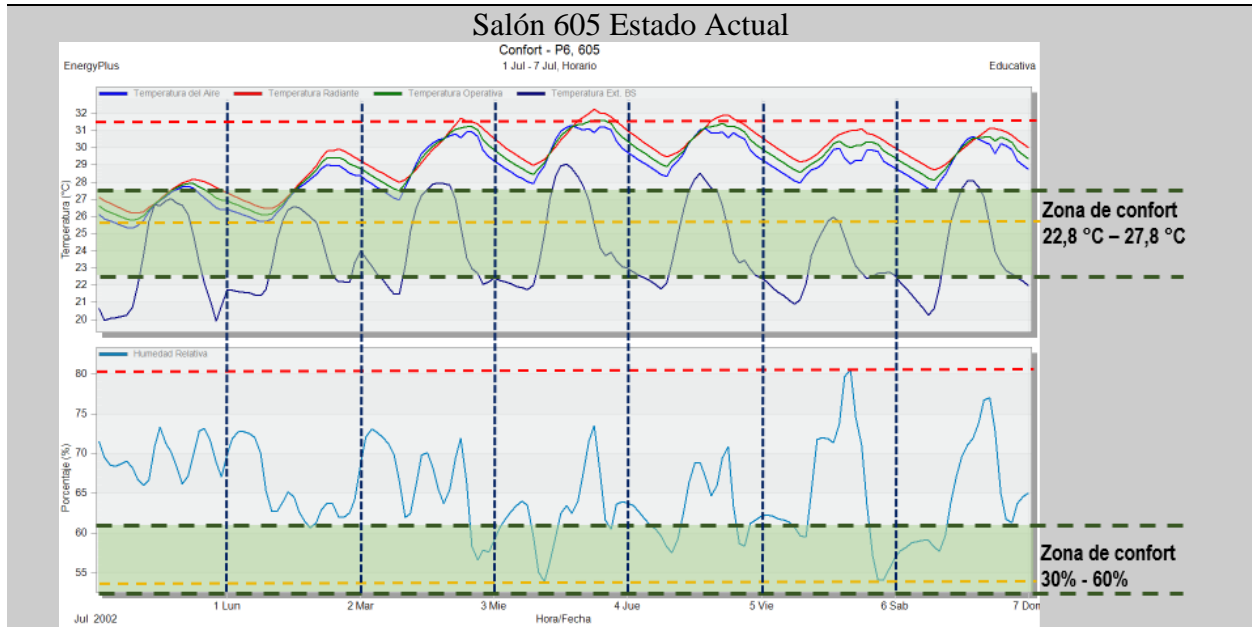
Salon 601 – Propuesta Carpintería + Elementos en Fachada



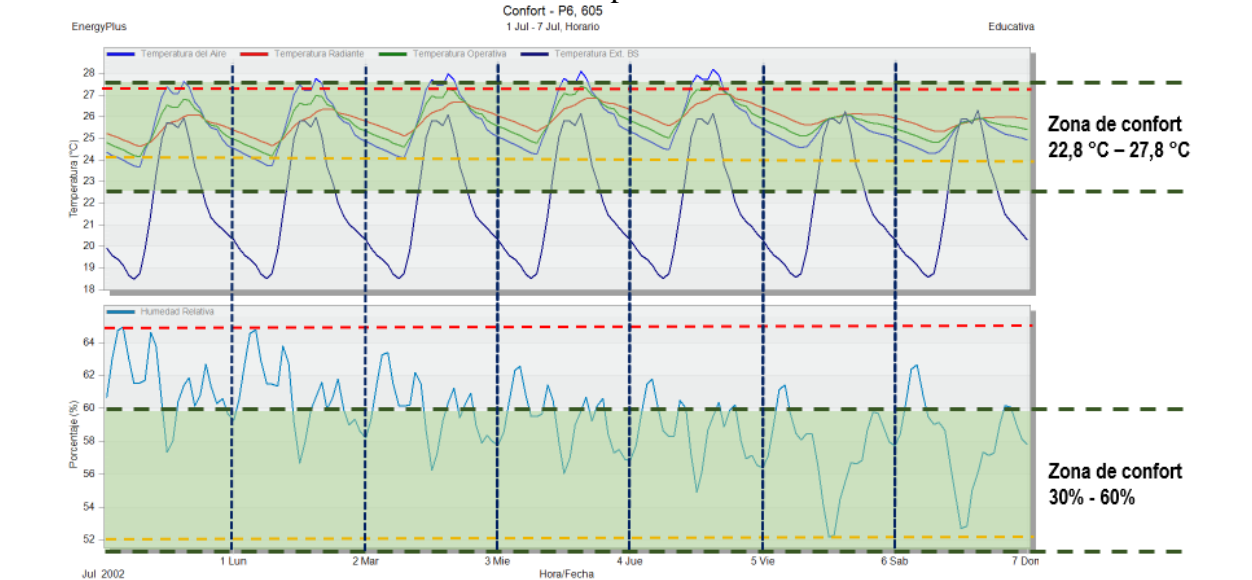
Las gráficas de la Tabla 20 representan una mejora notable en la intervención de las estrategias pasivas a la envolvente, manteniendo un confort más estable en el rango de 25°C - 28°C. El confort más estable se representa al momento de agregar los elementos de fachada, manteniendo un promedio de 25°C a 26°C en la mayor parte del tiempo.

Tabla 21. Comparación resultados de confort térmico Fachada oeste salón 605

Simulación Confort Térmico - Fachada Oeste

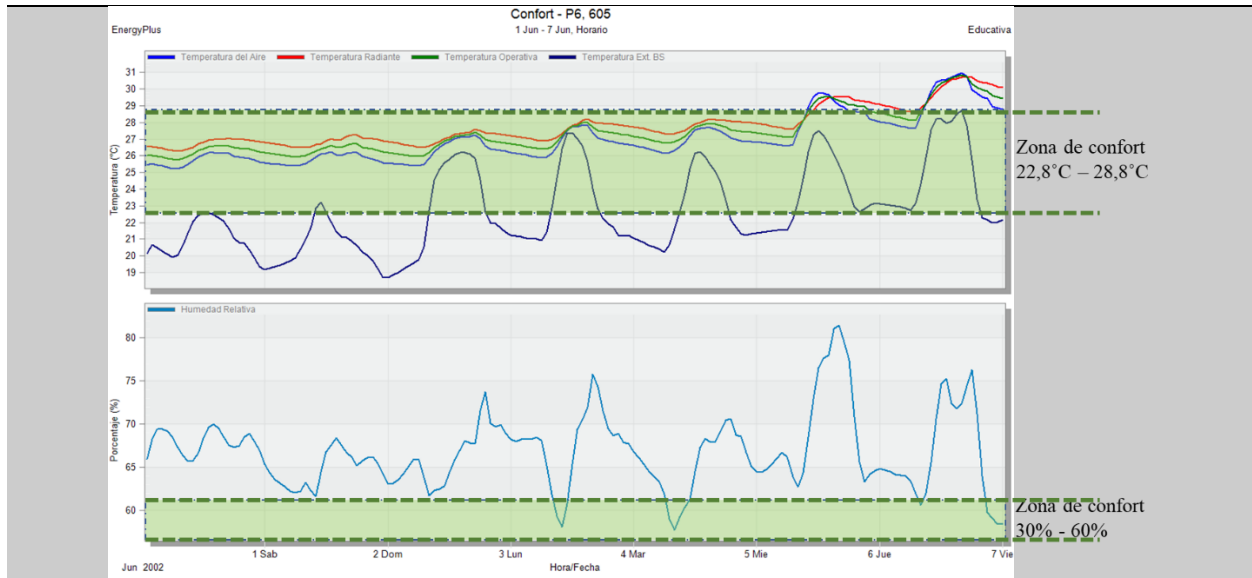


Salón 605 – Propuesta Aislamiento

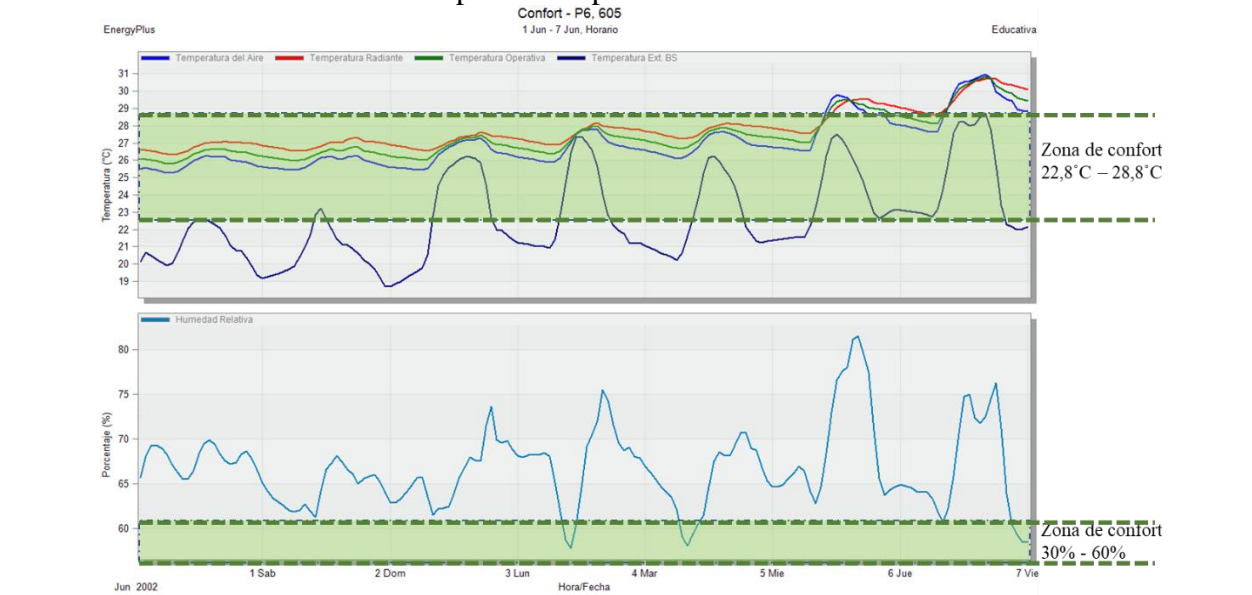


Salón 605 – Propuesta Aumento Área Carpintería

Simulación Confort Térmico - Fachada Oeste



Salón 605 – Propuesta Carpintería + Elementos en Fachada

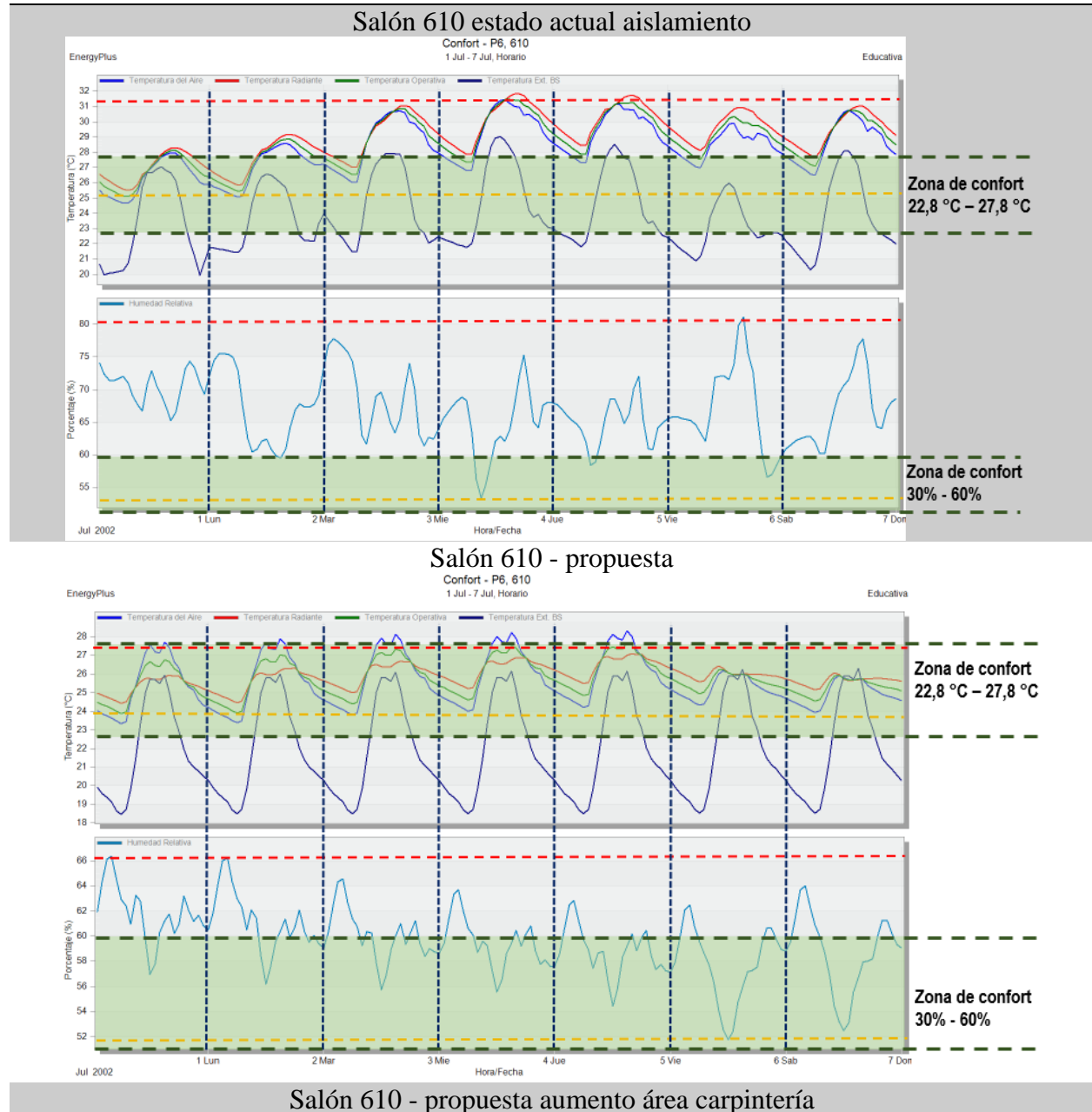


El salón 605 se caracteriza por pertenecer a la fachada con mayor afectación de radiación solar durante el día, representando el nivel de confort más bajo de las 4 caras de la envolvente, como se representa en la

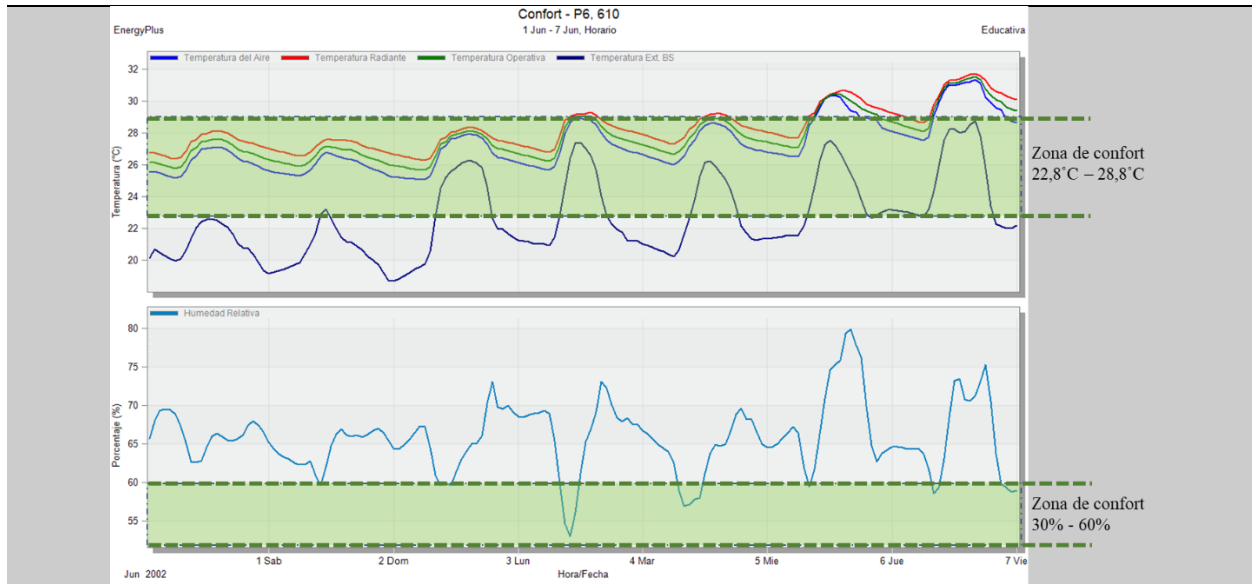
Tabla 21 puede alcanzar temperaturas hasta de 31,5°C, bajando hasta 4°C en la propuesta de carpintería + estrategias, demostrando un comportamiento en el rango de 25°C - 28°C.

Tabla 22. Comparación resultados de confort térmico Fachada Norte salón 610

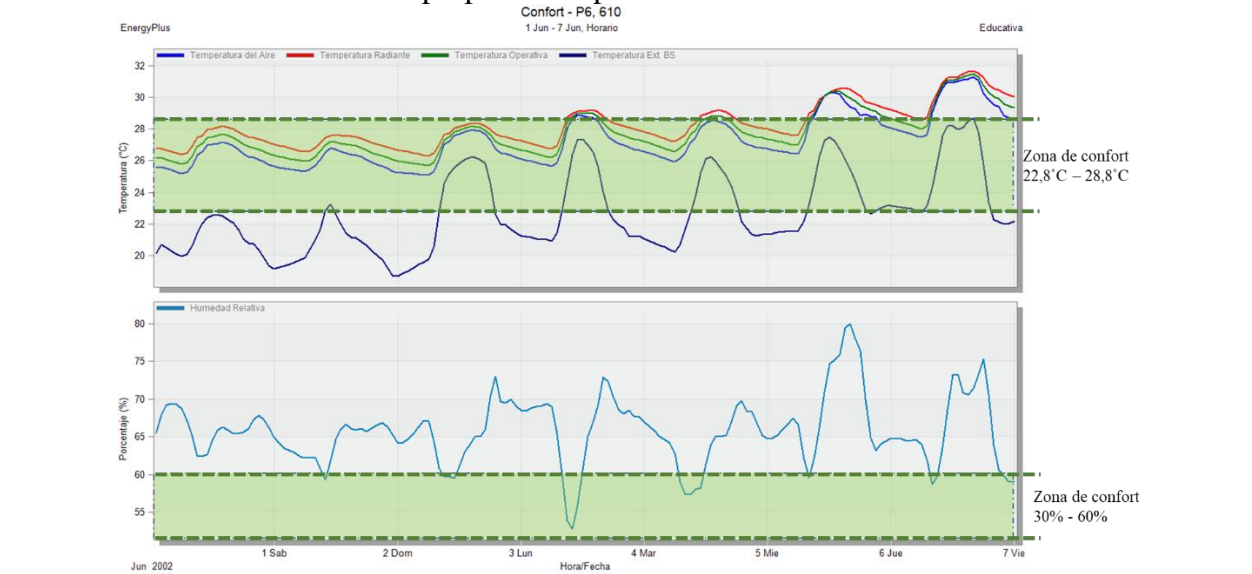
Simulación confort térmico - fachada norte



Simulación confort térmico - fachada norte



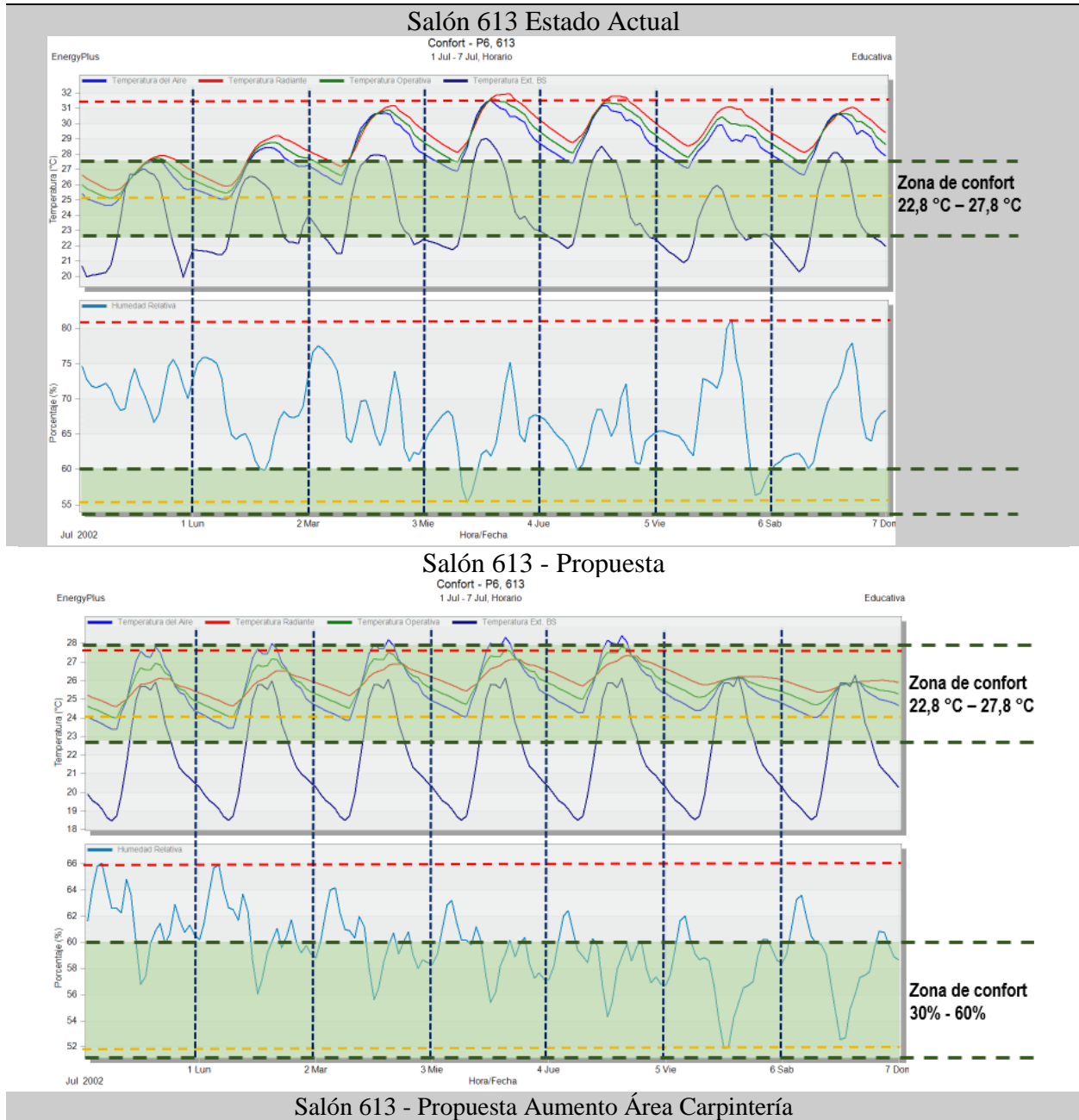
Salón 610 – propuesta carpintería + elementos en fachada



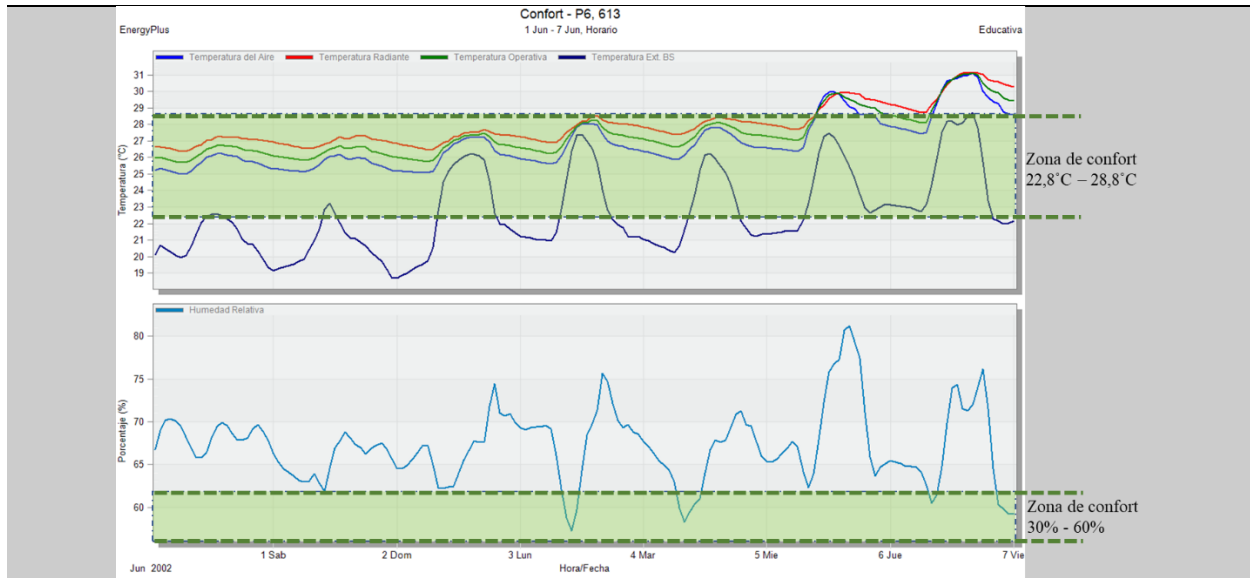
La fachada norte, presenta un comportamiento negativo en cuanto al rango de confort térmico, aun siendo la cara con orientación predominante a los vientos. Por lo tanto, al aumentar el área de la carpintería y manejando de manera óptima el aprovechamiento del viento en el aula 610, este presenta una mejoría en la disminución de 4°C, manteniendo un estándar de 25°C a 28°C.

Tabla 23. Comparación resultados de confort térmico Fachada Este salón 613

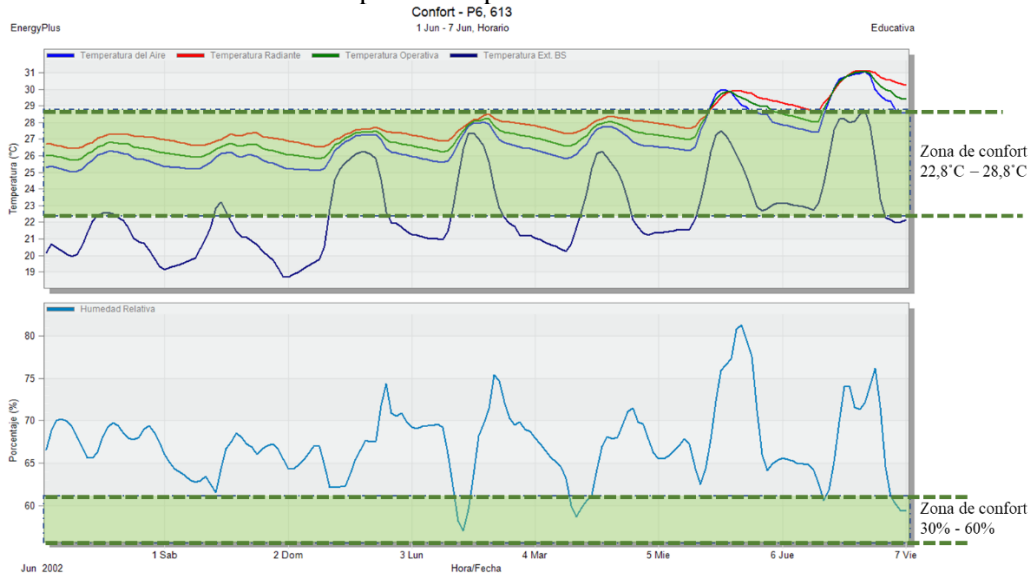
Simulación Confort Térmico - Fachada Este



Simulación Confort Térmico - Fachada Este



Salón 613 - Propuesta Carpintería + Elementos en Fachada



En el análisis de la fachada este, entra en la selección el salón 613, este lo componen diferentes características, como la mayor área en la planta 6, bajo ingreso de iluminación y ventilación ya que está bloqueado por la cara más larga que da a este, generando un sobrecalentamiento en el muro exterior, pasando la nube de calor al interior del espacio. Este salón alcanza temperaturas hasta de 32°C, bajando hasta 28°C con la aplicación de estrategias.

10. Conclusiones

Fase I: A partir del análisis climático de fuentes existentes, y la toma de datos In Situ se puede desarrollar una observación más acertada sobre el comportamiento de las variables que componen el entorno del edificio Fray Angélico. Estudiar las condiciones del entorno existente permite conocer de una forma más profunda el proyecto, llevándonos a comprender el porqué de las diferentes sensaciones generadas en el interior de él.

Un análisis climático detallado facilita la comprensión del funcionamiento de la envolvente y evidencia los factores que la pueden afectar de manera directa. Ya sea por la orientación, el manejo inadecuado del aprovechamiento de recursos naturales como la iluminación y ventilación natural.

En el caso del Fray Angélico, ya que se encuentra en la línea ecuatorial, este presenta afectación solar directa en las fachadas más largas que están direccionadas hacia oeste y este, generando sobrecalentamiento en los espacios internos que se conectan directamente a estas. La planta 6 es la más afectada ya que no solo recibe radiación directa por estas dos caras, sino también por la cubierta, que está expuesta todo el día de manera perpendicular al sol. El poco aprovechamiento por las fachadas norte y sur en cuanto a ventilación no permiten que el aire se renueve como debería ser.

Fase II: La implementación de softwares de simulación permiten acercar el planteamiento del proyecto a la realidad, evidenciando en tiempo real el comportamiento de las variables dentro del edificio, comprobando las falencias que componen la envolvente que afectan de manera directa el confort de los espacios interiores del Fray Angélico, a través de gráficas, estadísticas y tabulaciones.

Generar el fichero bioclimático permite conocer el comportamiento de las variables con los picos más caóticos en las horas del día a través de un archivo EPW.

Fase III: Conocer la composición y las modificaciones que ha tenido el proyecto en los últimos años permite identificar las problemáticas principales que aborda desde el interior, hasta el exterior. Entre esas podemos encontrar la modificación en la distribución de la planta 6, esta fue escogida por su cambio de uso de terraza a planta de uso netamente académico y por su bajo nivel de confort por estar conectada a la radiación directa de las cinco fachadas del edificio.

El análisis planimétrico permite tener un conocimiento previo de las conexiones de la envolvente con el interior, a cuáles salones les llega el ingreso fijo de iluminación y ventilación natural desde el exterior y otros que por el contrario no cuentan con acceso directo al exterior.

Fase IV: Esta fase inicia con los resultados del fichero bioclimático al momento de insertarlo en el programa de simulación Design Builder.

Al realizar las simulaciones, se comprueba el análisis de la FASE III, ya que los materiales que componen actualmente la envolvente del Fray angélico no son pertinentes para mantener un equilibrio en el confort térmico dentro del edificio. Las simulaciones se realizan a partir de la planta tipo, que es la del nivel 6, evidenciando el déficit de iluminación y ventilación en los salones, manteniendo un bajo confort con temperaturas hasta de 32°C.

Fase V: Las estrategias bioclimáticas pertinentes para clima cálido húmedo, resultan a partir del diagrama psicométrico de Givoni, el cual arroja los resultados de ventilación natural, ventilación forzada, enfriamiento por evaporación, y masa térmica o inercia. Estos se analizan con sus estudios en las diferentes formas de aplicarlo en una edificación ya existente.

Esta fase se caracteriza por un estudio detallado en el comportamiento de las diferentes caras de la envolvente y cual de ellas es la más pertinente al momento de aplicar según el horario, la inclinación solar, el porcentaje en la relación ventana- pared, etc.

Fase VI: La propuesta arquitectónica evidencia la presencia de aleros y lamas para las fachadas con mayor exposición solar, ya que generan sombreadamiento que permiten proteger los espacios interiores del ingreso de luz directa. También se encuentra el aumento en el área de carpintería para potenciar el ingreso de ventilación e iluminación natural a las aulas de clase para aumentar el porcentaje de confort durante el día.

Como complemento a la ventilación se implantan chimeneas solares en los muros interiores y exteriores del edificio que permiten la extracción de aire caliente expulsándolo de forma directa al exterior de la edificación.

Y como una de las estrategias más importantes es la inercia térmica, que permite establecer un aislamiento de lana mineral en los muros del exterior, es decir en la envolvente para evitar el sobrecalentamiento en el interior del Fray Angélico. Estos también se instalan en el acristalamiento como caras de neón y de aire, permitiendo no solo aislamiento térmico sino reforzando la acústica de las aulas.

Fase VII: Se puede presenciar un cambio notorio en el estado de los cuatro salones simulados de la planta tipo, mejorando el nivel de confort en la disminución de grados centígrados, bajando 4°C - 5°C en las horas del día.

La implementación de estrategias permite mantener un estándar de temperatura entre 25°C a 28°C establecidos dentro del rango de confort recomendado.

Referencias

- Acevedo, H, Vásquez, A & Ramírez, D. (enero 2012) Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*. 15 (1), 105-118.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/39307>
- Algarin, C. R., & Álvarez, O. R. (2018). Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Espacios*, 39(34), 10.
- Anexo 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones (2015). *Resolución 0549 de 2015. Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la parte 2, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones (1 de agosto de 2015). No. 49.591.*
- ASHRAE Standard, (2004). ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- Gómez, W., Ardila, L. A., & Sanabria, M. C. (2019). *Formulación de lineamientos y estrategias de diseño bioclimático pasivo para el ahorro en el consumo energético de edificaciones residenciales de clima cálido húmedo en la ciudad de Bucaramanga*. [Trabajo de grado, arquitectura]. Universidad Santo Tomás. Repositorio Institucional.
<http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl:8081/handle/11634/16588>.
- Guía para el cálculo de las cargas térmicas en los edificios*. Consultado el 4 de febrero de 2021.
Ingemecánica.com. <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>
- Londoño Parra, H. M. (2019). *Análisis comparativo del comportamiento térmico de dos edificios en clima cálido húmedo. Caso de estudio: Hotel Mi California-Barrancabermeja, Santander*. [Trabajo de grado, arquitectura]. Universidad Santo Tomás. Repositorio

Institucional Universidad Santo Tomás -

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/17139>.

- Neila, J. (2000). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias*.
- Neila, F. J. N. (2012, 12-14 de abril). *Rehabilitación ambiente-energética: hacia el edificio de energía cero*. Patorreb 2012: 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios, Santiago de Compostela, España.
- Neila, J & Bedoya, C (1994). *Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental*. Madrid, España; Munilla- Leira.
- Paez Garcia, A. (2011). Energía y ciudad: un enfoque postambiental. *Revista Bibliográfica de Geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona XVI (927)*.
- Tapias, S. A. et al (2020) *Estrategias para la rehabilitación energética de la envolvente del edificio fray angélico para la mejora del confort térmico y reducción del gasto en consumo de energía* [Trabajo de investigación no publicado]. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia.

Apéndices

Apéndice I. Iluminación natural

Iluminación Natural Planta 1 – Estado Actual

Figura 173. Simulación iluminación natural en la Planta 1 del edificio Fray Angélico
Fecha de simulación: Solsticio, 21 junio 12:00m.

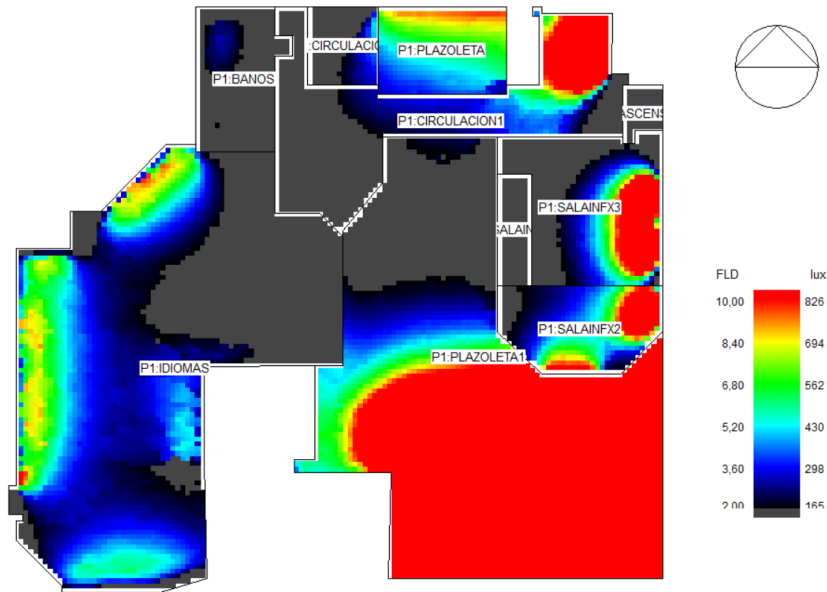


Tabla 24. Análisis de porcentajes para suficiencia de confort

| ILUMINACIÓN INSUFICIENTE <300 LUX | | ILUMINACIÓN ACEPTABLE 500 LUX | | ILUMINACIÓN EFICIENTE 700-1000 LUX | | ILUMINACIÓN INEFICIENTE >1000 LUX | |
|-----------------------------------|-------|-------------------------------|----|------------------------------------|----|-----------------------------------|--------|
| % | M2 | % | M2 | % | M2 | % | M2 |
| 70 | 802,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 343,84 |

Tabla 25. Análisis de porcentajes para suficiencia de confort

| ILUMINACIÓN NATURAL POR ESPACIO - 1ER PISO | | | | | |
|--|-------------|--------------------|-----------------|---------------|--|
| ESPACIO | TIPO DE USO | DE ILUMINACIÓN MIN | ILUMINACIÓN MAX | CLASIFICACIÓN | |
| IDIOMAS | Teórico | 165 LUX | 694 LUX | INSUFICIENTE | |
| SALA DE INFORMATICA 1 | Teórico | 298 LUX | 826 LUX | INSUFICIENTE | |

| | | | | |
|------------------------------|------------|---------|---------|--------------|
| PLAZOLETA | Zona Común | 430 LUX | 826 LUX | INEFICIENTE |
| SALA DE INFORMATICA 2 | Teórico | 165 LUX | 298 LUX | INSUFICIENTE |
| BAÑOS | Teórico | 66 LUX | 124 LUX | INSUFICIENTE |
| SALA DE INFORMATICA 3 | Teórico | 165 LUX | 826 LUX | INSUFICIENTE |

Iluminacion Natural Planta 3 – Estado Actual

Figura 174. Simulación iluminación natural en la Planta 3 del edificio Fray Angélico
 Fecha de simulación: Solsticio, 21 junio 12:00m

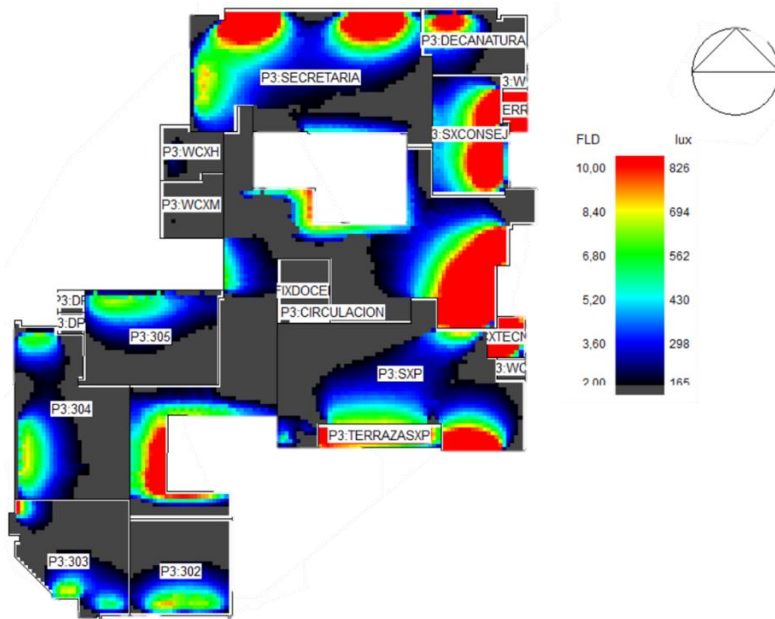


Tabla 26. Análisis de porcentajes para suficiencia de confort

| ILUMINACIÓN INSUFICIENTE <300 LUX | | ILUMINACIÓN ACEPTABLE 500 LUX | | ILUMINACIÓN EFICIENTE 700-1000 LUX | | ILUMINACIÓN INEFICIENTE >1000 LUX | |
|-----------------------------------|-------|-------------------------------|-------|------------------------------------|----|-----------------------------------|----|
| % | M2 | % | M2 | % | M2 | % | M2 |
| 85 | 936,7 | 15 | 165,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 27. Análisis de porcentajes para suficiencia de confort

| ILUMINACIÓN NATURAL POR ESPACIO - 3ER PISO | | | | |
|--|-------------|-----------------|-----------------|---------------|
| ESPACIO | TIPO DE USO | ILUMINACIÓN MIN | ILUMINACIÓN MAX | CLASIFICACIÓN |
| 301 | Teórico | 100 LUX | 562 LUX | INSUFICIENTE |
| 302 | Teórico | 80 LUX | 694 LUX | INSUFICIENTE |
| 303 | Zona Común | 100 LUX | 700 LUX | INSUFICIENTE |
| 304 | Teórico | 80 LUX | 694 LUX | INSUFICIENTE |
| 305 | Teórico | 80 LUX | 600 LUX | INSUFICIENTE |
| TERRAZAS | Zona Común | 165 LUX | 826 LUX | ACEPTABLE |
| CIRCULACIÓN | Zona Común | 70 LUX | 800 LUX | INSUFICIENTE |
| CUARTO TÉCNICO | Técnico | 0 LUX | 189 LUX | INSUFICIENTE |
| SALA DE PROFESORES | Teórico | 165 LUX | 826 LUX | INSUFICIENTE |
| SALA DE DOCENTES | Teórico | 0 LUX | 165 LUX | INSUFICIENTE |
| BAÑOS | Zona Común | 37 LUX | 99 LUX | INSUFICIENTE |
| CONSEJO | | 298 LUX | 826 LUX | ACEPTABLE |
| SECRETARIA | | 100 LUX | 826 LUX | INSUFICIENTE |
| DECANATURA | | 80 LUX | 800 LUX | INSUFICIENTE |

Iluminación Natural Planta 6 – Estado Actual

Figura 175. Simulación iluminación natural planta 6 – Estado actual

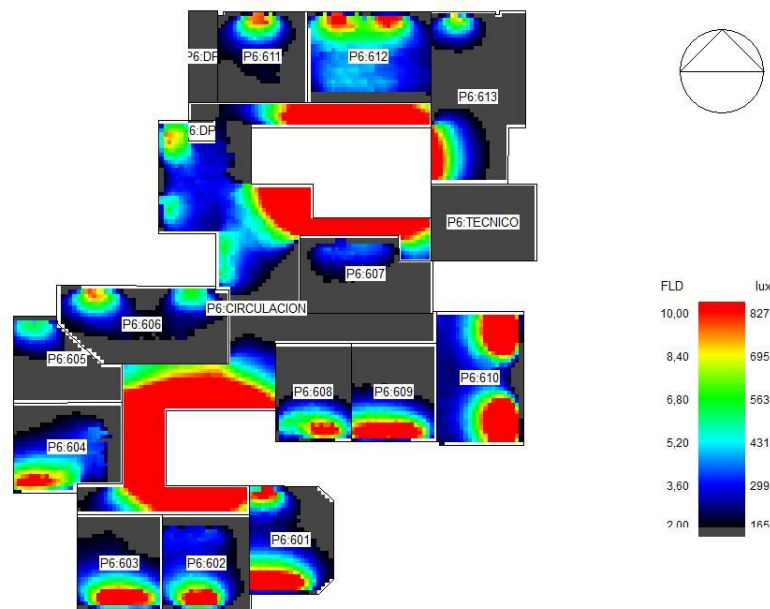


Tabla 28. *Análisis de porcentajes para suficiencia de confort*

| ILUMINACIÓN INSUFICIENTE <300 LUX | | ILUMINACIÓN ACEPTABLE 500 LUX | | ILUMINACIÓN EFICIENTE 700-1000 LUX | | ILUMINACIÓN INEFICIENTE >1000 LUX | |
|-----------------------------------|--------|-------------------------------|-------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|----|
| % | M2 | % | M2 | % | M2 | % | M2 |
| 82 | 826,02 | 7 | 70,51 | 11 | 110,80 | 0 | 0 |

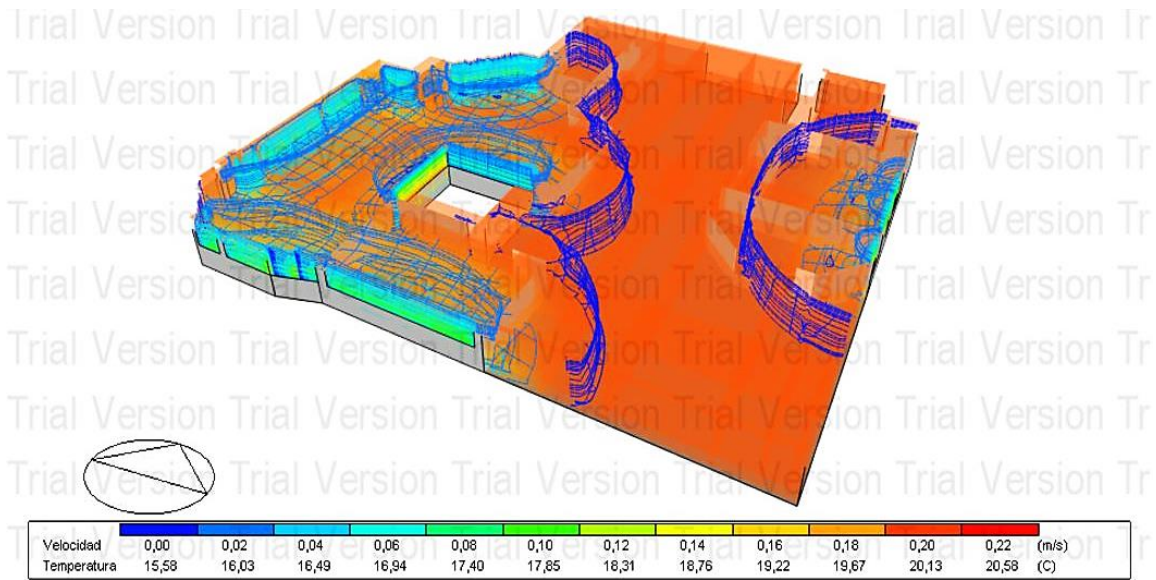
Tabla 29. *Análisis de porcentajes para suficiencia de confort*

| ILUMINACIÓN NATURAL POR ESPACIO – 6TO PISO | | | | |
|--|-------------|-----------------|-----------------|---------------|
| ESPACIO | TIPO DE USO | ILUMINACIÓN MIN | ILUMINACIÓN MAX | CLASIFICACIÓN |
| 601 | Teórico | 165 LUX | 827 LUX | INSUFICIENTE |
| 602 | Teórico | 200 LUX | 695 LUX | INSUFICIENTE |
| 603 | Teórico | 100 LUX | 660 LUX | INSUFICIENTE |
| 604 | Teórico | 100 LUX | 600 LUX | INSUFICIENTE |
| 605 | Teórico | 70 LUX | 620 LUX | INSUFICIENTE |
| 606 | Teórico | 165 LUX | 826 LUX | INSUFICIENTE |
| 607 | Teórico | 70 LUX | 550 LUX | INSUFICIENTE |
| 608 | Técnico | 70 LUX | 480 LUX | INSUFICIENTE |
| 609 | Teórico | 70 LUX | 600 LUX | INSUFICIENTE |
| 610 | Teórico | 300 LUX | 827 LUX | ACEPTABLE |
| 611 | Teórico | 165 LUX | 827 LUX | INSUFICIENTE |
| 612 | Teórico | 300 LUX | 827 LUX | ACEPTABLE |
| 613 | Teórico | 70 LUX | 800 LUX | INSUFICIENTE |
| CUARTO TÉCNICO | Técnico | 0 LUX | 0 LUX | INSUFICIENTE |
| CIRCULACIÓN | Zona Común | 165 LUX | 827 LUX | EFICIENTE |

Simulación CFD Planta 1 – Estado Actual

Figura 176. *Simulación cálculo CFD (ventilación natural) en la Planta 1 del edificio Fray Angélico*

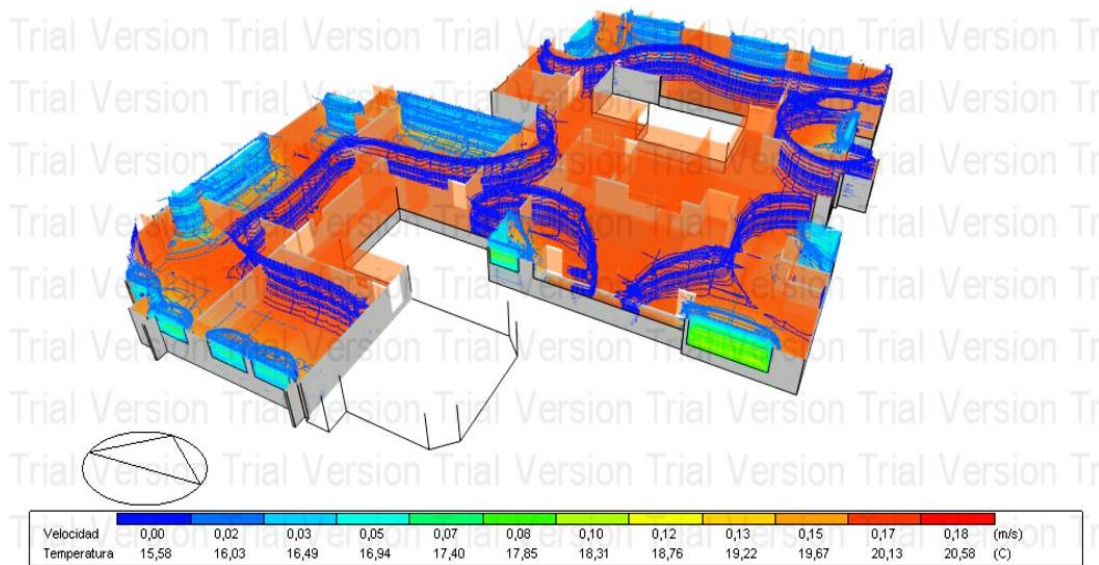
Fecha de simulación: Solsticio, 21 junio



Simulación CFD – Planta 3 Estado Actual

Figura 177. Simulación cálculo CFD (ventilación natural) en la Planta 3 del edificio Fray Angélico

Fecha de simulación: Solsticio, 21 junio



Simulación CFD – Planta 6 Estado Actual

Figura 178. Simulación cálculo CFD (ventilación natural) en la Planta 6 del edificio Fray Angélico

Fecha de simulación: Solsticio, 21 junio

