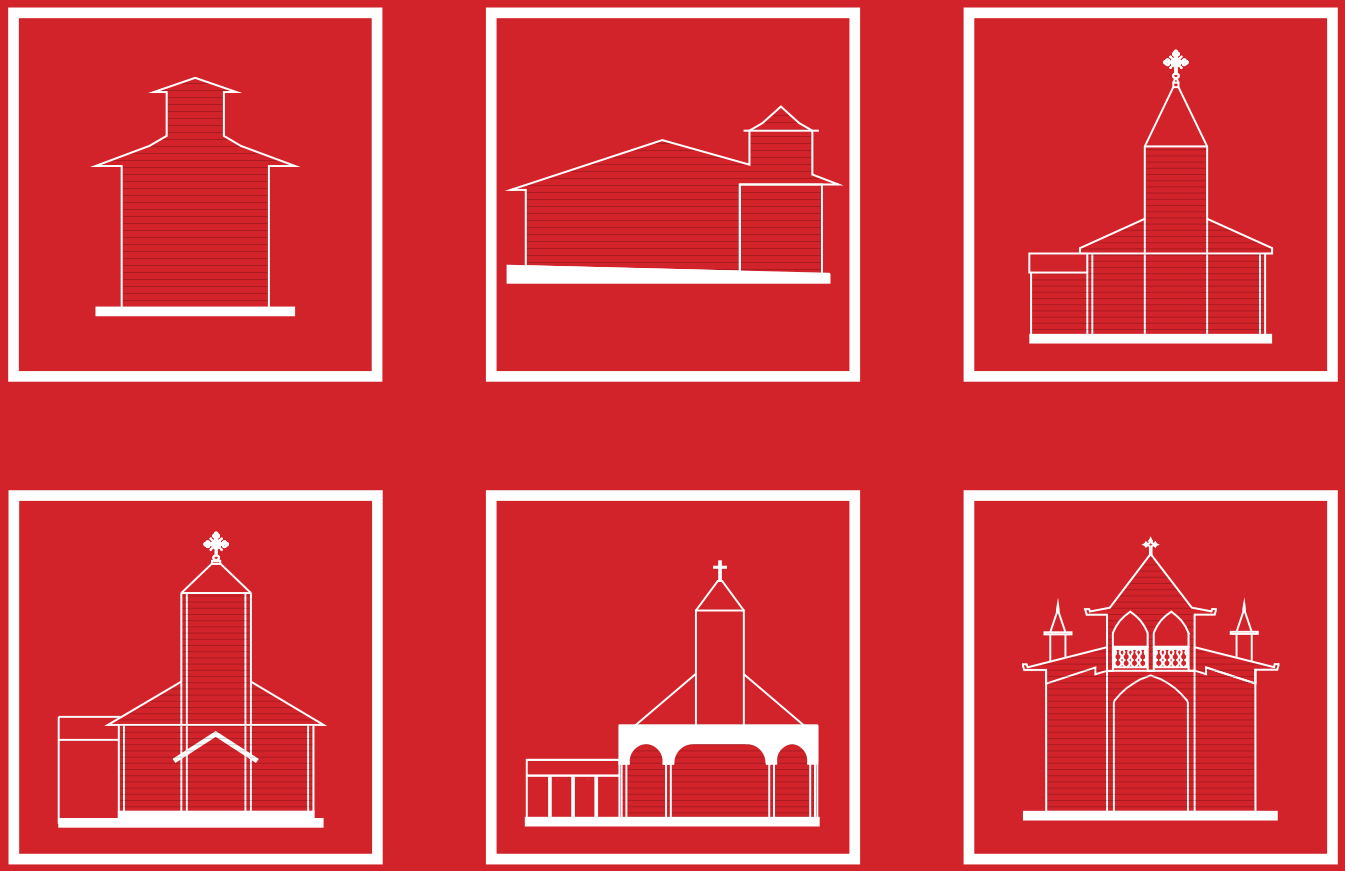


RE+ADAPTAR

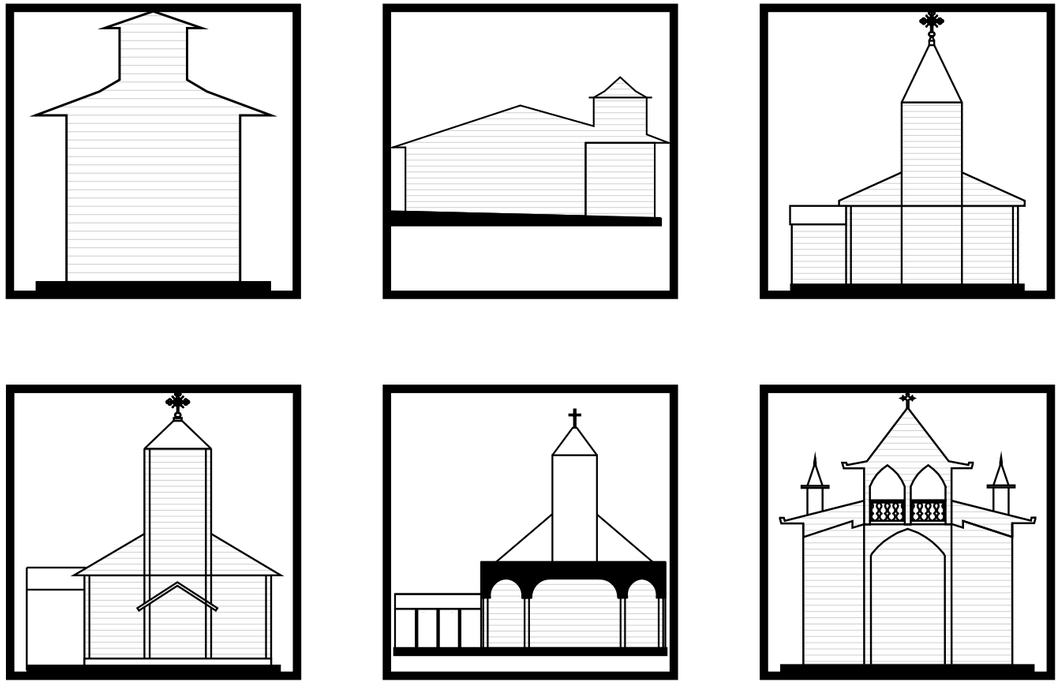
USO DE LA SIMULACIÓN DIGITAL PARA REACONDICIONAR BIOCLIMÁTICAMENTE EDIFICIOS EXISTENTES

ANDREA SANCHO SALAS A55296

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA | FACULTAD DE INGENIERÍA | ESCUELA DE ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN ARQUITECTURA

2013



RE+ADAPTAR

USO DE LA SIMULACIÓN DIGITAL PARA REACONDICIONAR BIOCLIMÁTICAMENTE EDIFICIOS EXISTENTES

ANDREA SANCHO SALAS A55296

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA | FACULTAD DE INGENIERÍA | ESCUELA DE ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN ARQUITECTURA

2013

DIRECTORA DE LA INVESTIGACIÓN

Magister Eugenia Solís Umaña

Licenciatura en Arquitectura, Universidad de Costa Rica ,1977
Magister en Arquitectura Tropical, Univesidad de Costa Rica,2005
Coordinadora Opción de salida Talleres de Diseño IX y X , 2009-2013
Coordinadora Maestria Arquitectura Tropical
Miembro de la Comisión institucional de Carbono Neutralidad
Miembro del Consejo Científico PriFAE (Programa Institucional en Fuentes Alternativas de Energía)

COLABORADORES

Máster Juan Carlos Sanabria Murillo

Licencitura en Arquitectura de la Universidad de Costa Rica.
Máster en Energía, Medio Ambiente y Diseño Sostenible del Architectural Association School of Architecture de Londres.
Cofundador de SAAi (Sustainable Architecture Advisors International), firma de consultoría internacional en las áreas de sostenibilidad y arquitectura bioclimática.
Director de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Véritas, 2009-2013

Arquitecto Esteban Zamora Barahona

Licenciatura en Arquitectura Universidad de Costa Rica. Especialización en arquitectura sostenible y bioclimática, 2010
Encargado del Laboratorio Bioclimático Universidad de Costa Rica, 2011-2013
Primer lugar en investigación de la IV Bienal Estudiantil de Arquitectura de Costa Rica.

LECTORES INVITADOS

Máster Jose Alí Porras Salazar

Licenciatura en Arquitectura. Universidad de Costa Rica, 2002
Maestría en Arquitectura Bioclimática y Medio Ambiente, ETSAM, Politécnica de Madrid, 2004
Estudios de Posgrado en Sostenibilidad, INCAE, 2006
Programa Políticas Energéticas Sostenibles, TU-BERLIN InWent, 2007.
Profesor cursos y talleres de grado Universidad de Costa Rica: Taller de Diseño IX y X.
Profesor cursos de Post-grado Universidad de Costa Rica: Técnicas Bioclimáticas.

Eduardo Bertheau Oros

Licenciatura en Arquitectura Universidad de Costa Rica.
Profesor de Diseño Ambiental de la Escuela de Arte y Comunicación Visual de la Universidad Nacional, 1997-2013.
Egresado de la Maestría en Arquitectura Tropical de la Universidad de Costa Rica, 2012.
Coordinador del taller del ciclo profesional con especialidad en Diseño Ambiental, 2013.

ESTUDIANTE

Andrea Sancho Salas

A55296

2013

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas aquellas personas que formaron parte de este Trabajo de Graduación:

A Dios por ser mi compañero incondicional, por nunca dejarme sola y por darme las fuerzas y el conocimiento para poder concluir esta etapa tan importante de mi vida.

A mi familia (Papi, Mami y Ana), gracias por su compañía a través de toda la carrera y por ser un gran ejemplo de esfuerzo y convicción. Gracias por poner su confianza en mí, incluso cuando muchas veces yo misma no la tuve. Sin duda, este proyecto es de ustedes también.

A la profesora Eugenia Solís, directora de la presente investigación, le estaré siempre profundamente agradecida por todos los conocimientos que me permitió tener, por su ayuda y sus consejos, por la oportunidad de trabajar a su lado y por siempre ser tan cordial y tan amable.

A Esteban Zamora, Jose Alí Porras, Jan Flor y todo el Taller Tropical, muchas gracias por compartir sus conocimientos y por promover proyectos de mayor ambición e innovación dentro de la Escuela de Arquitectura.

Al comite examinador, muchas gracias por su excepcional apoyo durante todo el proceso

A todos los encargados de los inmuebles estudiados, quisiera extender un agradecimiento muy especial, por su confianza y apoyo a la investigación.

A Ernest y a David, mis primeros maestros en arquitectura, muchas gracias por los momentos de trabajo y de diversión compartidos.

A Maureen, Pris, Ingrid, Mariajo, Ana María, Meli, Tía Elvira, Ari, Fran y Luis, muchas gracias por las palabras de ánimo y por la compañía a través de la carrera y del proceso de investigación.

Particularmente quisiera agradecerle a Paula, por ser el mayor apoyo en esta investigación. Gracias por trabajar con tanto amor y tanta entrega, por ser una excelente profesional, por ser una persona crítica y más que eso, por ser mi amiga.

Finalmente, quisiera dedicar este trabajo a Tito Sayo, quién gracias a su actitud ante la vida me enseño que no importa que tan difícil sea el camino, uno tiene que luchar hasta el final: “No hay plazo que no se venza, ni deuda que no se pague”. Gracias Tito.

RESUMEN

RE + ADAPTAR : Uso de la simulación digital para reacondicionar bioclimáticamente edificios existentes.

La presente investigación tiene como objetivo principal diseñar e implementar una metodología para analizar el comportamiento de edificios existentes en respuesta a variables climáticas y geográficas específicas, mediante el uso de simulaciones termodinámicas digitales que permitan modificaciones para mejorar el confort interno. El análisis se realizó por medio de seis casos de estudio ubicados en tres zonas de vida de Costa Rica: Bosque Seco Tropical, Bosque Húmedo Premontano y Bosque Muy Húmedo Premontano. Las edificaciones estudiadas son iglesias vernáculares de la época constructiva de 1901-1950.

En las primeras etapas se realizó un análisis bioclimático evaluativo por escalas, en donde fue necesaria la recopilación y tabulación de datos geográficos y climáticos de cada región de estudio en tres niveles: macro entorno, meso entorno y micro entorno. En este caso se utilizaron tanto herramientas de simulación mediante modelos computarizados (Autodesk Ecotect Analysis) como registradores de datos de temperatura y humedad relativa en sitio.

Posterior al análisis bioclimático, se elaboró un diagnóstico comparativo mediante el cual se establecieron conclusiones de comportamiento en cada zona de estudio y se identificaron tres variables a modificar para mejorar las condiciones de confort térmico interno: materiales de construcción, ventilación natural y nivel de exposición solar.

Como último paso, se realizan simulaciones termodinámicas digitales implementando los cambios de variables establecidos. El efecto que tiene cada modificación se mide por medio del índice de confort de Fanger. Siguiendo el protocolo de simulación establecido, se realizan las modificaciones que generan el mayor confort y se obtiene un resultado para cada edificación de estudio.

Finalmente se creó una metodología que permite identificar los factores principales que influyen dentro del comportamiento térmico interior de una edificación existente y establecer cuáles modificaciones se pueden implementar para lograr un mayor bienestar, tanto en cada caso de estudio, como en futuros diseños con condiciones similares.

ÍNDICE DE CONTENIDO

C1. INTRODUCCIÓN 03

1.0 Introducción 02

2.0 Problemática y justificación 04

3.0 Objetivos.....06

3.1 Objetivo general.....06

3.2 Objetivos específicos 06

4.0 Marco Teórico 08

4.1 Sistemas de cerramiento en Arquitectura 08

4.1.1 Definición 08

4.1.2 Origen y evolución.....08

4.1.3 Función y desempeño 10

4.1.4 Clasificación 11

4.2 El clima de Costa Rica 13

4.2.1 Zonas de Vida de Costa Rica 14

4.3 Diseño bioclimático 16

4.4 Confort (Sensación Integral de Bienestar) 17

4.4.1 Parámetros ambientales del confort térmico .18

4.4.2 Factores ambientales del confort térmico.....19

4.4.3 Herramientas para evaluar el confort térmico 19

4.5 Simulación energética de edificios 21

4.5.1 Herramientas de simulación de energía 21

A. ECOTECT ® 21

B. DESIGN BUILDER ® 22

5.0 Marco Metodológico 24

6.0 Ubicación de los casos de estudio 28

C2. MACRO Y MESO ENTORNO 31

2.0 Z1 Bosque seco tropical, bosque seco tropical transición húmedo 32

2.1.1 Ubicación geográfica Liberia.....34

2.1.2 Resumen climatológico anual liberia 36

a. Climograma de columnas.....36

b. Ábaco psicométrico y confort.....38

c. Climograma de bienestar adaptado (CBA) 41

d. Comportamiento del viento 43

2.2.1 Ubicación geográfica Santa Cruz.....44

2.2.2 Resumen climatológico anual Santa Cruz 46

a. Climograma de columnas.....46

b. Ábaco psicométrico y confort.....48

c. Climograma de bienestar adaptado (CBA) 51
d. Comportamiento del viento 53

3.0 Z2 Bosque húmedo premontano 54

3.1.1 Ubicación geográfica Desamparados 56
3.1.2 Ubicación geográfica Cartago 58
3.1.3 Resumen climatológico anual Frailes 60
a. Climograma de columnas 60
b. Ábaco psicométrico y el confort 62
c. Climograma de bienestar adaptado (CBA) 65
d Comportamiento del viento 67

4.0 Z1 Bosque muy húmedo premontano 70

4.1 Ubicación geográfica Turrialba 72
4.0 Resumen climatológico Anual Turrialba 75
a. Climograma de columnas 75
b. Ábaco psicométrico y el confort 77
c. Climograma de bienestar adaptado (CBA) 80
d. Comportamiento del viento 81

C3. MICRO-ENTORNO 87

1.0 Guardia 88

1.1 El edificio y su entorno 89
1.2 Análisis solar Guardia 90
1.3 Análisis radiación Guardia 92
1.3.1 Guardia fachada Este 92
1.3.2 Guardia fachada Oeste 93
1.3.3 Guardia fachada Norte 94
1.3.4 Guardia fachada Sur 95
1.4 Análisis ventilación Guardia 97

2.0 Río Seco 98

2.1 El edificio y su entorno 99
2.2 Análisis solar Río Seco 100
2.3 Análisis radiación Rio Seco 102
2.3.1 Río Seco fachada Este 102
2.3.2 Río Seco fachada Oeste 103
2.3.3 Río Seco fachada Norte 104
2.3.4 Río Seco fachada Sur 105
2.4 Análisis ventilación Río Seco 107

3.0 Rosario 108

3.1 El edificio y su entorno 109
3.2 Análisis solar Rosario 110
3.3 Análisis radiación rosario 112
2.3.1 Rosario fachada Este 112
2.3.1 Rosario fachada Oeste 113
3.3.3 Rosario fachada Norte 114
3.3.4 Rosario fachada Sur 115
3.4 Análisis ventilación Rosario 117

4.0 Loma Larga 118

4.1 El edificio y su entorno 119
4.2 Análisis solar Loma Larga 120
4.3 Análisis radiación Loma Larga 122
4.3.1 Loma Larga fachada Este 122
4.3.2 Loma Larga fachada Oeste 123
4.3.3 Loma Larga fachada Norte 124
4.3.4 Loma Larga fachada Sur 125
4.4 Análisis ventilación Loma Larga 127

5.0 San Antonio 128

5.1 El edificio y su entorno 129
5.2 Análisis solar San Antonio 130
5.3 Análisis radiación San Antonio 132
5.3.1 San Antonio fachada Este (SE) 132
5.3.2 San Antonio fachada Oeste (NO) 133
5.3.3 San Antonio fachada Norte (NE) 134
5.3.4 San Antonio fachada Sur (SO) 135
5.4 Análisis ventilación San Antonio 137

6.0 La Pastora 138

6.1 El edificio y su entorno 139
6.2 Análisis solar La Pastora 140
6.3 Análisis radiación La pastora 142
6.3.1 La Pastora fachada Este 142
6.3.2 La pastora fachada Oeste 143
6.3.3 La Pastora fachada Norte 144
6.3.4 La Pastora fachada Sur 145
6.4 Análisis ventilación la Pastora 147

C4. EL EDIFICIO 149

1.0 Ermita Guardia, Liberia 150

1.1 Análisis de la envolvente del edificio 151
1.2 Mediciones prolongadas 152

2.0 Iglesia de Río Seco, Santa Cruz 156

2.1 Análisis de la envolvente del edificio 157
2.2 Mediciones prolongadas 158

3.0 Iglesia de Rosario, Desamparados 162

3.1 Análisis de la envolvente del Edificio 163
3.2 Mediciones prolongadas 164

4.0 Loma Larga, Cartago 168

4.1 Análisis de la envolvente del edificio 169
4.2 Mediciones prolongadas 170

5.0 Iglesia de San Antonio, Turrialba 174

5.1 Análisis de la envolvente del edificio 175
5.2 Mediciones prolongadas 176

6.0 Iglesia La Pastora, Turrialba 180

6.1 Análisis de la envolvente del edificio 181
6.2 Mediciones prolongadas 182

C5. DIAGNÓSTICO COMPARATIVO 187

1.0 Macro-entorno: zona de vida 190

2.0 Meso-entorno: provincias, cantones, pueblos 192

3.0 Micro-entorno 194

4.0 Edificio 196

4.1 Gráficos comparatios Z1 199
4.1.1 Época seca (Febrero) 199
4.1.2 Época lluviosa (Octubre) 199
4.2 Gráficos comparativos Z2 201
4.2.1 Época seca (Febrero) 201
4.2.2 Época lluviosa (Octubre) 201
4.3 Gráficos comparativos Z3 203
4.3.1 Época seca (Febrero) 203
4.3.2 Época lluviosa (Octubre) 203

5.0 Conclusiones 204

C6. SIMULACIONES Y CONCLUSIONES 207

1.0 Protocolo de simulación I. Guardia 208

1.1 Definición de zona térmicas 208
1.2 Características del estado inicial 208
1.3 Archivo de clima (Introduccion de datos) 209
1.4 Simulación de calibración por zona térmica 210

2.0 Protocolo de simulación I. Río Seco 214

2.1 Definición de zona térmicas 214

2.2 Características del estado inicial 214
2.3 Archivo de clima (Introduccion de datos) 215
2.4 Simulación de calibración por zona térmica 216

3.0 Protocolo de simulación I. Rosario 220
3.1 Definición de zona térmicas 220
3.2 Características del estado inicial 220
3.3 Archivo de clima (Introduccion de datos) 221
4.4 Simulación de calibración por zona térmica 222

4.0 Protocolo de simulación I. Loma Larga 226
4.1 Definición de zona térmicas 226
4.2 Características del estado inicial..... 226
4.3 Archivo de clima (Introducción de datos) 227
4.4 Simulación de calibración por zona térmica 228

5.0 Protocolo de simulacion I. San Antonio..... 232
5.1 Definición de zona térmicas 232
5.2 Características del estado inicial 232
5.3 Archivo de clima (Introducción de datos) 233
5.4 Simulación de calibración por zona térmica 234

6.0 Protocolo de simulación I. La Pastora..... 238
6.1 Definición de zona térmicas 238
6.2 Características del estado inicial 238
6.3 Archivo de clima (Introducción de datos) 239
6.4 Simulación de calibración por zona térmica 240

7.0 Variables a modificar según comportamiento climático del edificio 243

8.0 Resultados de comportamiento y readaptación 244
8.1 Resultados Iglesia Guardia 244
8.2 Resultados Iglesia Río Seco 246
8.3 Resultados Iglesia Rosario 248
8.4 Resultados Iglesia Loma Larga..... 250
8.5 Resultados Iglesia San Antonio..... 252
8.6 Resultados Iglesia La Pastora 254

9.0 Escenario Edificación + Personas..... 256

10.0 Conclusiones y recomendaciones 258

BIBLIOGRAFÍA 263

Libros 264

Publicaciones electrónicas (en línea)..... 264

Tesis e investigaciones..... 265

Artículos y conferencias..... 265

Infografía 266

ÍNDICE DE IMÁGENES

CAPÍTULO 1

- Imagen 1.1. Vivienda en Guardia, Liberia. Fuente: Autor 29
- Imagen 1.2. Vivienda ubicada en San Antonio, Turrialba. Fuente: Autor 29
- Imagen 1.3. Pasos en la evolución de los cerramientos en edificaciones. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: El autor. 33
- Imagen 1.4. Capas de desempeño en un pared antigua. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: el autor34
- Imagen 1.5. Capas de desempeño actuales. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: el autor 34
- Imagen 1.6. Conjunto de algunos sistemas individuales que componen un cerramiento. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: el autor 35
- Imagen 1.7. Mapa de la Zona de Convergencia Intertopical (ZCIT). Fuente: http://pages142.unibe.ch/about/national/indonesia/itcz.html el 23/04/2011 37
- Imagen 1.8. Tabla pisos altitudinales. Fuente: Centro Científico Tropical..... 39
- Imagen 1.9. Mapa zonas de vida Costa Rica. Fuente: Centro Científico Topical..... 40
- Imagen 1.10. Valores ejemplares de CLO y MET. Fuente: Víquez Álvaro, Mora Felipe, Flor Jan, Gonzales Marcela, Obando Moisés, Rodríguez Valeza (2011), DISEÑO DE LA ENVOLVENTE Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONFORT HIGROTÉRMICO, Seminario de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Arquitectura, San José, Costa Rica. 42
- Imagen 1.11. Ábaco Psicométrico. Fuente: Autor..... 43
- Imagen 1.12. Climograma de Bienestar Adaptado (CBA). Fuente: Autor..... 44
- Imagen 1.13. Escala de Sensación Térmica de Siete Puntos. Fuente: Estándar internacional ISO 7730. 44
- Imagen 1.14. Ejemplo simulación Ecotec. Fuente: Autor..... 46
- Imagen 1.15. Ejemplo simulación en Design Builder. Fuente: Autor..... 47
- Imagen 1.16. Mapa de sitios de estudio y ubicación de zonas de vida de Costa Rica. Fuente: Autor 53

CAPÍTULO 2

- Imagen 2.1. Mapa de zonas de vida Bosque seco tropical, Bosque seco tropical transición húmedo. Fuente: Autor..... 57
- Imagen 2.2. Mapa de Costa Rica, Provincia de Guanacaste. Fuente: Autor..... 58
- Imagen 2.3. Ubicación Iglesia Guardia, Liberia. Fuente: Autor 58
- Imagen 2.4. Mapa macro de ubicación pueblo de Guardia. Fuente: Autor..... 59
- Imagen 2.5. Climograma de columnas Liberia. Fuente: Autor... 61
- Imagen 2.6. Ábaco psicométrico Liberia. Fuente: Autor..... 62
- Imagen 2.7. Gráfico del Voto Medio Estimado Liberia. Fuente: Autor..... 63
- Imagen 2.8. Tabla niveles de confort Liberia. Fuente: Autor..... 64
- Imagen 2.9. Climograma de Bienestar Adaptado (CBA). Fuente: Autor..... 65
- Imagen 2.10. Gráfico de isopletas con temperatura. Fuente: Autor..... 65
- Imagen 2.11. Guardia. Viento dirección E. Fuente: Autor..... 66
- Imagen 2.12. Guardia. Viento dirección NE. Fuente: Autor 66
- Imagen 2.13. Guardia. Viento dirección SE. Fuente: Autor 66

- Imagen 2.14. Guardia. Viento dirección E. Fuente: Autor.....67
- Imagen 2.15. Guardia. Viento dirección NE. Fuente: Autor.....67
- Imagen 2.16. Guardia. Viento dirección SE. Fuente: Autor 67
- Imagen 2.17. Mapa de Costa Rica, Provincia de Guanacaste. Fuente: Autor.....68
- Imagen 2.18. Ubicación de Iglesia Río Seco, Santa Cruz. Fuente: Autor.....68
- Imagen 2.19. Mapa macro de ubicación Iglesia Rio Seco, Santa Cruz. Fuente: Autor.....69
- Imagen 2.20. Climograma de Columnas Santa Cruz. Fuente: Autor.....71
- Imagen 2.21. Ábaco psicométrico Santa Cruz. Fuente: Autor...72
- Imagen 2.22. Gráfico PMV Santa Cruz. Fuente: Autor 73
- Imagen 2.23. Tablas PMV-PPD Santa Cruz. Fuente: Autor 74
- Imagen 2.24. Climograma de bienestar adaptado (CBA). Fuente: Autor 75
- Imagen 2.25. Gráfico de Isopletas con Temperatura. Fuente: Autor.....75
- Imagen 2.26. Río Seco. Viento dirección E. Fuente: Autor.....76
- Imagen 2.27. Río Seco. Viento dirección NE. Fuente: Autor 76
- Imagen 2.28. Río Seco. Viento dirección SE. Fuente: Autor.....76
- Imagen 2.29. Río Seco. Viento dirección E. Fuente: Autor.....77
- Imagen 2.30. Río Seco. Viento dirección NE. Fuente: Autor 77
- Imagen 2.31. Río Seco. Viento dirección SEe. Fuente: Autor....77
- Imagen 2.32. Mapa Zonas de Vida, Bosque Húmedo Premontano. Fuente: Autor.....79
- Imagen 2.33. Mapa de Costa Rica, Provincia de San José. Fuente: Autor.....80
- Imagen 2.34. Ubicación Iglesia Rosario, Desamparados. Fuente: Autor.....80
- Imagen 2.35. Mapa macro de ubicación Iglesia Rosario, Desamparados. Fuente: Autor 81
- Imagen 2.36. Mapa de Costa Rica, Provincia de Cartago. Fuente: Autor.....82
- Imagen 2.37. Ubicación Iglesia Loma Larga, Cartago. Fuente: Autor.....82
- Imagen 2.38. Mapa macro de ubicación Iglesia Loma Larga, Cartago. Fuente: Autor.....83
- Imagen 2.39. Climograma de Colomnas, Frailes. Fuente: Autor85
- Imagen 2.40. Ábaco Psicométrico Frailes. Fuente: Autor.....86
- Imagen 2.41. Gráfico PMV Frailes. Fuente: Autor 87
- Imagen 2.42. Tablas PMV-PPD Frailes. Fuente: Autor 88
- Imagen 2.43. Climograma de Bienestar Adaptado (CBA). Fuente: Autor.....89
- Imagen 2.44. Gráfico de Isopletas con Temperatura. Fuente: Autor.....89
- Imagen 2.45. Rosario. Viento dirección E. Fuente: Autor 90
- Imagen 2.46. Rosario. Viento dirección NE. Fuente: Autor.....90
- Imagen 2.47. Rosario. Viento dirección SE. Fuente: Autor 90
- Imagen 2.48. Imagen x. Rosario. Viento dirección E. Fuente: Autor.....91
- Imagen 2.49. Rosario. Viento dirección NE. Fuente: Autor.....91
- Imagen 2.50. Rosario. Viento dirección SE. Fuente: Autor 91
- Imagen 2.51. Loma Larga Viento dirección E. Fuente: Autor 92
- Imagen 2.52. Loma Larga Viento dirección NE. Fuente: Autor..92
- Imagen 2.53. Loma Larga Viento dirección SE. Fuente: Autor ..92
- Imagen 2.54. Loma Larga Viento dirección E. Fuente: Autor 93
- Imagen 2.55. Loma Larga Viento dirección NE. Fuente: Autor..93
- Imagen 2.56. Loma Larga Viento dirección SE. Fuente: Autor ..93
- Imagen 2.57. Mapa de zonas de vida Bosque Muy Húmedo Premontano. Fuente: Autor 95
- Imagen 2.58. Mapa de Costa Rica, Provincia de Turrialba. Fuente: Autor.....96
- Imagen 2.59. Ubicación Iglesia San Antonio, Turrialba. Fuente: Autor.....96
- Imagen 2.60. Mapa macro de ubicación Iglesia San Antonio, Santa Cruz de Turrialba. Fuente: Autor.....97
- Imagen 2.61. Mapa macro de ubicación Iglesia La Pastora, Santa Cruz de Turrialba. Fuente: Autor.....98
- Imagen 2.62. Climograma de columnas, Turrialba. Fuente: Autor 100
- Imagen 2.63. Ábaco psicométrico Turrialba. Fuente: Autor 101
- Imagen 2.64. Gráfico PMV Turrialba. Fuente: Autor..... 102
- Imagen 2.65. Tablas PMV-PPD Turrialba. Fuente: Autor..... 103
- Imagen 2.66. Climograma de Bienestar Adaptado (CBA). Fuente: Autor..... 104
- Imagen 2.67. Gráfico de Isopletas con Temperatura. Fuente: Autor..... 104
- Imagen 2.68. San Antonio. Viento E. Fuente: Autor 105
- Imagen 2.69. San Antonio. Viento NE. Fuente: Autor 105
- Imagen 2.70. San Antonio. Viento SE. Fuente: Autor 105
- Imagen 2.71. San Antonio. Viento E. Fuente: Autor..... 106
- Imagen 2.72. San Antonio. Viento NE. Fuente: Autor 106
- Imagen 2.73. San Antonio. Viento SE. Fuente: Autor 106
- Imagen 2.74. La Pastora. Viento E. Fuente: Autor..... 107
- Imagen 2.75. La Pastora. Viento NE. Fuente: Autor 107
- Imagen 2.76. La Pastora. Viento SE. Fuente: Autor..... 107
- Imagen 2.77. La Pastora. Viento E. Fuente: Autor..... 108
- Imagen 2.78. La Pastora. Viento NE. Fuente: Autor 108
- Imagen 2.79. La Pastora. Viento SE. Fuente: Autor..... 108

CAPÍTULO 3

- Imagen 3.1.
- Imagen 3.2. Mapa micro de ubicación Ermita Guardia. Fuente: Autor..... 113
- Imagen 3.3. Imágenes Ermita Guardia. Fuente: Autor 113
- Imagen 3.4. Proyección de sombras 21 dic. Fuente: Autor..... 115
- Imagen 3.5. Proyección de sombras 21 mar. Fuente: Autor.... 115
- Imagen 3.6. Proyección de sombras 21 jun. Fuente: Autor 115
- Imagen 3.7. Proyección anual de Radiación Guardia. Fuente: Autor..... 116
- Imagen 3.8. Porcentaje radiación sobre fachada 18 Diciembre. Fuente: Autor..... 116
- Imagen 3.9. Porcentaje radiación sobre fachada 26 Marzo. Fuente: Autor..... 116
- Imagen 3.10. Porcentaje radiación sobre fachada 28 Junio. Fuente: Autor..... 116
- Imagen 3.11. Proyección anual de Radiación Guardia. Fuente: Autor..... 117
- Imagen 3.12. Porcentaje radiación sobre fachada 18 Diciembre. Fuente: Autor..... 117
- Imagen 3.13. Porcentaje radiación sobre fachada 26 Marzo. Fuente: Autor..... 117
- Imagen 3.14. Porcentaje radiación sobre fachada 28 Junio. Fuente: Autor..... 117
- Imagen 3.15. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor... 118
- Imagen 3.16. Porcentaje radiación sobre fachada 18 Diciembre. Fuente: Autor..... 118
- Imagen 3.17. Porcentaje radiación sobre fachada 26 Marzo. Fuente: Autor..... 118
- Imagen 3.18. Porcentaje radiación sobre fachada 28 Junio. Fuente: Autor..... 118
- Imagen 3.19. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor... 119
- Imagen 3.20. Porcentaje radiación sobre fachada 18 Diciembre. Fuente: Autor..... 119
- Imagen 3.21. Porcentaje radiación sobre fachada 26 Marzo. Fuente: Autor..... 119
- Imagen 3.22. Porcentaje radiación sobre fachada 28 Junio. Fuente: Autor..... 119
- Imagen 3.23. Radiación anual Cubierta. Fuente: Autor 120
- Imagen 3.24. Sombreamiento anual cubierta. Fuente: Autor... 120
- Imagen 3.25. isométrico de radiación anual. Fuente: Autor 120
- Imagen 3.26. Análisis velocidad de viento dirección Este. Fuente: Autor..... 121
- Imagen 3.27. Análisis velocidad de viento dirección Noreste. Fuente: Autor..... 121
- Imagen 3.28. Análisis velocidad de viento dirección Sureste. Fuente: Autor..... 121
- Imagen 3.29. Imágenes ilustrativas Iglesia Río Seco. Fuente: Autor..... 122
- Imagen 3.30. Mapa micro de ubicación Iglesia Río Seco. Fuente: Autor..... 123
- Imagen 3.31. Imágenes ilustrativas Iglesia Río Seco. Fuente: Autor..... 123
- Imagen 3.32. Proyección de Sombras 21 dic. Fuente: Autor... 125
- Imagen 3.33. Proyección de Sombras 21 Mar. Fuente: Autor.. 125
- Imagen 3.34. Proyección de Sombras 21 Jun. Fuente: Autor.. 125
- Imagen 3.35. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor... 126
- Imagen 3.36. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Diciembre. Fuente: Autor..... 126
- Imagen 3.37. Porcentaje radiación sobre fachada 2 Marzo. Fuente: Autor..... 126
- Imagen 3.38. Porcentaje radiación sobre fachada 11 Junio. Fuente: Autor..... 126
- Imagen 3.39. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor... 127
- Imagen 3.40. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Diciembre. Fuente: Autor..... 127
- Imagen 3.41. Porcentaje radiación sobre fachada 2 Marzo. Fuente: Autor..... 127
- Imagen 3.42. Porcentaje radiación sobre fachada 11 Junio. Fuente: Autor..... 127
- Imagen 3.43. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor... 128
- Imagen 3.44. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Diciembre. Fuente: Autor..... 128
- Imagen 3.45. Porcentaje radiación sobre fachada 2 Marzo. Fuente: Autor..... 128
- Imagen 3.46. Porcentaje radiación sobre fachada 11 Junio. Fuente: Autor..... 128
- Imagen 3.47. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor... 129
- Imagen 3.48. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Diciembre. Fuente: Autor..... 129
- Imagen 3.49. Porcentaje radiación sobre fachada 2 Marzo. Fuente: Autor..... 129
- Imagen 3.50. Porcentaje radiación sobre fachada 11 Junio. Fuente: Autor..... 129
- Imagen 3.51. Radiación anual cubierta. Fuente: Autor..... 130
- Imagen 3.52. Sombreamiento anual cubierta. Fuente: Autor... 130
- Imagen 3.53. isométrico de radiación anual. Fuente: Autor 130
- Imagen 3.54. Análisis velocidad de viento dirección Este. Fuente: Autor..... 131
- Imagen 3.55. Análisis velocidad de viento dirección Noreste. Fuente: Autor..... 131
- Imagen 3.56. Análisis velocidad de viento dirección Sureste. Fuente: Autor..... 131
- Imagen 3.57. Imágenes ilustrativas Iglesia Rosario. Fuente: Autor..... 132

- Imagen 3.58. Mapa micro de ubicación Iglesia Rosario. Fuente: Autor ... 133
- Imagen 3.59. Imágenes ilustrativas Iglesia Rosario. Fuente: Autor ... 133
- Imagen 3.60. Proyección de Sombras 21 dic. Fuente: Autor ... 135
- Imagen 3.61. Proyección de Sombras 21 mar. Fuente: Autor .. 135
- Imagen 3.62. Proyección de Sombras 21 jun. Fuente: Autor ... 135
- Imagen 3.63. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 136
- Imagen 3.64. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 136
- Imagen 3.65. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 136
- Imagen 3.66. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 136
- Imagen 3.67. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 137
- Imagen 3.68. Porcentaje radiación sobre fachada13 Diciembre. Fuente: Autor ... 137
- Imagen 3.69. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 137
- Imagen 3.70. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 137
- Imagen 3.74. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 138
- Imagen 3.71. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 138
- Imagen 3.72. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 138
- Imagen 3.73. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 138
- Imagen 3.78. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 139
- Imagen 3.75. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 139
- Imagen 3.76. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 139
- Imagen 3.77. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 139
- Imagen 3.79. Radiación Anual Cubierta. Fuente: Autor ... 140
- Imagen 3.80. Sombreamiento anual cubierta. Fuente: Autor ... 140
- Imagen 3.81. isométrico de radiación anual. Fuente: Autor ... 140
- Imagen 3.82. Análisis velocidad de viento dirección Este. Fuente: Autor ... 141
- Imagen 3.83. Análisis velocidad de viento dirección Noreste. Fuente: Autor ... 141
- Imagen 3.84. Análisis velocidad de viento dirección Sureste. Fuente: Autor ... 141
- Imagen 3.85. Imágenes Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor ... 142
- Imagen 3.86. Mapa micro de ubicación Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor ... 143
- Imagen 3.87. Imágenes Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor ... 143
- Imagen 3.88. Proyección de Sombras 21 dic. Fuente: Autor ... 145
- Imagen 3.89. Proyección de Sombras 21 mar. Fuente: Autor .. 145
- Imagen 3.90. Proyección de Sombras 21 jun. Fuente: Autor ... 145
- Imagen 3.91. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 146
- Imagen 3.92. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 146
- Imagen 3.93. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 146
- Imagen 3.94. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 146
- Imagen 3.95. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 147
- Imagen 3.96. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 147
- Imagen 3.97. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 147
- Imagen 3.98. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 147
- Imagen 3.99. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor ... 148
- Imagen 3.100. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 148
- Imagen 3.101. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 148
- Imagen 3.102. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 148
- Imagen 3.103. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 149
- Imagen 3.104. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 149
- Imagen 3.105. Porcentaje radiación sobre fachada 27 Marzo. Fuente: Autor ... 149
- Imagen 3.106. Porcentaje radiación sobre fachada 17 Junio. Fuente: Autor ... 149
- Imagen 3.107. Radiación Anual Cubierta. Fuente: Autor ... 150
- Imagen 3.108. Sombreamiento anual cubierta. Fuente: Autor . 150
- Imagen 3.109. isométrico de radiación anual. Fuente: Autor .. 150
- Imagen 3.110. Análisis velocidad de viento dirección Este. Fuente: Autor ... 151
- Imagen 3.112. Análisis velocidad de viento dirección Noreste. Fuente: Autor ... 151
- Imagen 3.111. Análisis velocidad de viento dirección Sureste. Fuente: Autor ... 151
- Imagen 3.113. Imágenes Iglesia San Antonio. Fuente: Autor .. 152
- Imagen 3.114. Mapa micro de ubicación Iglesia San Antonio. Fuente: Autor ... 153
- Imagen 3.115. Imágenes Iglesia San Antonio. Fuente: Autor .. 153
- Imagen 3.116. Proyección de Sombras 21 dic. Fuente: Autor. 155
- Imagen 3.117. Proyección de Sombras 21 mar. Fuente: Autor 155
- Imagen 3.118. Proyección de Sombras 21 jun. Fuente: Autor. 155
- Imagen 3.122. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 156
- Imagen 3.119. Porcentaje radiación sobre fachada 14 Diciembre. Fuente: Autor ... 156
- Imagen 3.120. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 156
- Imagen 3.121. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 156
- Imagen 3.123. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 157
- Imagen 3.124. Porcentaje radiación sobre fachada 14 Diciembre. Fuente: Autor ... 157
- Imagen 3.125. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 157
- Imagen 3.126. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 157
- Imagen 3.130. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 158
- Imagen 3.127. Porcentaje radiación sobre fachada 14 Diciembre. Fuente: Autor ... 158
- Imagen 3.128. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 158
- Imagen 3.129. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 158
- Imagen 3.134. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 159
- Imagen 3.131. Porcentaje radiación sobre fachada 14 Diciembre. Fuente: Autor ... 159
- Imagen 3.132. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 159
- Imagen 3.133. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 159
- Imagen 3.135. Radiación Anual Cubierta. Fuente: Autor ... 160
- Imagen 3.136. Sombreamiento anual cubierta. Fuente: Autor . 160
- Imagen 3.137. isométrico de radiación anual. Fuente: Autor .. 160
- Imagen 3.138. Análisis velocidad de viento dirección Este. Fuente: Autor ... 161
- Imagen 3.140. Análisis velocidad de viento dirección Noreste. Fuente: Autor ... 161
- Imagen 3.139. Análisis velocidad de viento dirección Sureste. Fuente: Autor ... 161
- Imagen 3.141. Imágenes Iglesia La Pastora. Fuente: Autor ... 162
- Imagen 3.142. Mapa micro de ubicación Iglesia La Pastora. Fuente: Autor ... 163
- Imagen 3.143. Imágenes Iglesia La Pastora. Fuente: Autor ... 163
- Imagen 3.144. Proyección de Sombras 21 dic. Fuente: Autor. 165
- Imagen 3.145. Proyección de Sombras 21 mar. Fuente: Autor 165
- Imagen 3.146. Proyección de Sombras 21 jun. Fuente: Autor. 165
- Imagen 3.150. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 166
- Imagen 3.147. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 166
- Imagen 3.148. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 166
- Imagen 3.149. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 166
- Imagen 3.151. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 167
- Imagen 3.152. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 167
- Imagen 3.153. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 167
- Imagen 3.154. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 167
- Imagen 3.158. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 168
- Imagen 3.155. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 168
- Imagen 3.156. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 168
- Imagen 3.157. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 168
- Imagen 3.162. Proyección anual de radiación. Fuente: Autor . 169
- Imagen 3.159. Porcentaje radiación sobre fachada 13 Diciembre. Fuente: Autor ... 169
- Imagen 3.160. Porcentaje radiación sobre fachada 22 Marzo. Fuente: Autor ... 169
- Imagen 3.161. Porcentaje radiación sobre fachada 23 Junio. Fuente: Autor ... 169
- Imagen 3.163. Radiación Anual Cubierta. Fuente: Autor ... 170
- Imagen 3.164. Sombreamiento anual cubierta. Fuente: Autor . 170
- Imagen 3.165. isométrico de radiación anual. Fuente: Autor .. 170
- Imagen 3.166. Análisis velocidad de viento dirección Este. Fuente: Autor ... 171
- Imagen 3.168. Análisis velocidad de viento dirección Noreste. Fuente: Autor ... 171
- Imagen 3.167. Análisis velocidad de viento dirección Sureste. Fuente: Autor ... 171

CAPÍTULO 4

- Imagen 4.1. Ficha técnica Ermita Guardia. Fuente: Autor ... 174
- Imagen 4.2. Levantamiento de sitio Ermita Guardia. Fuente: Autor ... 174
- Imagen 4.3. Despliegue de envolvente Ermita Guardia. Fuente: Autor ... 175
- Imagen 4.4. Volumen de aire espacio principal, Ermita Guardia. Fuente: Autor ... 175
- Imagen 4.5. Relación entre superficie y aberturas, Ermita Guardia. Fuente: Autor ... 175
- Imagen 4.6. Ubicación de hobos. Fuente: Autor ... 176
- Imagen 4.7. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor ... 176
- Imagen 4.8. Día Tipo Octubre, Temperatura. Fuente: Autor ... 176

- Imagen 4.9. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor 177
- Imagen 4.10. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 178
- Imagen 4.11. Día Tipo Febrero, Humedad. Fuente: Autor 178
- Imagen 4.12. Día Tipo Octubre, Humedad. Fuente: Autor..... 178
- Imagen 4.13. Día Tipo Febrero, humedad. Fuente: Autor..... 179
- Imagen 4.15. Ficha Técnica Iglesia Río Seco. Fuente: Autor .. 180
- Imagen 4.14. Levantamiento arquitectónico Iglesia Río Seco. Fuente: Autor 180
- Imagen 4.16. Imagen X: Despliegue de superficies de cerramiento. Fuente: Autor 181
- Imagen 4.17. Volumen de aire espacio principal, Iglesia Río Seco. Fuente: Autor 181
- Imagen 4.18. Relación entre superficie y aberturas, Iglesia Río Seco. Fuente: Autor 181
- Imagen 4.19. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 182
- Imagen 4.20. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 182
- Imagen 4.21. Día Tipo Octubre, Temperatura. Fuente: Autor.. 182
- Imagen 4.22. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 183
- Imagen 4.23. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 184
- Imagen 4.24. Día Tipo Febrero, Humedad. Fuente: Autor 184
- Imagen 4.25. Día Tipo Octubre, Humedad. Fuente: Autor..... 184
- Imagen 4.26. Día Tipo Febrero, humedad. Fuente: Autor..... 185
- Imagen 4.27. Ficha Técnica Iglesia Rosario. Fuente: Autor 186
- Imagen 4.28. Levantamiento arquitectónico Iglesia Rosario. Fuente: Autor 186
- Imagen 4.29. Despliegue de superficies de cerramiento. Fuente: Autor 187
- Imagen 4.30. Volumen de aire espacio principal, Iglesia Rosario. Fuente: Autor 187
- Imagen 4.31. Relación entre superficie y aberturas, Iglesia Rosario. Fuente: Autor 187
- Imagen 4.32. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 188
- Imagen 4.33. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 188
- Imagen 4.34. Día Tipo Octubre, Temperatura. Fuente: Autor.. 188
- Imagen 4.35. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 189
- Imagen 4.36. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 190
- Imagen 4.37. Día Tipo Febrero, Humedad. Fuente: Autor 190
- Imagen 4.38. Día Tipo Octubre, Humedad. Fuente: Autor..... 190
- Imagen 4.39. Día Tipo Febrero, humedad. Fuente: Autor..... 191
- Imagen 4.40. Ficha Técnica I. Loma Larga. Fuente: Autor 192
- Imagen 4.41. Levantamiento arquitectónico Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor 192
- Imagen 4.42. Despliegue de superficies de cerramiento, Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor 193
- Imagen 4.43. Volumen de aire espacio principal, Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor 193
- Imagen 4.44. Relación entre superficie y aberturas, Iglesia Loma Larga. Fuente: Autor 193
- Imagen 4.45. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 194
- Imagen 4.46. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 194
- Imagen 4.47. Día Tipo Octubre, Temperatura. Fuente: Autor.. 194
- Imagen 4.48. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 195
- Imagen 4.49. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 196
- Imagen 4.50. Día Tipo Febrero, Humedad. Fuente: Autor 196
- Imagen 4.51. Día Tipo Octubre, Humedad. Fuente: Autor..... 196
- Imagen 4.52. Día Tipo Febrero, humedad. Fuente: Autor..... 197
- Imagen 4.53. Ficha Técnica I. San Antonio. Fuente: Autor..... 198
- Imagen 4.54. Levantamiento arquitectónico Iglesia San Antonio. Fuente: Autor 198
- Imagen 4.55. Despliegue de superficies de cerramiento, Iglesia San Antonio. Fuente: Autor 199
- Imagen 4.56. Volumen de aire espacio principal, Iglesia San Antonio. Fuente: Autor 199
- Imagen 4.57. Relación entre superficie y aberturas, Iglesia San Antonio. Fuente: Autor 199
- Imagen 4.58. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 200
- Imagen 4.59. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 200
- Imagen 4.60. Día Tipo Octubre, Temperatura. Fuente: Autor.. 200
- Imagen 4.61. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 201
- Imagen 4.62. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 202
- Imagen 4.63. Día Tipo Febrero, Humedad. Fuente: Autor 202
- Imagen 4.64. Día Tipo Octubre, Humedad. Fuente: Autor..... 202
- Imagen 4.65. Día Tipo Febrero, humedad. Fuente: Autor..... 203
- Imagen 4.66. Ficha Técnica Iglesia La Pastora. Fuente: Autor204
- Imagen 4.67. Levantamiento arquitectónico Iglesia La Pastora. Fuente: Autor 204
- Imagen 4.68. Despliegue de superficies de cerramiento, Iglesia La Pastora. Fuente: Autor 205
- Imagen 4.69. Volumen de aire espacio principal, Iglesia La Pastora. Fuente: Autor 205
- Imagen 4.70. Relación entre superficie y aberturas, Iglesia La Pastora. Fuente: Autor 205
- Imagen 4.71. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 206
- Imagen 4.72. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 206
- Imagen 4.73. Día Tipo Octubre, Temperatura. Fuente: Autor.. 206
- Imagen 4.74. Día Tipo Febrero, Temperatura. Fuente: Autor .. 207
- Imagen 4.75. Ubicación de hobos. Fuente: Autor 208
- Imagen 4.76. Día Tipo Febrero, Humedad. Fuente: Autor 208
- Imagen 4.77. Día Tipo Octubre, Humedad. Fuente: Autor..... 208
- Imagen 4.78. Día Tipo Febrero, humedad. Fuente: Autor..... 209

CAPÍTULO 5

- Imagen 5.1. Gráficos comparativos de temperatura Z1 Febrero. Fuente: Autor 222
- Imagen 5.2. Gráficos comparativos de temperatura Z1 Febrero. Fuente: Autor 222
- Imagen 5.3. Gráficos comparativos de humedad Z1 Febrero. Fuente: Autor 223
- Imagen 5.4. Gráficos comparativos de humedad Z1 Febrero. Fuente: Autor 223
- Imagen 5.5. Gráficos comparativos de temperatura Z2 Febrero. Fuente: Autor 224
- Imagen 5.6. Gráficos comparativos de temperatura Z2 Febrero. Fuente: Autor 224
- Imagen 5.7. Gráficos comparativos de humedad Z2 Febrero. Fuente: Autor 225
- Imagen 5.8. Gráficos comparativos de humedad Z2 Febrero. Fuente: Autor 225
- Imagen 5.9. Gráficos comparativos de temperatura Z3 Febrero. Fuente: Autor 226
- Imagen 5.10. Gráficos comparativos de temperatura Z3 Febrero. Fuente: Autor 226
- Imagen 5.11. Gráficos comparativos de humedad Z3 Febrero. Fuente: Autor 227
- Imagen 5.12. Gráficos comparativos de humedad Z3 Febrero. Fuente: Autor 227

CAPÍTULO 6

- Imagen 6.1. Volumen de aire Total. Fuente: Autor 232
- Imagen 6.2. Volumen de aire torre. Fuente: Autor 232
- Imagen 6.3. Volumen de aire Cubierta. Fuente: Autor 232
- Imagen 6.4. Volumen de aire Edificio. Fuente: Autor 232
- Imagen 6.6. índice de confort de fanger semana de febrero Iglesia de Guardia. Fuente: Autor 233
- Imagen 6.7. Temperatura del aire semana de octubre Iglesia de Guardia. Fuente: Autor 233
- Imagen 6.5. Temperatura del aire semana de febrero Iglesia de Guardia. Fuente: Autor 233
- Imagen 6.8. índice de confort de fanger semana de octubre Iglesia de Guardia. Fuente: Autor 233
- Imagen 6.9. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.G. Fuente: Autor 234
- Imagen 6.10. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.G. Fuente: Autor 234
- Imagen 6.11. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.G. Fuente: Autor 235
- Imagen 6.12. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.G. Fuente: Autor 235
- Imagen 6.13. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.G. Fuente: Autor 235
- Imagen 6.14. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.G. Fuente: Autor 235
- Imagen 6.15. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.G. Fuente: Autor 236
- Imagen 6.16. Balance térmico día tipo octubre V.aire cuerpo I.G. Fuente: Autor 236
- Imagen 6.17. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.G. Fuente: Autor 237
- Imagen 6.18. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.G. Fuente: Autor 237
- Imagen 6.19. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.G. Fuente: Autor 237
- Imagen 6.20. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.G. Fuente: Autor 237
- Imagen 6.21. Volumen de aire Total I.S. Fuente: Autor 238
- Imagen 6.22. Volumen de aire torre I.S. Fuente: Autor..... 238
- Imagen 6.23. Volumen de aire Cubierta I.S. Fuente: Autor..... 238
- Imagen 6.24. Volumen de aire Edificio I.S. Fuente: Autor 238
- Imagen 6.26. índice de confort de fanger semana de febrero I.S. Fuente: Autor 239
- Imagen 6.27. Temperatura del aire semana de octubre I.S. Fuente: Autor 239
- Imagen 6.28. índice de confort de fanger semana de octubre I.S. Fuente: Autor 239
- Imagen 6.25. Temperatura del aire semana de febrero I.S. Fuente: Autor 239
- Imagen 6.29. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.S. Fuente: Autor 240
- Imagen 6.30. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.S. Fuente: Autor 240
- Imagen 6.31. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.S. Fuente: Autor 241
- Imagen 6.32. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.S. Fuente: Autor 241
- Imagen 6.33. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.S. Fuente: Autor 241
- Imagen 6.34. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.S. Fuente: Autor 241
- Imagen 6.35. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.S. Fuente: Autor 242
- Imagen 6.36. Balance térmico día tipo octubre V.aire cuerpo I.S. Fuente: Autor 242
- Imagen 6.37. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.S. Fuente: Autor 243
- Imagen 6.38. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.S. Fuente: Autor 243

- Imagen 6.39. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.S. Fuente: Autor ... 243
- Imagen 6.40. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.S. Fuente: Autor ... 243
- Imagen 6.41. Volumen de aire Total I.R. Fuente: Autor ... 244
- Imagen 6.42. Volumen de aire torre I.R. Fuente: Autor ... 244
- Imagen 6.43. Volumen de aire Cubierta I.R. Fuente: Autor ... 244
- Imagen 6.44. Volumen de aire Edificio I.R. Fuente: Autor ... 244
- Imagen 6.48. índice de confort de fanger semana de octubre I.R. Fuente: Autor ... 245
- Imagen 6.45. Temperatura del aire semana de febrero I.R. Fuente: Autor ... 245
- Imagen 6.46. índice de confort de fanger semana de febrero I.R. Fuente: Autor ... 245
- Imagen 6.47. Temperatura del aire semana de octubre I.R. Fuente: Autor ... 245
- Imagen 6.49. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.R. Fuente: Autor ... 246
- Imagen 6.50. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.R. Fuente: Autor ... 246
- Imagen 6.51. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.R. Fuente: Autor ... 247
- Imagen 6.52. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.R. Fuente: Autor ... 247
- Imagen 6.53. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.R. Fuente: Autor ... 247
- Imagen 6.54. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.R. Fuente: Autor ... 247
- Imagen 6.55. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.R. Fuente: Autor ... 248
- Imagen 6.56. Balance térmico día tipo octubre V.aire cuerpo I.R. Fuente: Autor ... 248
- Imagen 6.57. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.R. Fuente: Autor ... 249
- Imagen 6.58. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.R. Fuente: Autor ... 249
- Imagen 6.59. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.R. Fuente: Autor ... 249
- Imagen 6.60. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.R. Fuente: Autor ... 249
- Imagen 6.61. Volumen de aire Total I.L. Fuente: Autor ... 250
- Imagen 6.62. Volumen de aire torre I.L. Fuente: Autor ... 250
- Imagen 6.63. Volumen de aire Cubierta I.L. Fuente: Autor ... 250
- Imagen 6.64. Volumen de aire Edificio I.L. Fuente: Autor ... 250
- Imagen 6.66. índice de confort de fanger semana de febrero I.L. Fuente: Autor ... 251
- Imagen 6.68. índice de confort de fanger semana de octubre I.L. Fuente: Autor ... 251
- Imagen 6.65. Temperatura del aire semana de febrero I.L. Fuente: Autor ... 251
- Imagen 6.67. Temperatura del aire semana de octubre I.L. Fuente: Autor ... 251
- Imagen 6.69. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.L. Fuente: Autor ... 252
- Imagen 6.70. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.L. Fuente: Autor ... 252
- Imagen 6.71. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.L. Fuente: Autor ... 253
- Imagen 6.72. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.L. Fuente: Autor ... 253
- Imagen 6.73. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.L. Fuente: Autor ... 253
- Imagen 6.74. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.L. Fuente: Autor ... 253
- Imagen 6.75. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.L. Fuente: Autor ... 254
- Imagen 6.76. Balance térmico día tipo octubre V.aire cuerpo I.L. Fuente: Autor ... 254
- Imagen 6.77. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.L. Fuente: Autor ... 255
- Imagen 6.78. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.L. Fuente: Autor ... 255
- Imagen 6.79. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.L. Fuente: Autor ... 255
- Imagen 6.80. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.L. Fuente: Autor ... 255
- Imagen 6.81. Volumen de aire Total I.A. Fuente: Autor ... 256
- Imagen 6.82. Volumen de aire torre I.A. Fuente: Autor ... 256
- Imagen 6.83. Volumen de aire Cubierta I.A. Fuente: Autor ... 256
- Imagen 6.84. Volumen de aire Edificio I.A. Fuente: Autor ... 256
- Imagen 6.86. índice de confort de fanger semana de febrero I.A. Fuente: Autor ... 257
- Imagen 6.88. índice de confort de fanger semana de octubre I.A. Fuente: Autor ... 257
- Imagen 6.85. Temperatura del aire semana de febrero I.A. Fuente: Autor ... 257
- Imagen 6.87. Temperatura del aire semana de octubre I.A. Fuente: Autor ... 257
- Imagen 6.89. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.A. Fuente: Autor ... 258
- Imagen 6.90. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.A. Fuente: Autor ... 258
- Imagen 6.91. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.A. Fuente: Autor ... 259
- Imagen 6.92. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.A. Fuente: Autor ... 259
- Imagen 6.93. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.a. Fuente: Autor ... 259
- Imagen 6.94. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire torre I.A. Fuente: Autor ... 259
- Imagen 6.95. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.A. Fuente: Autor ... 260
- Imagen 6.96. Balance térmico día tipo octubre V.aire cuerpo I.A. Fuente: Autor ... 260
- Imagen 6.97. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.A. Fuente: Autor ... 261
- Imagen 6.98. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.A. Fuente: Autor ... 261
- Imagen 6.99. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.A. Fuente: Autor ... 261
- Imagen 6.100. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire torre I.A. Fuente: Autor ... 261
- Imagen 6.101. Volumen de aire Total I.P. Fuente: Autor ... 262
- Imagen 6.102. Volumen de aire Cubierta I.P. Fuente: Autor ... 262
- Imagen 6.103. Volumen de aire Edificio I.P. Fuente: Autor ... 262
- Imagen 6.105. índice de confort de fanger semana de febrero I.P. Fuente: Autor ... 263
- Imagen 6.106. índice de confort de fanger semana de octubre I.P. Fuente: Autor ... 263
- Imagen 6.104. Temperatura del aire semana de febrero I.P. Fuente: Autor ... 263
- Imagen 6.107. Temperatura del aire semana de octubre I.P. Fuente: Autor ... 263
- Imagen 6.108. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.P. Fuente: Autor ... 265
- Imagen 6.110. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.P. Fuente: Autor ... 265
- Imagen 6.111. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.P. Fuente: Autor ... 265
- Imagen 6.109. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.P. Fuente: Autor ... 265
- Imagen 6.112. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.P. Fuente: Autor ... 266
- Imagen 6.115. Balance térmico día tipo octubre V.aire cuerpo I.P. Fuente: Autor ... 266
- Imagen 6.113. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.P. Fuente: Autor ... 266
- Imagen 6.114. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cubierta I.P. Fuente: Autor ... 266
- Imagen 6.116. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.G sin modificar. Fuente: Autor ... 269
- Imagen 6.117. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.G Modificada. Fuente: Autor ... 269
- Imagen 6.118. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.G sin modificar. Fuente: Autor ... 269
- Imagen 6.119. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.G Modificada. Fuente: Autor ... 269
- Imagen 6.120. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.S sin modificar. Fuente: Autor ... 271
- Imagen 6.121. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.S Modificada. Fuente: Autor ... 271
- Imagen 6.122. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.S sin modificar. Fuente: Autor ... 271
- Imagen 6.123. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.S Modificada. Fuente: Autor ... 271
- Imagen 6.124. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.R sin modificar. Fuente: Autor ... 273
- Imagen 6.125. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.R Modificada. Fuente: Autor ... 273
- Imagen 6.126. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.R sin modificar. Fuente: Autor ... 273
- Imagen 6.127. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.R Modificada. Fuente: Autor ... 273
- Imagen 6.128. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.L sin modificar. Fuente: Autor ... 275
- Imagen 6.129. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.L Modificada. Fuente: Autor ... 275
- Imagen 6.130. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.L sin modificar. Fuente: Autor ... 275
- Imagen 6.131. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.L Modificada. Fuente: Autor ... 275
- Imagen 6.132. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.A. Fuente: Autor ... 277
- Imagen 6.133. Temperatura del aire día tipo octubre V.aire cuerpo I.A. modificada Fuente: Autor ... 277
- Imagen 6.134. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.A. Fuente: Autor ... 277
- Imagen 6.135. Confort día tipo octubre V.aire cuerpo I.A. modificada. Fuente: Autor ... 277
- Imagen 6.136. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cuerpo I.P sin modificar. Fuente: Autor ... 279
- Imagen 6.137. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.P Modificada. Fuente: Autor ... 279
- Imagen 6.139. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.P sin modificar. Fuente: Autor ... 279
- Imagen 6.138. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.P Modificada. Fuente: Autor ... 279
- Imagen 6.140. Temperatura día tipo febrero V.aire cuerpo I.g CON PERSONAS . Fuente: Autor ... 280
- Imagen 6.141. Balance térmico día tipo febrero V.aire cuerpo I.G con personas. Fuente: Autor ... 280
- Imagen 6.142. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.G CON PERSONAS. Fuente: Autor ... 280
- Imagen 6.144. Temperatura del aire día tipo febrero V.aire cubierta I.P Modificada. Fuente: Autor ... 281
- Imagen 6.145. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.P Modificada. Fuente: Autor ... 281
- Imagen 6.143. Confort día tipo febrero V.aire cuerpo I.P sin modificar. Fuente: Autor ... 281

C1

C1 C2 C3 C4 C5 C6

C1. INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia gran cantidad de estrategias espaciales han sido explotadas en el diseño del hábitat humano. Éstas han surgido como respuesta a diferentes necesidades que se han presentado en un lugar específico, un tiempo determinado y dirigidas a una cultura particular. Sin embargo, siempre ha existido una premisa imprescindible entre todas ellas: proteger al hombre de las condiciones adversas del ambiente, con la finalidad de generar condiciones habitables, saludables y confortables para vivir.

La existencia de la arquitectura se debe en sí a la presencia de las condiciones del ambiente exterior, ya que es debido a éstas que el hombre ha tenido la necesidad de refugiarse en busca del confort y de una mejora en su calidad de vida. El refugio se ha convertido en la defensa más elaborada contra la gran variedad de climas y a medida que ha evolucionado se ha diversificado con ingenio.

La arquitectura del siglo 20 comenzó como una celebración de la Era de la Industria y la Tecnología. Como lo proclamó Le Corbusier en 1923, fue el nacimiento de una "Nueva Época" en donde se veía en la Industria la oportunidad de adquirir nuevas herramientas para trabajar y diseñar. Sin embargo, gradualmente se fue perdiendo la relación intrínseca y esencial entre el ser humano y su entorno, en donde el manejo desmedido de las "nuevas herramientas" se convirtió en un enemigo de la naturaleza y en uno de los problemas principales de magnitud global que actualmente debe ser revertido, o al menos modificado radicalmente para la sobrevivencia humana.

> *"La arquitectura de hoy en día, supuestamente al servicio del hombre, ignora que la necesidad fundamental de albergue de éste no ha variado en el tiempo. En efecto, protegerse de las condiciones ambientales adversas ha sido la premisa fundamental del hábitat del hombre desde sus primeras manifestaciones"* [1]

La utilización de la energía en la arquitectura y el urbanismo ha tenido un gran impacto. En particular, en los últimos 50 años se ha malgastado una gran cantidad de energía en las edificaciones e infraestructura para iluminar, ventilar, climatizar y energizar los espacios. Esto debido a que el prototipo de arquitectura actual es un edificio aislado, cerrado a la interacción con el ambiente exterior y limitado a la utilización de combustibles fósiles.

> *"La construcción de refugio consume una sexta parte del suministro de agua potable mundial, una cuarta parte de su cosecha de madera, dos quintas partes de sus combustibles fósiles y materiales manufacturados. Por esta razón, la arquitectura se ha convertido en uno de los objetivos principales de la reforma ecológica."* [2]

La expresión arquitectónica de las fachadas no varía mucho respecto al lugar en el que se sitúe, encontrando diseños considerablemente similares en diversos sitios del mundo. Existe un conflicto entre la expresión arquitectónica universal de la globalización y el idioma específico de una región, el cual está basado en la cultura local y las condiciones climáticas. Se ha ignorado que responder a las necesidades locales y específicas de un lugar brinda identidad a las personas que lo habitan de manera individual y como una comunidad.

> *"El tipo de clima, junto con la herencia racial y el desarrollo cultural, constituyen uno de los tres principales factores que determinan las condiciones de la civilización. De acuerdo con su teoría, el hombre, que aparentemente es capaz de vivir en cualquier lugar donde pueda obtener alimento, solamente puede alcanzar el mayor desarrollo de su energía física y mental en condiciones estrictamente limitadas."* [3]

Después de años de industrialización, el mundo se encuentra en una etapa de revaloración, donde el objetivo primordial es buscar la personalización de los espacios. En la actualidad, lo fundamental en el diseño debe ser lograr condiciones de confort ambiental para los ocupantes de las edificaciones, así como ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía, preservando y mejorando el ambiente y la calidad de vida del hombre y sus futuras generaciones. Dependiendo de la sociedad, así va a ser la manera en que se quiera vivir y el tipo de vivienda que se quiera desarrollar. Por esta razón, utilizar el clima como una herramienta para diseñar una edificación es una necesidad.

Existen diferentes metodologías y herramientas para diseñar con el clima, debido a la gran cantidad de factores que deben ser tomados en cuenta. Lo más recomendable es utilizar métodos de estudio climático en las etapas tempranas de diseño, para poder prever el comportamiento de los edificios. Sin embargo, los análisis realizados durante el pre-diseño en Costa Rica son superficiales y pocas veces reciben la importancia que merecen. Como consecuencia de esta situación, surge la necesidad de readaptación de los edificios existentes, que en su diseño no tomaron en cuenta los factores exteriores y se ven en la obligación de generar modificaciones para lograr el confort de los usuarios.

Por esta razón, el presente trabajo busca plantear un entendimiento alternativo de la relación entre el ser humano, el edificio y su entorno por medio del diseño e implementación de una metodología para el análisis del ambiente climático interior y exterior de edificaciones existentes en tres zonas de vida de Costa Rica. El método busca utilizar principalmente herramientas digitales para la simulación energética, basado en el estudio previo del comportamiento real del edificio y el efecto que pueden tener posibles modificaciones sobre el mismo.

Se utilizará como parámetro primordial el clima de las tres zonas de vida, ya que mediante la manipulación de datos y variables climáticas, se obtendrá un punto de partida fundamentado en la naturaleza que busca el genuino bienestar del ser humano, el confort. Todo lo anterior, con la intención de encontrar una respuesta más congruente a la sociedad y el hábitat de Costa Rica.

1 Fuente: García Chávez, Fuentes Freixanet: VIENTO Y ARQUITECTURA. EL VIENTO COMO FACTOR DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO, Editorial Trillas S.A, México DF, México, 1995.

2 Fuente: Wines, James. GREEN ARCHITECTURE, Editorial Taschen, 2000.

3 Fuente: Huntingtong, Ellworth. THE HUMAN HABITAT, Van Nostrand Co. Princeton, New York, 1927.

2.0 PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN

Existen dos métodos de zonificación según la variabilidad climática existente en el país: (i) la subdivisión del territorio según el Instituto Meteorológico Nacional y (ii) la clasificación de zonas de vida según Leslie Holdridge.

En la primera, la precipitación, la altura y orientación de las montañas, así como los vientos predominantes y la influencia de los océanos, permiten diferenciar siete grandes regiones climáticas. A su vez, cada una de ellas se divide en subregiones, ya que por las condiciones locales el comportamiento del clima no es igual en toda la región. La segunda nos muestra distintas zonas de vida basadas en pequeños ecosistemas o asociaciones vegetales que comparten rangos de temperatura, precipitación y humedad. Mediante este sistema, en Costa Rica existen 12 zonas de vida y 12 zonas de transición.

Cualquiera que sea el método a utilizar, es innegable la pluralidad bioclimática con la que cuenta Costa Rica debido a su ubicación geográfica y la amplitud altitudinal de su territorio. Sin embargo, a pesar de esta diversidad, el diseño de las edificaciones alrededor del país es muy similar.

> "Ha habido una tendencia prevaleciente a ignorar las diferencias climáticas que existen entre la Meseta Central y las regiones costeras para el diseño de los edificios. Se observa el mismo diseño a todo el largo del país" [1]

El problema principal es que en Costa Rica no existe un desarrollo significativo del diseño bioclimático en comparación a la variedad climática existente. La diversificación de la arquitectura costarricense por zona de vida no es considerable (ver imagen 1.1 y 1.2). Las edificaciones no corresponden ambientalmente a las características del lugar, por lo que los usuarios terminan introduciendo sistemas artificiales de control ambiental como el aire acondicionado. Esta realidad no es beneficiosa para el problema energético, el desarrollo ecológico del país y la calidad de vida que gozan sus habitantes, ya que lo que busca es aplicar condiciones estándar para todos los lugares y las actividades, lo cual genera la pérdida de la identidad regional, el aislamiento, la falta de confort y una relación limitada con el ambiente exterior.

> *"La tendencia a homogenizar las diferencias regionales, tal como se expresan en el diseño de edificios, ha ido ganando terreno en los últimos tiempos (...) Esto es lamentable en dos sentidos. Primero, la pérdida de un sentido de la identidad regional representa una pérdida de parte de la cultura de una región, que puede significar la pérdida de ingresos turísticos (para que ir a una ciudad que luce como cualquier otra). Segundo, uno de los factores que definen una arquitectura regional es su respuesta al clima local."* [2]

La disciplina arquitectónica de Costa Rica se encuentra muy atrasada en este campo. Se han realizado algunos esfuerzos para mejorar la manera de diseñar y construir con el clima; sin embargo, éstos son mínimos al compararse con las prácticas que continúan aplicando: mismas formas de construir, tácticas y materiales. Se siguen implementando los mismos métodos sin importar la zona en que se encuentre el proyecto, los recursos disponibles, el clima del lugar y su identidad. Es tiempo de detenerse y realizar un análisis de lo que existe hasta el momento y cómo se puede mejorar. Es necesario lograr una mayor versatilidad en la arquitectura: si el ambiente cambia, también la sociedad y la manera de vivir deben cambiar.

Sin embargo, la solución no consiste solo en tomar en cuenta las condiciones del entorno para diseñar las futuras edificaciones, sino encontrar una manera de poder reacondicionar aquella ya existentes, que no se adaptan al sitio donde se encuentran y a sus usuarios. De esta manera, esta investigación propone un método para el estudio del comportamiento climatico actual en edificios existentes. En este caso, es aplicado a seis edificaciones existentes en tres zonas de vida de Costa Rica. Mediante su análisis, se busca entender la relación entre el clima y el edificio, determinando cuál es la forma de lograr una mayor sensación de bienestar y confort interno en cada una.

Es importante mencionar además, que se busca el fomento del diseño asistido por computador con énfasis en herramientas de simulación de energía. Por medio de este estudio se pueden lograr planteamientos que sean aplicables a otras regiones con requerimientos y características medioambientales similares, sin necesidad de repetir el mismo proceso y el mismo diseño.

1 Fuente: Arq. Jerry L. Germer: ESTRATEGIAS PASIVAS PARA COSTA RICA: UNA APLICACIÓN REGIONAL DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO, Heredia, Costa Rica, 1983.

2 Fuente: Arq. Jerry L. Germer: ESTRATEGIAS PASIVAS PARA COSTA RICA: UNA APLICACIÓN REGIONAL DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO, Heredia, Costa Rica, 1983.

IMAGEN 1.1. VIVIENDA EN GUARDIA, LIBERIA. Fuente: Autor

IMAGEN 1.2. VIVIENDA UBICADA EN SAN ANTONIO, TURRIALBA. Fuente: Autor

3.0 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una metodología para analizar el comportamiento de edificios existentes en respuesta a variables climáticas y geográficas específicas, mediante el uso de simulaciones termodinámicas digitales que permitan modificaciones para mejorar el confort interno.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1-Desarrollar un diagnóstico descriptivo por escalas del entorno geográfico y climático de cada caso de estudio por medio de la recopilación, análisis y comparación de datos.

2-Elaborar y calibrar el modelo computarizado de cada edificación de estudio, con el fin de establecer un parámetro de relación entre el ambiente real y el ambiente digital.

3-Realizar simulaciones de energía para estudiar la conducta del clima interior y mejorar las condiciones de confort en cada edificación mediante la modificación de variables específicas.

4.0 MARCO TEÓRICO

4.1 SISTEMAS DE CERRAMIENTO EN ARQUITECTURA

4.1.1 DEFINICIÓN

Una edificación está compuesta por una variedad de sistemas. Éstos pueden ser clasificados como pasivos o activos, según su funcionamiento. Los sistemas pasivos son aquellos que desempeñan su función estipulada mediante el uso de las propiedades de sus componentes, sin necesidad de equipo alguno (Ej. ventilación natural). Por otro lado, los sistemas activos son aquellos que se asocian con el uso de equipo mecánico, eléctrico y electrónico para poder desempeñar la función concebida. (Ej. aire acondicionado).

El sistema de cerramiento, conocido también como la envolvente, es un sistema primario pasivo que tiene una serie de requerimientos principales como el control de flujo de aire, control de flujo de vapor de agua, penetración de la lluvia y de la luz, control solar, control del ruido y del fuego, proveer rigidez, ser durable, ser estéticamente placentero, ser económico (Hutcheo, 1968)[1] . También, los cerramientos son un medio físico que separa el interior y el exterior de un edificio. Éstos delimitan el espacio arquitectónico y acondicionan los lugares para que puedan cumplir las funciones para las que fueron creados.

Asimismo, funcionan como un caparazón exterior que regula el ambiente interno de la edificación en relación con las condiciones externas y, consecuentemente, el confort de los usuarios. En otras palabras, facilitan su control climático. Por esta razón, es de vital importancia tener conocimiento sobre las condiciones climáticas de la región donde se construye, ya que de esta manera se pueden evaluar las necesidades del cerramiento a implementar.

4.1.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Los primeros cerramientos en edificios eran estructuras en forma de cúpula que combinaban las paredes y la cubierta como las cuevas, que daban un grado de privacidad y seguridad (figura 1.3.1). Sin embargo, en una etapa temprana, las dos formas dominantes de cerramiento evolucionaron, dependiendo del clima y los materiales disponibles: el marco de madera y la pared de mampostería (figura 1,3.2 y figura 1.3.3). Los primeros refugios en los climas cálidos de África y Asia utilizaron marcos de madera o bambú vestido con hojas o textiles tejidos. En otras regiones con climas más pesados, materiales indígenas como la piedra, roca y el barro cocinado por el sol fueron utilizados para proveer un refugio más permanente y protección del calor y el frio (figura 1.3.4).

Las funciones de las paredes se han mantenido casi iguales desde los tiempos medievales hasta el día de hoy: protección del interior y seguridad para sus ocupantes. Sin embargo, las expectativas han aumentado, tanto en términos del desempeño, como la habilidad para controlar el impacto del agua, la temperatura, la luz y el ambiente exterior. Dependiendo de la estructura de la sociedad y la economía, esas necesidades, el grado de permanencia, la escala y la variedad de los cerramientos puede variar considerablemente.

Comparado a las paredes de estos días, los muros medievales o renacentistas fueron simples. Inicialmente el muro fue de un material homogéneo, igual en el interior y el exterior. Después se adornó un poco: al exterior piedra o mármol con cortes precisos y en el interior se le agregaba un revestimiento liso.

Tan pronto como el muro estructural se enfrenta con diferentes materiales de acabado, emergió la capacidad de desempeñar varias funciones. La separación de la estructura y la fachada crearon la pared de capas exterior de la actualidad. La estructura puede ser de un material muy distinto a lo que se escoja para la fachada, tomando en cuenta que ésta debe dar protección del clima.

El gran cambio en el concepto de la pared y el verdadero inicio del concepto actual de cerramiento (envolvente), ocurrió con la invención del marco de acero (y después, el concreto armado) en el siglo XIX. Sin embargo, por varias décadas los marcos de acero se encerraban dentro de paredes de mampostería y los edificios continuaban diseñados en estilos góticos o renacentistas. La revolución de arquitectura moderna a principios del siglo XX cambio esta situación ya que las oficinas construidas con marcos de acero o concreto y grandes cortinas de vidrio y metal se convirtieron en el nuevo estilo mundial vernacular para grandes edificios comerciales e institucionales. El muro se convirtió en una pantalla no estructural y ya no soportaba las cargas de plantas superiores y del techo, perdió los

IMAGEN 1.3. PASOS EN LA EVOLUCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS EN EDIFICACIONES. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: El autor.

1) Refugio con forma de domo en Etiopía, paredes y cubierta en un material. .2) Marco de madera y estructura en pendiente, Islas Solomón .3) Pared de mampostería, Machu Picchu, Perú .4) Viviendas de barro en Yemen, Rep. Arabia.

1 Hutcheo N. B. REQUIREMENTS FOR EXTERIOR WALLS, Canadian Building Digest,CBD-48, National Research Council, Division of Building Research,Canada, 1968. Traducción: El autor.

atributos de la masa pero ganó en proveer opciones de desempeño bioclimático.

La pared exterior se ha convertido en un importante tema en la ciencia de la construcción, en gran parte debido a su papel clave en el manejo de ganancia o pérdida de calor y la penetración de la humedad. Como resultado, el muro moderno se compone de una serie de “capas de desempeño”.

El rendimiento de cada capa es variable. Cada material puede cumplir un requisito diferente e incluso algunos materiales pueden desempeñar más de una función y su posición puede cambiar de acuerdo con el clima.

IMAGEN 1.4. CAPAS DE DESEMPEÑO EN UN PARED ANTIGUA. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: el autor

La pared antigua intenta proveer todas las funciones del cerramiento con un material. Luego, se sumaron los acabados internos y externos a los muros.

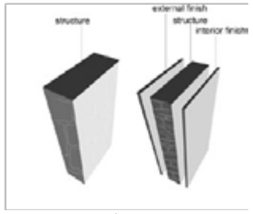
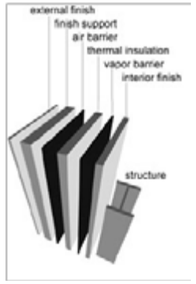


IMAGEN 1.5. CAPAS DE DESEMPEÑO ACTUALES. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: el autor



4.1.3 FUNCIÓN Y DESEMPEÑO

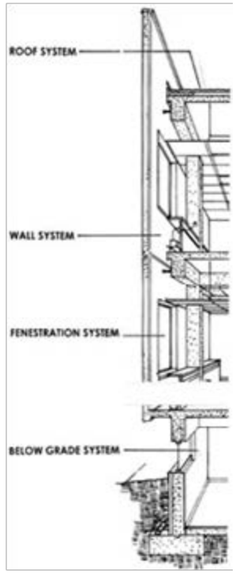
El diseño del sistema de cerramiento es muy complejo y muchos factores deben ser evaluados y equilibrados para obtener los niveles deseados de confort, así como seguridad, accesibilidad y estética. Entre los factores que determinan el desempeño y la eficiencia del cerramiento están:

- Integridad estructural: capacidad de soporte, lograr continuidad con el edificio, material a utilizar, durabilidad, etc.
- Constructibilidad: Dimensiones, proceso de fabricación, conexiones e interacciones
- Movimiento: acomodarse a distintas posiciones, según variaciones específicas
- Protección física del tiempo y el clima.
- Control de humedad: resistir la condensación en las superficies internas
- Control de la temperatura: resistir o permitir la transferencia térmica
- Control de la acústica: atenuar la transmisión de sonido
- Resistir la penetración del agua
- Seguridad contra incendios: proveer resistencia al fuego y al humo
- Seguridad: proteger a los ocupantes de amenazas exteriores.
- Control de los límites de presión de aire (ventilación)
- Calidad del aire en el interior
- Iluminación natural
- Perímetro visual del entorno
- Mantenimiento del sistema
- Eficiencia energética

4.1.4 CLASIFICACIÓN

La envolvente la componen un conjunto de sistemas individuales: piso, cubierta, tragaluces, paredes, pieles, puertas y ventana. La integración de estos sistemas es crítica en el control del confort interno durante todo el año. Aquí juegan un papel importante los materiales, ya que pueden ser ensamblados de múltiples maneras para formar diferentes tipos de envolventes y dependiendo de cómo se desarrollen estos acoples, así va a ser el nivel de desempeño que resulte.

IMAGEN 1.6. CONJUNTO DE ALGUNOS SISTEMAS INDIVIDUALES QUE COMPONEN UN CERRAMIENTO. Fuente: BUILDING ENVELOPE DESIGN GUIDE, Obtenido en http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php el 10/01/2011. Traducción: el autor



Cerramientos superiores inclinados de ubicación interior-exterior: También llamados cubierta o techo. La mayoría son estructurales y opacos. Presentan dimensiones horizontales mucho mayores que su espesor. De esta manera, el plano horizontal tiene consideraciones importantes ya que es el que recibe mayor radiación directa durante el año. En cuanto a las condiciones térmicas, es importante lograr una buena aislación que trabaje en ambos sentidos según la época y el sitio; es decir, que aísle el calor que intenta entrar en verano y el que intenta salir en invierno. En los climas lluviosos y húmedos como el de Costa Rica, es importante que la cubierta funcione como una barrera impermeable que proteja el interior de las aguas pluviales. Para esto, se presta atención a las juntas entre piezas, acople con otros elementos y a los desagües. Estos cerramientos se realizan en gran cantidad de materiales: hormigón armado, hierro galvanizado, estructuras de acero, madera o concreto, teja, teja asfáltica, policarbonato celular, etc.

Cerramientos de ubicación inferior: Conocidos comúnmente como contrapisos (en contacto con el suelo) o entrepisos. Son las superficies inferiores horizontales que se utilizan para transitar en un espacio arquitectónico. Entre sus funciones está separar los espacios en diferentes niveles. Usualmente son soportados por vigas que se hallan debajo de la estructura. Deben brindar acondicionamientos acústico (materiales absorbentes si se habla de una edificación con varios niveles), térmico (depende de la conductividad del material), lumínico (vinculado a lo reflejante que sean las superficies mediante colores o texturas), de transitabilidad (dureza, resistencia al desgaste, antideslizante) y sanitario (superficies impermeables, de fácil limpieza). Se encuentran en el interior o en la intemperie, por lo que deben recibir algún tratamiento que les dé mayor protección.

Cerramientos de comunicación: son los que permiten ingresar en los espacios. Los vanos en los cerramientos establecen una comunicación (transitable o no) entre dos am-

bientes. Dentro de los vanos, se construyen las aberturas, unidades funcionales que se utilizan para abrirlo o cerrarlo, permitiendo iluminar, ventilar, visibilidad y paso. Dentro de estas aberturas entran las puertas y las ventanas. Se pueden fabricar con diversos materiales según la intención que se tenga. En el caso de las ventanas, las protecciones exteriores, la dimensión y el tipo de vidrio que se utilice juegan un papel importante. Dentro de los distintos tipos de aberturas, se pueden encontrar fijas o móviles a partir de un giro, ya sea de eje horizontal o vertical o bien por deslizamiento.

Cerramientos laterales de ubicación interior-exterior: Conocidos comúnmente como paredes o muros. Visibles desde el interior y el exterior, éstos le dan la expresión arquitectónica a la construcción como un todo. Andrea Deplazes los define en su libro Constructing Architecture Materials, Processes, Structures como:

> *"El muro es aquel borde visible de un espacio específico y el acuerdo común de respetar esta demarcación artificial como obligatoria y significativa(...) Como elemento arquitectónico independiente tiene la capacidad inherente de encerrar, definir-y de esta forma crear- espacio".*[2]

De esta manera, los cerramientos laterales son la respuesta a la necesidad de delimitar el espacio arquitectónico: establecen ambos límites internos y externos. En esencia, su existencia recae en la transición espacial y se encuentran inevitablemente unidos al piso y el cielo raso, o en caso contrario, a alguna estructura que les de soporte. Pueden estar conformados tanto por muros portantes como elementos independientes (vigas, pilares) que dan mayor libertad en el diseño y permiten vanos de un tamaño considerable.

Desde el exterior, la fachada es designada usualmente como la piel del edificio. Tiende a ser una cubierta superficial sobre el esqueleto estructural. La fachada cumple las funciones de soporte, aislamiento y protección. El aislamiento es para la regulación térmica de los espacios internos con respecto a los externos, en algunos casos en contra del calor o el frío, dependiendo de la situación geográfica y climática así como los requerimientos para el confort higrotérmico individual, que hace referencia a la temperatura, humedad, velocidad del aire y temperatura media radiante de las superficies.

Visto desde este punto de vista, la fachada es el componente más complejo de un edificio y se puede traducir en alta producción y costos de mantenimiento. El planteamiento y el desarrollo de una fachada requieren una coordinación inteligente del soporte de carga, aislamiento y protección para crear una eficiencia total del sistema.

Según el arquitecto Deplazes, existen dos sistemas de cerramientos laterales: los sistemas sintéticos y los sistemas complementarios. Los sistemas sintéticos cumplen con las funciones físicas y estructurales de la fachada por medio de una sola capa multifuncional. Un ejemplo típico de este sistema es una pared maciza de concreto. Sin embargo, es importante señalar que entre mayor sea el número de funciones dadas a una sola capa exterior-interior, es más difícil cambiar la apariencia de la fachada. Al combinar las funciones en una sola capa, el sistema estructural principal queda directamente impregnado en la apariencia de la fachada.

Por el contrario, en los sistemas complementarios las funciones físicas y estructurales son realizadas por diferentes capas, cada una con una propiedad particular. Ejemplo de esto son las construcciones con marcos de acero o madera, un aislamiento térmico interno y una capa exterior de revestimiento. Al descender la cantidad de funciones de la capa exterior, aumenta la libertad de diseño en la fachada.

Un factor que se vuelve valioso en el diseño de la capa exterior es el material. Éste debe escogerse según la disponibilidad, propiedades de la tecnología constructiva, propiedades térmicas, economía y sostenibilidad ecológica. Cada fachada está directamente expuesta a las acciones inmediatas del ambiente: sol, lluvia, nieve, cambios de temperatura, efectos químicos y mecánicos. Por esta razón, la durabilidad y mantenimiento del material son características importantes a considerar.

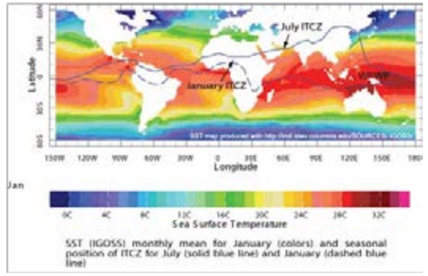
En el desarrollo de la fachada deben tomarse en cuenta otros conceptos importantes: (i) la división de la superficie, ya que los materiales en su mayoría vienen en módulos individuales que se acoplan unos con otros y las capas homogéneas son técnicamente posibles solo con ciertos materiales, (ii) la forma, la cual está determinada principalmente por las propiedades del material, el proceso de producción que tenga (manual, industrial o digital) y la logística, (iii) las uniones, que regulan la relación constructiva entre las partes individuales de la fachada y (iv) las aberturas, que surgen como una variación en las partes, en las uniones o en la composición del sistema de fachada y unen espacios por razones funcionales o visuales, estableciendo una relación entre los mismos. Todas estas características son de gran importancia dentro del desempeño bioclimático del cerramiento a diseñar, sobre todo las aberturas, ya que son las ventanas y las puertas las que permiten el paso de la radiación, iluminación, humedad y ventilación al interior.

4.2 EL CLIMA DE COSTA RICA

Costa Rica está localizada en la parte central del continente Americano, entre las coordenadas geográficas 08°30' y 11°15' latitud Norte y los meridianos 82°00' y 85°00' longitud Oeste. Pertenece a la Franja Tropical, es decir, entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio. Abarca una superficie de 51 100 km2 y limita al norte con Nicaragua, al sur y oeste con el Océano Pacífico, al este con el Océano Atlántico y al sureste con Panamá. Con dicha posición geográfica, el país se encuentra en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI). Ésta zona es un cinturón de baja presión que rodea al globo terrestre en la región ecuatorial y en ella confluyen los vientos alisios del sureste y del noreste. Debido a las altas temperaturas, las masas de aire son forzadas a ascender originando abundante nubosidad y fuertes precipitaciones. La ZCI no es uniforme ni continua, y su localización varía según el ciclo estacional, equinoccios y solsticios, siguiendo la posición del Sol en el cenit. Alcanza su posición máxima al norte cerca del 21 de junio y su posición más hacia el sur durante el mes de abril.

Existen diferentes criterios para regionalizar climática-

IMAGEN 1.7. MAPA DE LA ZONA DE CONVERGENCIA INTERTOPICAL (ZCIT).
Fuente: http://pages142.unibe.ch/about/national/indonesia/itcz.html el 23/04/2011



2 Fuente: Deplazes Andrea. CONSTRUCTING ARCHITECTURE. MATERIALS, PROCESSES STRUCTURES, A HANDBOOK. Segunda Edición, Birkhäuser Verlag, Basilea, Suiza. 2008.

mente el país como lo son la disposición de las montañas, llanuras y mesetas, la condición ístmica, la influencia oceánica y en general la interacción de factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos. Sin embargo, los factores climáticos más influyentes son la orografía y la condición interoceánica. De esta forma, la configuración del sistema montañoso central, con la orientación noroeste-sureste divide a Costa Rica en dos partes que se ven influenciadas cada una por ambos océanos y las variables climáticas correspondientes: la Vertiente Pacífica y la Vertiente Caribe.

La Vertiente Pacífica cuenta con un territorio de 26 585 km2 donde se encuentra una larga y variada planicie costera de colinas y valles. Esta zona comprende la parte Norte de la Península de Nicoya, Guanacaste y el Norte de la Provincia de Puntarenas. Al sur, la zona incluye la Península de Osa, EL Valle de El General y el Sur de la Provincia de Puntarenas. Cuenta con una red hídrica densa con marcado carácter estacional y un alto poder erosivo. El 51.1% del área está comprendida entre los 0 y 300 metros de altitud. La superficie restante, oscila entre los 300 metros y la divisoria de aguas.[3] Además, según el Instituto Meteorológico Nacional, cuenta con una época seca (diciembre a marzo) y una lluviosa (mayo a octubre).

Por su parte, la Vertiente Caribe cuenta con un territorio de 24 115 km2 en donde se encuentran las tierras bajas del Norte de las Provincias de Alajuela, Heredia y Limón. Existen varios ríos que atraviesan las llanuras costeras atlánticas, los cuales descienden de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, Cordillera de Tilarán, Cordillera Volcánica Central y Cordillera de Talamanca. El 51.2% del territorio de esta vertiente no alcanza los 300 metros de altitud; el restante oscila entre los 300 y los 3819 metros (ver figura 27). Al contrario de la Vertiente Pacífica, el régimen de esta vertiente no presenta una estación seca definida pues las lluvias se mantienen entre los 100 y 200 mm en los meses menos lluviosos, lo cual es una cantidad de lluvia considerable.

Debido a las diferencias altitudinales del sistema montañoso, los fenómenos atmosféricos que se originan en el Mar Caribe pueden afectar la Vertiente Pacífica y viceversa. En esta situación juegan un papel importante la gran cantidad de pasos que existen entre los principales volcanes.

Otro factor importante a considerar dentro del clima costarricense es la duración de la luz solar según la latitud media de 10 grados Norte. Esta situación le asegura posiciones elevadas del sol sobre el horizonte y una duración de la luz solar media de 12 horas. Los rayos solares, a mediodía (hora solar), alcanzan los 90 grados sobre el horizonte el 16 de abril y el 28 de agosto. El 21 de diciembre alcanzan la posición más baja (56 grados). El país goza de una iluminación poco variable durante todo el año. El día más corto es el solsticio de invierno (21 de diciembre) y el día más largo es el solsticio de verano (21 de junio).

4.2.1 ZONAS DE VIDA DE COSTA RICA

Existen diferentes clasificaciones climáticas del territorio nacional. Para efectos de esta investigación, se mencionará la sistematización según las zonas de vida de Leslie Holdridge.

El científico norteamericano L.R. Holdridge, después de trabajar seguidamente en varios países del trópico americano entre 1939 y 1946, concibió y propuso en 1947 el Sistema de Clasificación Ecológica de las Zonas de Vida del Mundo (Holdridge, 1947). En la naturaleza existen grupos de ecosistemas o asociaciones vegetales que comparten características similares como rangos de temperatura, precipitación y humedad. Por esta razón, se tiene la posibilidad de hacer grupos basados en estos parámetros climáticos. Estas agrupaciones fueron llamadas por Holdridge Zonas de Vida. Él las define de esta manera:

> *"La asociación se define aquí como un área con un ámbito definido de factores ambientales, la que, bajo condiciones naturales no alteradas, está ocupada por una comunidad típica de organismos; las comunidades de esas áreas deben ser, o deben haber sido, significativamente diferentes para mantener la asociación aparte del resto de asociaciones de la zona de vida."*[4]

El sistema de zonas de vida propuesto por Leslie Holdrige es uno de los sistemas de clasificación de bosques más utilizado. Como se mencionó anteriormente, tiene su fundamento en la relación existente entre el clima y la vegetación, basado en estudios a largo plazo de los patrones encontrados en variedad de lugares tropicales. Cada zona de vida representa un hábitat distintivo y al fin un estilo de vida diferente.

En su aplicación práctica, la Zona de Vida permite identificar un primer rango o nivel del bioclima global de un sector geográfico dado, incluyendo una actividad biológica

3 Fuente: Martínez, A.R. METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA ISTMO CENTROAMERICANO. Naciones Unidas, Consejo Económico y Social. Costa Rica. (1970)

4 Fuente: Leslie R. Holdridge: ECOLOGÍA BASADA EN ZONAS DE VIDA, quinta reimpresión por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José Costa Rica, 2000.

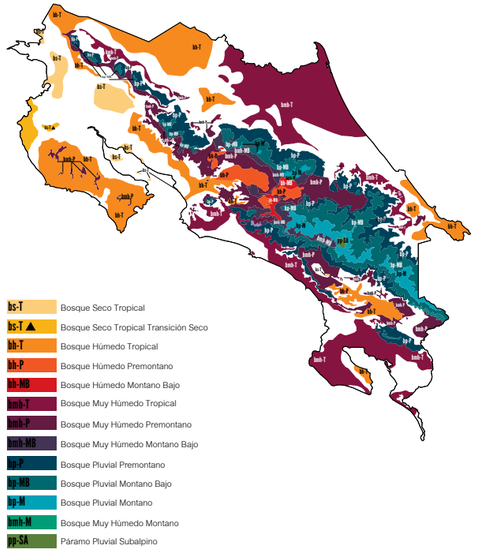
IMAGEN 1.8. TABLA PISOS ALTITUDINALES. Fuente: Centro Científico Tropical

PISO ALTITUDINAL	LÍMITES DE TEMPERATURA(C GRADOS CELSIUS)	RANGO ALTITUDINAL (MSNM)	ZONAS DE VIDA
BASAL	Más de 24 (21)	0-700 Según Región	Bosque seco Bosque Húmedo Bosque muy Húmedo
PREMONTANO	Ente 24-18 (26)	700-1400 Según Región	Bosque Húmedo Bosque muy Húmedo Bosque Pluvial
MONTANO BAJO	Entre 18-12 (11)	1400-2700	Bosque Húmedo Bosque muy Húmedo Bosque Pluvial
MONTANO	Entre 12-8 (13-5,5)	2400-3700	Bosque muy Húmedo Bosque Pluvial
SUBALPINO	Entre 6-3 (6,5-2,7)	2800-4000	Páramo Pluvial

general para dicho clima. Mediante este sistema, en Costa Rica existen 12 zonas de vida y 12 zonas de transición con base en factores ambientales como humedad, precipitación y temperatura. Estas zonas se encuentran distribuidas en pisos altitudinales: basal, premontano, montano bajo, montano y subalpino. (ver figura 35).

El sistema de clasificación se ha validado por medio de mapas de áreas del trópico, en donde, partiendo de datos meteorológicos y estableciendo la relación del clima con la vegetación y el patrón de uso de la tierra, se han realizado mapas de áreas semejantes. En el caso de Costa Rica, el Centro Científico Tropical es la entidad que desarrolló este mapa.

IMAGEN 1.9. MAPA ZONAS DE VIDA COSTA RICA. Fuente: Centro Científico Topical



4.3 DISEÑO BIOCLIMÁTICO

La arquitectura bioclimática ha existido siempre. En todas las épocas se puede encontrar una relación esencial entre el hombre, su espacio y el ambiente. Algunos consideran que el término "diseño bioclimático" es redundante, pues toda la arquitectura debe ser, por naturaleza, bioclimática. Sin embargo, lamentablemente esto no pasa de ser una utopía, ya que no se ha cumplido completamente en la práctica. Según la definición de Serra (1989), " la palabra bioclimática intenta recoger el interés que tiene la respuesta del hombre, el bios, como usuario de la arquitectura, frente al ambiente exterior, el clima, afectando ambos al mismo tiempo la forma arquitectónica. Por tanto, se trata de optimizar la relación hombre-clima mediante la forma arquitectónica". [5]

El análisis de las condiciones climáticas con fines arquitectónicos se puede realizar en dos niveles: macroclimatología (características del clima de una región) y microclimatología (características del clima de un lugar específico). Las variaciones del clima juegan un papel muy importante en la implantación arquitectónica. Estos factores pueden ser fácilmente modificados por la arquitectura y el diseño de exteriores mediante edificaciones, movimientos de tierra, cuerpos de agua o vegetación.

Otro punto importante dentro del diseño bioclimático es el aprovechamiento de los recursos disponibles para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía. Además, sin duda el principal objetivo en este tipo de diseño es lograr un ambiente interior cuyas condiciones se encuentren muy próximas a las de confort.

> " Es necesario aprender a ver la arquitectura no sólo como los muros, las fachadas o la cubierta, sino también como el espacio vital que fluye a través de ellos y a su alrededor. Para habitarla no basta que sea sólida y económica, debe ser saludable, agradable y responder al clima y sintetizar la experiencia constructiva de las generaciones que nos precedieron". [6]

4.4 CONFORT (SENSACIÓN INTEGRAL DE BIENESTAR)

El ASHRAE Standard 55 define confort como la condición de la mente en la cual expresa satisfacción con el acondicionamiento térmico ambiental. Sin embargo, algunas otras definiciones lo caracterizan como el estado ideal del hombre, que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente distracción alguna o molestia que lo perturbe física o mentalmente (Serra, 2001). Lo cierto es, que el confort depende de factores físicos, fisiológicos, sociológicos y psicológicos, en donde el cuerpo se siente satisfecho y no necesita luchar contra el frío, el calor, la humedad, el viento, el ruido y la incandescencia utilizando mecanismos propios de su cuerpo ya que se encuentra en completo equilibrio con el entorno.

Los sentidos estimulan el cerebro para producir una sensación de bienestar o disconfort. La sensación de bienestar de un espacio determinado resulta de la acción simultánea de varios estímulos. Con el fin de incorporar todos los factores que influyen se establece el concepto de Sensación Integral de Bienestar, el cual se encuentra compuesto por 4 componentes: confort higrotérmico, acústico, lumínico y olfativo. Sin embargo, de todos estos factores el más importante a tomar en cuenta es el confort higrotérmico, el cual se define como la situación en la que el trabajo de adaptación del organismo en las operaciones de dispersión del calor metabólico es mínimo.

El cuerpo humano produce calor continuamente debido a sus procesos metabólicos. La carga térmica que emana un cuerpo usualmente se toma como 100 W, pero puede variar de 70 W (dormido) hasta 700 W en un momento de mucho trabajo o actividad. Esta carga debe ser disipada al ambiente o sino la temperatura del cuerpo aumentará. Para lograr el balance térmico, la suma del calor metabólico producido y todos los intercambios de calor que realice el cuerpo (por conducción, convección, evaporación, radiación) debe ser igual a cero. Es importante tener en cuenta que el confort térmico busca esencialmente el equilibrio térmico entre el hombre y su medio.

El confort térmico es una de las necesidades físicas y biológicas básicas. Por lo tanto, se convierte en una de las variables más importantes a tomar en consideración para el reacondicionamiento bioclimático de edificaciones. Existen múltiples estudios sobre el mismo, en donde se han llegado a desarrollar fórmulas, tablas y gráficas que permiten hacer aproximaciones sobre posibles condiciones de confort térmico de un sitio con algunos datos de los factores y parámetros ambientales. Según Fanger, son seis los factores y parámetros que influyen de manera directa en la pérdida de calor del cuerpo humano, afectando el bienestar térmico: temperatura del aire, temperatura media radiante, humedad relativa, velocidad de aire, tasa metabólica y arropamiento.

5 Fuente: http://www.arqhys.com/contenidos/bioclimatica-arquitectura.html el 25/04/2011.

6 Rodríguez Viqueira, Manuel. INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA. Editorial Limusa S.A. México, 2001.

4.4.1 PARÁMETROS AMBIENTALES DEL CONFORT TÉRMICO

Son aquellas condiciones propias del lugar que inciden en las sensaciones de los ocupantes. Éstas tienen una influencia directa sobre las personas y las características físicas y ambientales de un espacio, sin importar el uso y las actividades que ahí se generen. Debido a que estos parámetros pueden ser medidos, se han determinado rangos y valores estándar dentro de los cuales se pueden mantener condiciones de confort para el individuo.

Temperatura del aire: Constituye uno de los parámetros principales para determinar el grado de confort térmico de un espacio y se define como al estado térmico del aire a la sombra. Se han establecido valores de temperatura de aire que se consideran como aceptables en el interior de diferentes espacios; sin embargo, estos pueden variar según el tipo de actividades que se realizan.

Humedad relativa: Otro de los parámetros de importancia para determinar el nivel de confort de un espacio es la humedad relativa. Ésta es entendida como la cantidad de agua que contiene el aire, por lo que si su valor es muy elevado en un día de calor puede evitar que las personas pierdan calor por evaporación de agua, afectando negativamente la sensación de confort. Si los valores son muy bajos, también hacen que el organismo responda negativamente, debido a que se deshidrata. Existen rangos de humedad considerados apropiados, al igual que la temperatura de aire, aunque suelen ser discutidos.

Temperatura radiante: es definida como la temperatura media irradiada por las superficies envolventes de un espacio a su interior. Debido a que el calor por radiación se intercambia cuando hay diferencia de temperaturas, generalmente de un cuerpo caliente a uno frío, la temperatura radiante de las paredes, el suelo y la cubierta en un espacio puede dar sensación de frío o calor a sus ocupantes sin importar la temperatura del aire contenido en el interior.

IMAGEN 1.10. VALORES EJEMPLARES DE CLO Y MET. Fuente: Víquez Álvaro, Mora Felipe, Flor Jan, Gonzales Marcela, Obando Moisés, Rodríguez Valeza (2011), DISEÑO DE LA ENVOLVENTE Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONFORT HIGROTÉRMICO, Seminario de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Arquitectura, San José, Costa Rica.

Velocidad del aire: La velocidad del aire produce corrientes que pueden ser aprovechadas para refrescar o calentar los espacios. Sin embargo, depende de las velocidades alcanzadas y de su procedencia, estas corrientes pueden ser un inconveniente también. Cuando la temperatura del aire está por debajo de la temperatura de la piel, la velocidad del aire provoca una pérdida de calor que genera una sensación de frescura. No obstante, si es al revés, el cuerpo tomará calor del aire. Además, ésta puede ayudar a reducir la humedad.

4.4.2 FACTORES AMBIENTALES DEL CONFORT TÉRMICO

Se constituyen como aquellas condiciones propias de los usuarios que determinan su respuesta al ambiente. Son independientes de las condiciones exteriores y se relacionan con las características biológicas, sociológicas, fisiológicas y psicológicas de los ocupantes.
Tasa metabólica (M): El metabolismo está relacionado con la capacidad del cuerpo humano de producir calor. La producción continua de energía es lo que se conoce como tasa metabólica, la cual corresponde a valores diferentes según una serie de variables como el nivel de actividad de la persona, la edad, el sexo, entre otras. Mediante diversos estudios sobre el nivel de actividad y el metabolismo se han establecido valores de gasto energético, por lo que se pueden encontrar algunas tablas que permiten un cálculo aproximado según la intensidad de trabajo, la posición y movimiento del cuerpo y las actividades específicas.

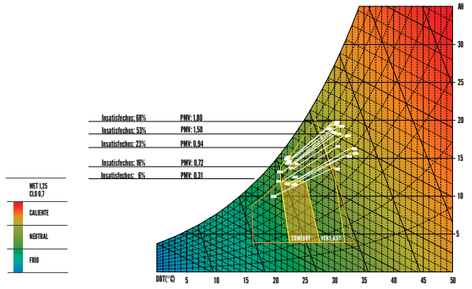
Arropamiento (Clo): La ropa incide en el equilibrio térmico entre una persona y el medio que lo rodea ya que es un factor de protección frente a la radiación solar, las bajas temperaturas y el viento. En cierta medida, produce un grado de aislamiento en el cuerpo. La unidad más utilizada para medir el nivel de arropamiento se conoce como clo, en donde 1 clo equivale al traje de oficinista. Se puede calcular si se conoce la vestimenta de una persona, ya que al sumar los valores Clo de cada prenda se tiene el nivel de arropamiento total. También se han elaborado tablas para las distintas prendas.
(Ver imagen 1.10)

Existen otros factores ambientales que influyen el confort térmico, entre éstos el peso, la edad, el color de la piel, la salud y la aclimatación de una persona. Sin embargo, de estos el peso es el único empleado en los cálculos de confort.

4.4.3 HERRAMIENTAS PARA EVALUAR EL CONFORT TÉRMICO

El estudio de ambientes térmicos ha permitido el desarrollo de diferentes índices y gráficas que buscan identificar la incidencia de los diferentes parámetros y factores sobre el

IMAGEN 1.11. ÁBACO PSICOMÉTRICO. Fuente: Autor

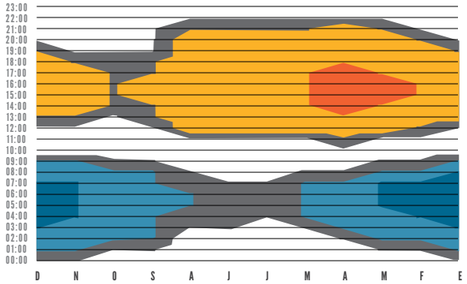


balance térmico. Estos gráficos se utilizan como herramienta visual para representar las zonas de confort.

Ábaco psicométrico: Consiste en un diagrama que proporciona la representación gráfica de la condición o estado del aire en cualquier momento en particular. El gráfico relaciona la temperatura del aire sobre la escala horizontal, con la humedad en la escala vertical. En éste diagrama se puede determinar la llamada zona de confort, que indica un ámbito en el cual se mantienen rangos climáticos en donde la persona manifiesta estar térmicamente confortable. De esta manera, el gráfico permite evaluar las condiciones térmicas de un lugar o un espacio así como cuáles estrategias pasivas son necesarias para generar mayor bienestar en función de los diferentes parámetros ambientales: Temperatura, Humedad Relativa, Viento y Temperatura radiante.
(Ver Imagen 1.11)

Climograma de Bienestar Adaptado (CBA): El climograma de bienestar adaptado o CBA es un compendio de los climogramas de Victor Olgyay y de Baruch Givoni, resuelto a través de una hoja de cálculo. Éste sintetiza los diferentes aspectos para indicar cuales son buenas condiciones higrotérmicas. Fue desarrollado por el profesor Javier Neila

IMAGEN 1.12. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA). Fuente: Autor



(2004) y entre las variables que toma en cuenta están: el tipo de actividad para determinar el nivel de metabolismo (Met), el Nivel de arropamiento (clo) y la temperatura media radiante. Dentro de este apartado también se puede hablar del diagrama de isopletas. Éste representa las áreas de igual exigencia bioclimática: zonas de bienestar, zonas con necesidad de ventilación, zonas con necesidad de radiación.
(Ver Imagen 1.12)

El índice de Fanger: es un método para la valoración del confort térmico. Fue propuesto por P.O Fanger en 1973 mediante la publicación de “Thermal Confort”. Es probablemente uno de los métodos numéricos de evaluación de confort térmico más usados a nivel internacional en la actualidad. Se analiza desde el punto de vista de la percepción de las personas. A partir de la información correspondiente a la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura media radiante, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa, el método calcula dos índices denominados voto medio estimado (PMV- predicted mean vote) y el porcentaje de personas insatisfechas (PPD- predicted percentage dissatisfied).

IMAGEN 1.13. ESCALA DE SENSACIÓN TÉRMICA DE SIETE PUNTOS. Fuente: Estándar internacional ISO 7730.

+3	Caliente
+2	Cálido
+1	Ligeramente Cálido
0	Neutral
-1	Ligeramente Fresco
-2	Fresco
-3	Frío

El voto medio estimado refleja el valor de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto a una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano. Si el valor del PMV está dentro del rango de -0,5 y 0,5, refleja una situación térmica satisfactoria, confortable para la mayoría de los usuarios de un espacio.

El porcentaje de personas insatisfechas provee información sobre el disconfort térmico, prediciendo el porcentaje de personas que posiblemente lleguen a sentir mucho calor o mucho frío en un ambiente determinado. Los valores del PPD de hasta 10% reflejan una situación satisfactoria para la mayoría de las personas (90% satisfechos). Dicho valor corresponde a los límites indicados para el PMV.
La importancia y aplicación generalizada del método es parte de la norma ISO 7730 relativa a la evaluación del ambiente térmico.

4.5 SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS (ENERGY MODELLING, BUILDING SIMULATION)

En las últimas décadas se ha despertado una corriente de concientización sobre el uso y explotación de la energía debido a las afectaciones medioambientales que han ocurrido. Por esta razón, surgieron las medidas de análisis en fases de diseño para predecir el desempeño energético de la edificación, las cuales han demostrado tener un alto potencial.

Así, la evolución de la simulación de energía en las pasadas décadas ha alentado a arquitectos e ingenieros a aplicar estas tecnologías en el diseño de todo tipo de edificios. La simulación de energía consiste en modelar el comportamiento energético de un edificio o de los sistemas dentro del mismo mediante programas de computadora. Este método permite evaluar la interacción y el impacto de los diferentes elementos que se encuentran en una edificación como la iluminación de un espacio, las cargas térmicas, el uso del espacio, entre otros. Mediante esta metodología, se busca someter el modelo digital a un ambiente controlado específico, escogido por el diseñador según intenciones o según el sitio del proyecto; esto con el propósito de generar conclusiones con base en los resultados que obtenga de dicho proceso.

Las entradas del sistema de simulación (inputs) son las descripciones del edificio y los parámetros de diseño; las condiciones de los límites son los datos climáticos de la localización y los resultados a obtener son los datos de consumo energético y las condiciones ambientales interiores. Las simulaciones se realizan usualmente tomando como rango un año entero de información climática de alguna fuente meteorológica. El objetivo es proporcionar condiciones interiores confortables con niveles aceptables de consumo energético y optimizar el rendimiento del sistema.

La simulación es esencial para el estudio de la eficiencia energética en los edificios. Los programas de simulación computacional son herramientas analíticas efectivas para la investigación de los consumos de energía de los edificios y la validación de su diseño. En cierta medida, las simulaciones en edificios son una manera de predecir el futuro cuantitativamente y por esta razón, son muy valiosas.

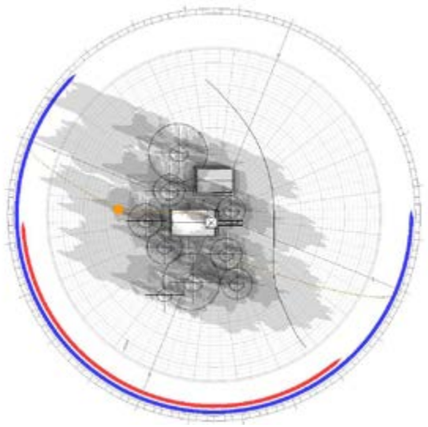
4.5.1 HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN DE ENERGÍA

A. ECOTECT ®

ECOTECT es una aplicación con un acercamiento único al diseño conceptual de edificios. Este programa permite generar análisis sobre el funcionamiento climático de una edificación mediante gráficos comprensibles. Como una herramienta de diseño conceptual, también provee su propia interface para generar envolventes. El Ecotect está pensado precisamente para la fase de diseño. Además, un aspecto importante es que el modelo puede editarse: redimensionar o inclinar paredes, manipular curvas complejas, mover aperturas, agregar o eliminar superficies, entre otras.

Este programa tiene diversas herramientas que ayudan al diseñador a entender cómo funciona la energía que se va a utilizar en el diseño y el impacto que ésta va a tener en su entorno. La aplicación brinda la capacidad de simular un entorno tridimensional en el cual se pueden visualizar diversos análisis como: luz diurna, visibilidad, radiación solar directa e indirecta, luz artificial, comportamiento térmico, acústico, entre otros. El software utiliza la información específica climática de un sitio en cuanto al entorno global como: velocidad y dirección predominante del viento, humedad relativa, temperaturas máximas y mínimas, precipitación, brillo solar, la cual se puede definir por períodos de tiempo determinados por el usuario (días, meses, años). Otra de sus ventajas es que permite visualizar el modelo con diagramas del movimiento solar, sombras, grillas de iluminación que permiten tener una mayor comprensión del funcionamiento del edificio, en donde se llegan a determinar zonas cálidas, zonas húmedas, zonas de mayor o menor iluminación, entre otras.

IMAGEN 1.14. EJEMPLO SIMULACIÓN ECOTEC. Fuente: Autor



Es importante mencionar que el programa cuenta con una serie de plug-ins que facilitan los análisis más específicos. Dos ejemplos de esto son Radiance y Winair. El primero permite realizar estudios más a fondo sobre la cantidad de luxes que hay en un espacio y el segundo se utiliza con el fin de hacer análisis, específicamente sobre el movimiento del aire y la ventilación de los espacios.

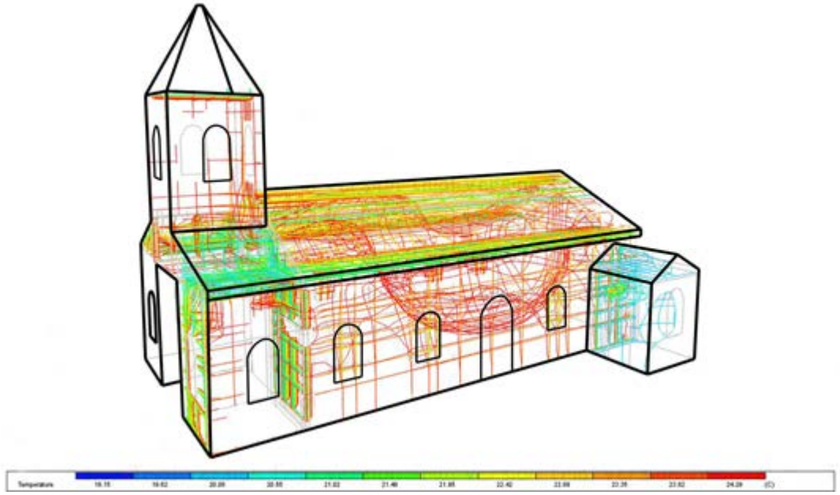
B. DESIGN BUILDER ®

Representa una de las herramientas de simulación energética de edificios más avanzada en el mercado actual, ya que ha sido desarrollada para simplificar en gran medida el proceso de modelado y análisis de los resultados, permitiendo optimizar la evaluación de los proyectos. Este software funciona como interface para el motor de cálculo llamado EnergyPlus®, desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos y considerado como uno de los motores más estables y confiables para la investigación en el campo de simulaciones energéticas.

Design builder es un programa especializado en el análisis térmico, lúminico y energético. Permite evaluar parámetros de desempeño, relacionados con niveles de confort, consumo y emisiones de CO_2. Además, permite simular los sistemas del edificio, como por ejemplo aire acondicionado, entre otros. El software fue desarrollado para ser utilizado en cualquier etapa del proceso de diseño, así como para el análisis de un edificio ya construido, introduciendo las variables que inciden sobre el mismo.

Dentro de los análisis que se pueden realizar en Design Builder también se encuentra la dinámica de fluidos computacional (CFD), que es un término utilizado para describir los sistemas computacionales utilizados para calcular temperatura, velocidad, entre otras propiedades de los fluidos en un espacio. El CFD de éste programa ha sido diseñado para proporcionar a los usuarios una herramienta que permite predecir el flujo del aire y la distribución de temperaturas dentro y en el alrededor de los edificios.

IMAGEN 1.15. EJEMPLO SIMULACIÓN EN DESIGN BUILDER. Fuente: Autor



5.0 MARCO METODOLÓGICO

La metodología que se propone en esta investigación está fundamentada en la teoría del Diseño basado en el desempeño (Performance based design). Esta teoría utiliza como punto de partida el comportamiento específico de un edificio y busca optimizarlo por medio de alteraciones. Una vez modificado, el resultado será empleado como parámetro de inicio para comenzar nuevamente el proceso en la siguiente fase. La principal herramienta para poder llevar a cabo esta metodología es la simulación mediante modelos computarizados, ya que ésta permite modelar situaciones de la vida real para evaluar el impacto de diferentes elementos. En otras palabras, mediante simulaciones se estudia cómo trabaja un sistema (edificio) según el cambio de variables en el mismo.

Los edificios seleccionados para la implementación de la metodología son iglesias, todas de la misma época constructiva. Las iglesias representan una tipología de edificio que no es tan variable, lo que permite poder observar otro tipo de parámetros con más detalle. Además, en ellas existe un protocolo de vestimenta y comportamiento del usuario, lo que ayuda a estabilizar el arropamiento y la actividad metabólica que se lleva a cabo en la edificación. Otro aspecto importante es que no presentan colindancias lo que disminuye la cantidad de elementos que afectan el ambiente interior y debido a que son edificios patrimoniales, no son utilizados frecuentemente, sino sólo una hora por semana. Esta situación es una ventaja a la hora de hacer las mediciones de temperatura y humedad, ya que se ven menos afectadas por las personas y se pueden identificar el comportamiento del edificio propiamente. El hecho de que las edificaciones sean antiguas y por tanto vernaculares también fue un aspecto a considerar en su selección, debido a que el manejo de los materiales y su adaptación al territorio abarcan los patrones culturales presentes en el sitio.

En este apartado se describe la metodología diseñada e implementada, incluyendo cada una de las etapas de estudio así como las actividades realizadas y herramientas utilizadas.

Descripción de las etapas metodológicas

La metodología planteada comienza con un análisis bioclimático evaluativo por escalas. El mismo consiste en la descripción del contexto geográfico y climático de cada caso de estudio en tres escalas distintas.
La primera escala corresponde al macro entorno y meso entorno, en donde se describe la zona de vida escogida y la región específica (provincia, cantón, distrito). Además, mediante la recopilación y el procesamiento de datos se establece el rango de confort y se estudia el comportamiento climático del sitio a gran escala, identificando los elementos que influyen como son la topografía, la vegetación, densidad y masas de agua.

La segunda escala estudia el entorno inmediato del edificio. En este caso, se determina cuáles elementos se relacionan directamente con las fachadas de la edificación. Para esta etapa es importante generar un archivo de clima con datos horarios, que permita realizar simulaciones de radiación, movimiento solar y movimiento del aire. Este archivo se genera por medio un software llamado Meteonorm, el cuál realiza una interpolación de datos basada en información mensual y estaciones meteorológicas existentes.
Finalmente, la tercera escala del análisis hace referencia propiamente a la edificación. Lo más importante en este nivel es estudiar el desempeño de la envolvente y cómo se ve afectado el ambiente interior con respecto al exterior.

Existen diferentes factores que determinan este comportamiento, entre ellos los porcentajes de superficie y su material, el volumen de aire y las aberturas existentes. Otro aspecto importante en esta etapa es la realización de mediciones prolongadas. Esto consiste en tomar un registro propio de datos climáticos del interior y el exterior del inmueble durante las épocas representativas del año utilizando registradores de datos. Como paso posterior a la toma de datos, se procede a su representación gráfica y análisis, buscando relaciones y realizando tablas comparativas. Es importante señalar, que la metodología implementada en el Seminario de Graduación “Diseño de la envolvente y sus implicaciones en el Confort Higrotérmico” se utilizó como base para realizar las mediciones prolongadas de esta investigación.

Concluida esta tarea, se elabora el diagnóstico comparativo, identificando conclusiones de cada una de las escalas del análisis y determinando cuáles son las variables a modificar según el comportamiento obtenido. Una vez realizado, inicia la etapa de simulación.

La simulación consiste en modificar las condiciones bajo las cuales se construyeron los inmuebles. Sin embargo, es necesario tener un orden en la información que se va a introducir al modelo, razón por la cual se diseñó un protocolo de simulación. El mismo consta de cuatro pasos:

1. Elaborar un modelo tridimensional para el análisis térmico de cada edificación. El modelo debe ser lo más simple posible y busca identificar las zonas térmicas o volúmenes de aire que existen dentro del edificio.

2. Introducir las características del estado inicial del edificio. En este caso, se indican cuáles son los materiales con los que se construyó, el grosor de los mismos y su ubicación. Además, se especifican las actividades que se llevan a cabo y las características de los usuarios (arropamiento y tasa metabólica). Por último, se debe indicar la ubicación del inmueble.

3. Introducir datos climáticos tomados en sitio. Este tipo de simulaciones permiten realizar un análisis de comportamiento tanto de un mes como de un día o incluso horas. En el caso de este trabajo, se introducen los datos tomados durante las mediciones prolongadas para poder comparar la realidad con el ambiente digital.

4. Calibrar el modelo. Este paso es el más importante dentro del protocolo de simulación. Se debe equiparar el comportamiento que tiene el modelo con él comportamiento registrado en sitio, mediante la homogenización de la curva de temperatura de aire interna. Para esto es necesario ir modificando el grosor de los materiales y la infiltración de aire. Una vez lograda la calibración, se pueden realizar innumerables modificaciones y simulaciones para observar la conducta.

En este punto de la metodología se ejecutan las variaciones en cada caso de estudio midiendo el índice de confort para determinar si mejora o si empeora. Una vez obtenidos los resultados, es posible definir las variables que modifican positivamente el comportamiento térmico de cada edificio investigado y que representarán parámetros a considerar para diseños futuros.

Análisis Bioclimático Evaluativo

Macro / Meso

Zonas de Vida

- Z1. Bs-T
- Z2. Bh-P
- Z3. Bmh-P

Datos Climáticos Anuales

- Liberia
- Santa Cruz
- Frailes
- Turrialba

Micro

Pueblos Cercanos Entorno Iglesias

- Guardia
- Río Seco
- Rosario
- Loma Larga
- Pastora
- San Antonio

Edificio

Casos de Estudio Mediciones Prolongadas

- i.G
- i.S
- i.R
- i.L
- i.A
- i.P

Establecer ubicación geográfica y climática según cada escala

Macro / Meso

1. Escoger regiones de estudio en cada zona de vida.
2. Recopilar y procesar datos geográficos y climáticos (levantamiento de sitio y búsqueda de datos).
3. Analizar el contexto geográfico en dos niveles (macro-meso) topografía, vegetación, densidad, masas de agua cercanas.
4. Analizar el contexto climático en dos niveles (macro-meso) rangos de temperaturas, humedades, definiciones de zona de confort y estrategias pasivas.

Micro

1. Analizar el contexto geográfico en una escala menor(micro).
2. Realizar los archivos de clima según los datos anuales recopilados previamente.
3. Estudiar el movimiento solar y los efectos de la radiación sobre la edificación de estudio según su entorno.
4. Examinar el movimiento del aire alrededor de cada caso de estudio.

Edificio

1. Conocer las dimensiones específicas de cada uno de los edificios de estudio.
2. Determinar porcentajes de superficie, volúmen de aire y aberturas de cada caso.
3. Especificar los materiales de construcción de cada edificio (características, grosores, ubicación).
4. Realizar Mediciones prolongadas en cada uno de los sitios de estudio. (diferentes épocas y ubicaciones)
5. Procesar los datos obtenidos mediante gráficos y tablas comparativas.
6. Identificar momentos de menor confort.

Actividades

1. - Mapas
2. - Climograma de columnas, CBA, diagrama psicométrico
3. - Índices de confort: PMV, PPD
4. - Excel, Meteonorm, Weathertool
5. - Ecotect + Winair

- Mapas
- Google Earth +Global mapper (curvas de nivel)
- Excel, Meteonorm, Weathertool (interpolar datos)
- Ecotect + Winair

- HOBO U12 Data logger
- HOBOware
- Excel, tablas dinámicas

Herramientas

Diagnóstico

Traslape de información Comparación

- Z1: i.G, i.S
- Z2: i.R, i.L
- Z3: i.A, i.P

Simulación

Variables Expo. Solar-Material-Ventilar

- V1 → V1-1 → V1-2
- V2 → V2-1 → V2-2
- V3 → V3-1 → V3-2
- V4 → V4-1 → V4-2
- V5 → V5-1 → V5-2
- V6 → V6-1 → V6-2

Resultados

- Resultados i.G
- Resultados i.S
- Resultados i.R
- Resultados i.L
- Resultados i.A
- Resultados i.P

Conclusiones

Diagnóstico

1. Realizar un cuadro comparativo entre las características y conclusiones de todos los casos de estudio.
2. Identificar conclusiones de cada una de las etapas de análisis.
3. Delimitar variables a modificar según las conclusiones del comportamiento preliminar del edificio (Materiales, Ventilación, Exposición solar)

Simulación

1. Elaborar un modelo tridimensional para el análisis térmico de cada edificación.
2. Efectuar un archivo de clima con los datos obtenidos mediante las mediciones prolongadas.
3. Calibrar el modelo digital con el comportamiento real.
4. Realizar modificaciones establecidas (materiales, ocupación, ventilación) y analizar el comportamiento del edificio.
5. Describir de que manera se logra re-adaptar la edificación para mejorar el confort interno.

Diagnóstico

- Cuadros comparativos
- Gráficos

Simulación

- Meteonorm, Weathertool
- Excel
- Design Builder

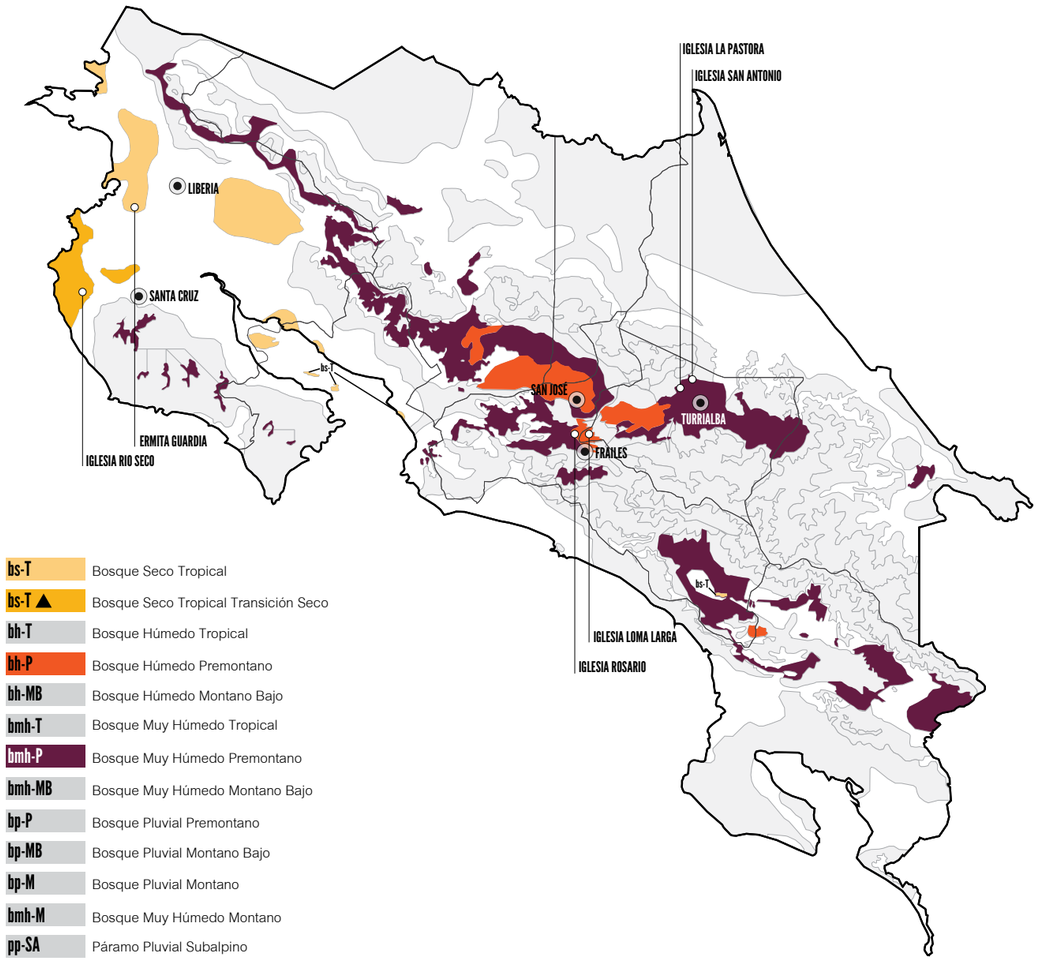
6.0 UBICACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

La escogencia de los sitios para realizar el estudio se basó en el Sistema de Zonas de Vida propuesto por Leslie Holdridge. Éste cuenta con tres niveles que en su conjunto permiten caracterizar de una manera precisa los ecosistemas de la Tierra. El mapa ecológico de Costa Rica, realizado por el Centro Científico Tropical, permite identificar las diferentes zonas de vida presentes en nuestro país, cada una con un rango climático específico para cada bioclima.

Debido a que este trabajo busca analizar la afectación del ambiente climático interior de edificaciones existentes, se eligen tres zonas vida que presentan rangos climáticos diversos y opuestos para ubicar los casos de estudio: Bosque seco Tropical (Bs-T), Bosque Húmedo Premontano (Bh-P) y Bosque muy húmedo Premontano (Bmh-P); esto con la intención de que los resultados obtenidos lleguen a enriquecer la investigación por medio de la comparación y el contraste. No obstante, para realizar una comparación apropiada fue necesario escoger dos edificaciones de estudio por cada zona para asegurar la representatividad de los datos, ya que sin la existencia de por lo menos dos fuentes de datos por clima no es posible comprobar el comportamiento de la envolvente. (Ver imagen 1.16). A su vez, también se tomó en consideración el rango altitudinal de los sitios a escoger, de manera tal que en la medida de lo posible las 3 zonas de vida se localizarán en diferentes pisos altitudinales y así poder comparar el efecto que la geomorfología del terreno nacional puede tener sobre las edificaciones a evaluar.

El fin primordial de estudiar estas zonas antagónicas es poder comprobar la pluralidad ambiental del territorio costarricense y por ende evidenciar de qué manera se pueden ver modificados los cerramientos y las aberturas de una edificación según el sitio en que se encuentren (y particularmente el clima que ahí se desarrolle). Así, lo que se busca es presentar alternativas para resolver la falta de diversificación en la arquitectura bioclimática del territorio nacional.

IMAGEN 1.16. MAPA DE SITIOS DE ESTUDIO Y UBICACIÓN DE ZONAS DE VIDA DE COSTA RICA. Fuente: Autor



C2

C1 C2 C3 C4 C5 C6

C2. MACRO Y MESO ENTORNO

UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA

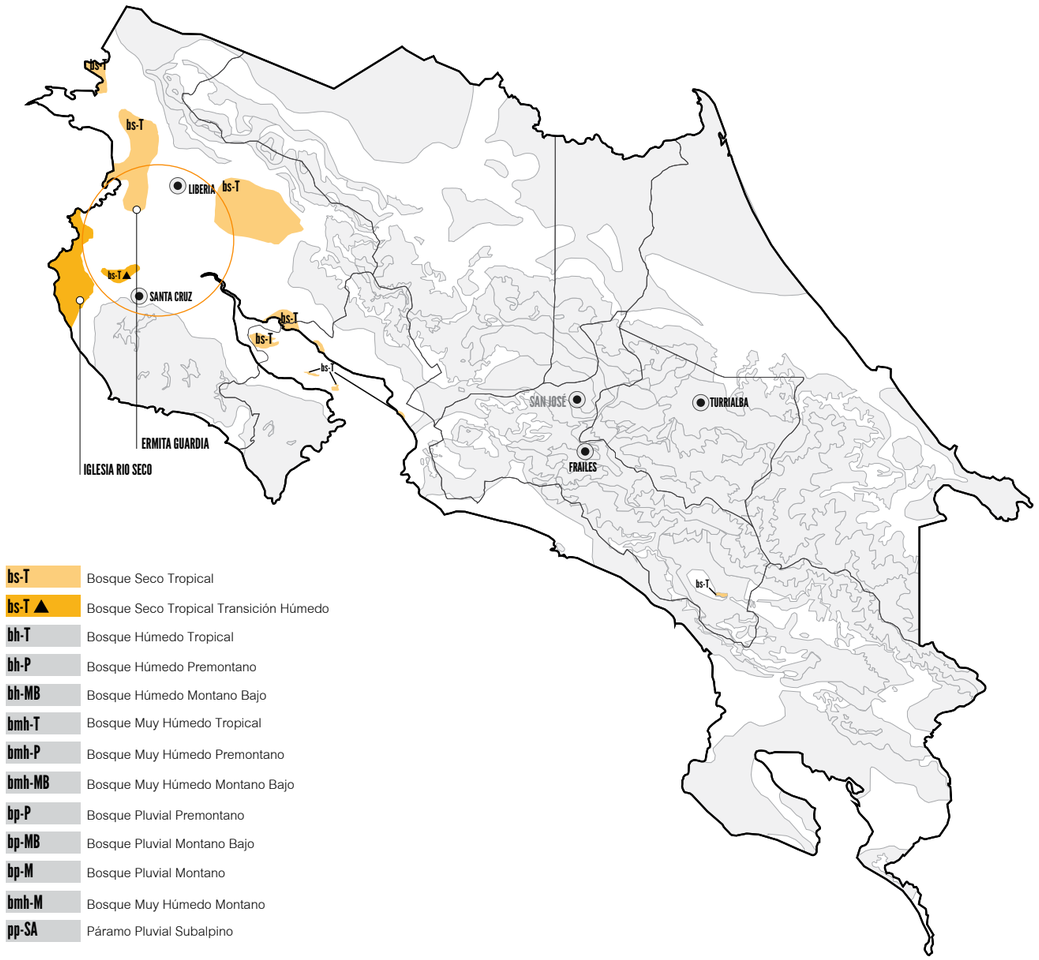
2.0 Z1 BOSQUE SECO TROPICAL, BOSQUE SECO TROPICAL TRANSICIÓN HÚMEDO

La mayor parte de superficies de bosque seco tropical en Costa Rica son zonas de transición a bosque húmedo; no obstante, existen sectores de bosque seco puro. Según los datos meteorológicos, esta zona de vida cuenta con el menor valor de precipitación, cuyo extremo mínimo se estima en 1100 mm aproximadamente como promedio anual y su valor máximo en 1500 mm anuales. Además, posee un rango de biotemperatura media anual que varía entre 24 y 24.5 grados centígrados y una temperatura media anual que oscila entre los 24 y 27.8 grados aproximadamente.

Esta zona de vida está representada en Guanacaste, Valle del río Tempisque. La característica fundamental en esta zona de vida es la disminución marcada de las precipitaciones que se da en los meses de noviembre a mayo. (Conocido como estación seca). El período seco consecutivo es de 6.5 meses efectivamente secos al año. Como consecuencia del largo período seco, este bioclima resulta ser my restrictivo para hacer uso de la tierra en donde no existe riego. El Parque Nacional Palo Verde protege una área representativa de esta zona de vida así como también se puede apreciar en las cercanías del Parque Nacional Santa Rosa.

Los dos casos de estudio que se sitúan dentro de la Zona 1 según la clasificación de zonas de vida de Holdridge son la Iglesia de Guardia ubicada en el cantón de Liberia y la Iglesia de Río Seco ubicada en el cantón de Santa Cruz, ambas en Guanacaste (Ver imagen 2.1). En el caso específico de la Zona 1, las 2 edificaciones no se encuentran localizadas en el mismo pueblo, sin embargo sí pertenecen al mismo bioclima. No obstante, para poder hacer un análisis climático anual se utilizaron dos estaciones meteorológicas diferentes, debido a su separación. Además, cabe señalar que la iglesia de Río Seco no forma parte del bosque seco tropical puro, sino se encuentra en una zona de transición a un ambiente un poco más húmedo.

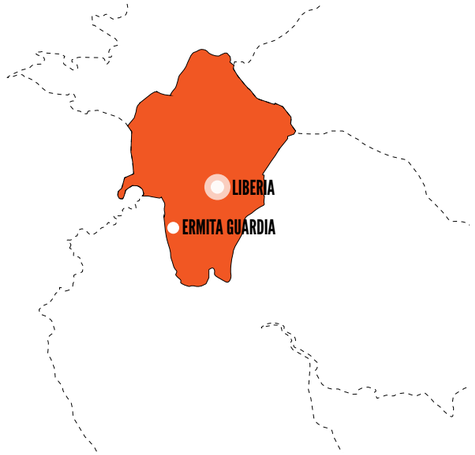
IMAGEN 2.1. MAPA DE ZONAS DE VIDA BOSQUE SECO TROPICAL, BOSQUE SECO TROPICAL TRANSICIÓN HÚMEDO. Fuente: Autor



2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA LIBERIA

IMAGEN 2.2. MAPA DE COSTA RICA, PROVINCIA DE GUANACASTE. Fuente: Autor

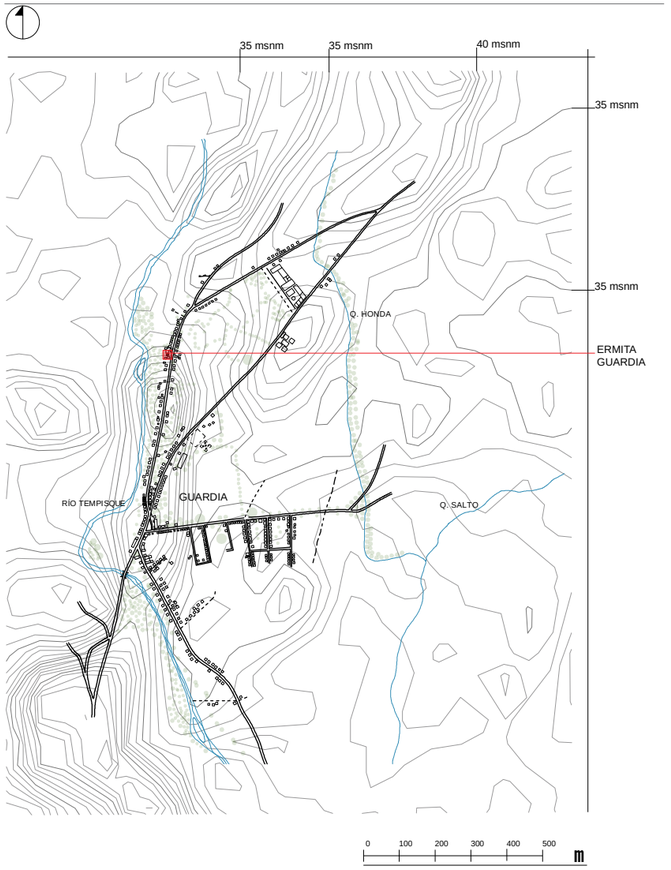
IMAGEN 2.3. UBICACIÓN IGLESIA GUARDIA, LIBERIA. Fuente: Autor



La provincia de Guanacaste se encuentra ubicada al Noroeste de Costa Rica. Ésta es la segunda provincia más grande del país, con una superficie de 10.140 kilómetros cuadrados. Limita al norte con Nicaragua, al este con Alajuela, al oeste con el Océano Pacífico y al sur con la Región Pacífico Central (ver imagen). Su relieve presenta tanto amplias llanuras (con una altitud media de 30 msnm) que se abren hacia el Pacífico como cimas volcánicas ubicadas en la Cordillera de Guanacaste. Estas cimas no superan los 2.000 m y son de gran importancia, porque funcionan como una barrera natural frente a los vientos alisios (NE). Tanto de ésta cordillera como de la Cordillera de Tilarán, fluyen varios ríos que forman un plano aluvial drenado por el río Tempisque. Es una zona de diversos microclimas y en ella se encuentran los últimos trazos del bosque tropical seco. Su capital actual es el cantón de Liberia (ver imagen), el cual se encuentra ubicado sobre una planicie, donde la altura promedio es de 144 msnm. La ciudad de Liberia está a una distancia aproximada de 203 Km de la ciudad de San José y en ella prevalece un clima cálido.

El sitio de estudio es la antigua iglesia católica perteneciente al poblado de Guardia, el cual se ubica a las orillas del Río Tempisque, en Nacascolo, distrito 4 del cantón de Liberia. Su nombre surge en honor al expresidente de Costa Rica, el general Tomás Guardia Gutiérrez. Existen apróximadamente 18 kilómetros entre este pueblo y la ciudad de Liberia.

IMAGEN 2.4. MAPA MACRO DE UBICACIÓN PUEBLO DE GUARDIA. Fuente: Autor



El proceso de poblamiento de la zona se inició entre los años 1840 y 1850. Los primeros pobladores fueron sobre todo campesinos de origen nicaragüense. Con el fin de mejorar su calidad de vida, los habitantes promovieron la construcción de obras comunales importantes, entre éstas la antigua ermita en honor a Nuestra Señora de Las Mercedes.

A nivel macro, la variación en la topografía del sitio es poca, ronda entre los 35 y los 40 msnm, por lo que se considera un sitio bastante llano. La cobertura vegetal en el entorno no es densa, sin embargo ésta se ve concentrada en la cercanía a las quebradas y al Río Tempisque, el cual colinda al oeste con la trama en la que se desarrolla el pueblo. Es un sitio meramente rural, en donde la densidad de ocupación del terreno es menor. Es decir, no existe ningún tipo de hacinamiento de edificaciones. La mayoría de las construcciones son de 1 solo nivel.

2.1.2 RESUMEN CLIMATOLÓGICO ANUAL LIBERIA

A. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS

En el climograma se pueden observar las condiciones climáticas presentes en la ciudad de Liberia. Para realizarlo se utilizaron los datos de la tabla del IMN que corresponde a la estación meteorológica Aeropuerto Daniel Oduber No. 74020.

En él se pueden observar los valores mensuales de temperaura, humedad relativa, pluviosidad, radiación y brillo solar. En él se demarcan las dos épocas críticas así como los máximos y mínimos por variable.

Durante la primera época crítica del año (época seca), los meses de Febrero y Marzo presentan temperaturas extremas que van desde los 20.7 °C como mínima hasta alcanzar los 35.4 °C como máxima, resultando en una oscilación térmica de 14.7 °C. En esta época se presentan las condiciones más secas del lugar, con una media de 4.8 mm/mes, lo cual es practicamente despreciable.
Debido a las altas temperaturas de la época, se presenta alrededor de un 60% de humedad relativa, porcentaje bajo para un país como Costa Rica.

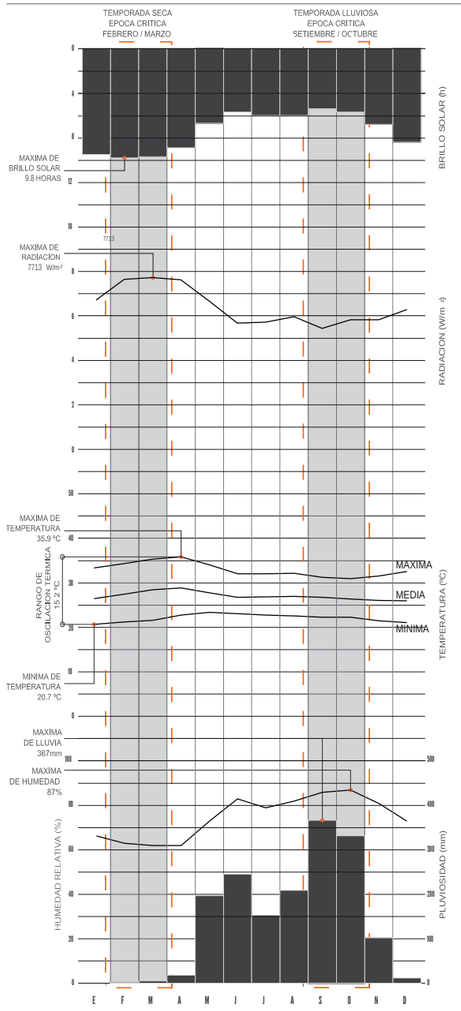
En estos meses también se presentan los mayores índices de radiación y brillo solar, alcanzando casi las 10 horas de luz solar diaria en Febrero.

En la segunda época crítica del año (época lluviosa), los meses de Setiembre y Octubre presentan los mayores niveles de lluvia, con una máxima de 366.9 mm. Además, como consecuencia de la alta pluviosidad, se presentan altos niveles de humedad, alcanzando un máximo de 87%.

La temperatura promedio ronda los 26 °C y debido a la cantidad de lluvia de la época, se evidencia una reducción importante en la radiación y el brillo solar, con un promedio de 5 horas de luz solar diaria en ambos meses.

Es importante destacar que la máxima temperatura registrada es de 35.9 °C y ocurre en el mes de Abril, aún cuando este no se encuentra dentro de las épocas críticas sino en los meses de transición.

IMAGEN 2.5. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS LIBERIA. Fuente: Autor



La información fue procesada mediante el software MeteoNorm V.5.1 con el fin de obtener los datos horarios correspondientes a todas las variables e incorporarlos en el software Weather Tool, con el que se obtuvo la graficación. Dicho gráfico fue modificado por la autora.

IMAGEN 2.6. ÁBACO PSICOMÉTRICO LIBERIA. Fuente: Autor

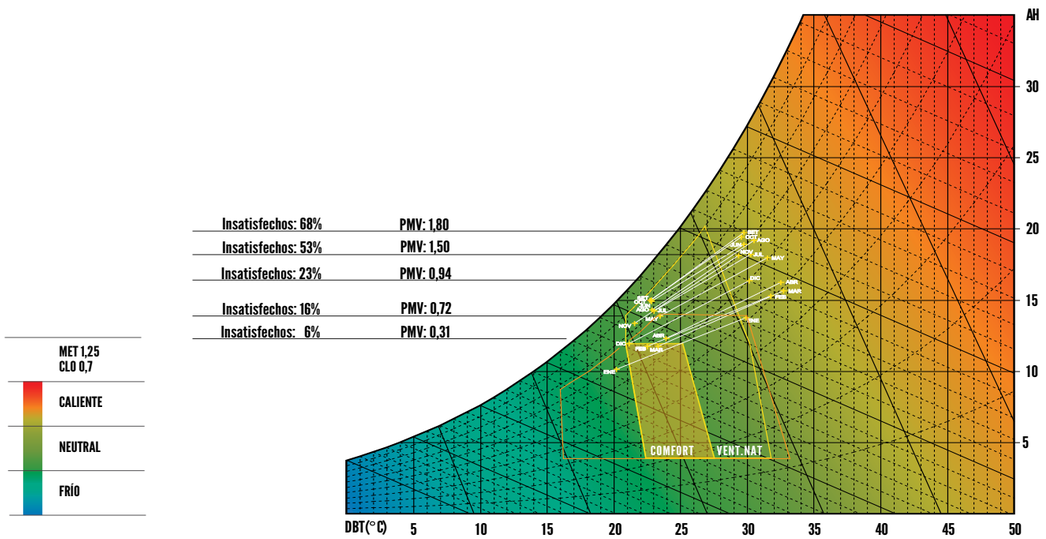
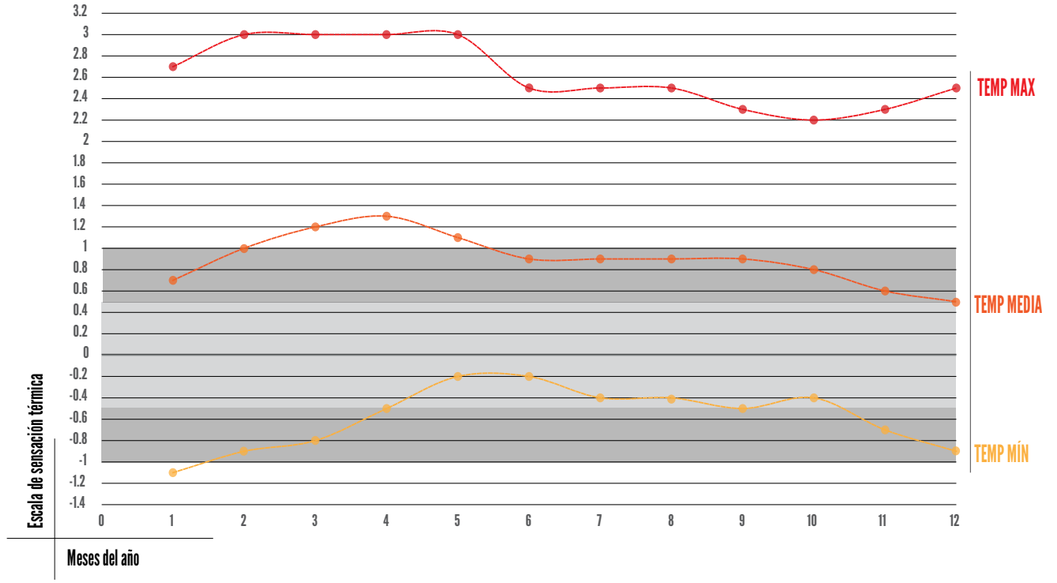


IMAGEN 2.7. GRÁFICO DEL VOTO MEDIO ESTIMADO LIBERIA. Fuente: Autor



B. ÁBACO PSICOMÉTRICO Y CONFORT

En el diagrama psicométrico se muestra el promedio mensual máximo y mínimo de las temperaturas y humedades relativas presentes a lo largo del año en la ciudad de Liberia. Como se observa, a excepción de los valores mínimos del mes de Enero, la mayoría de los meses del año se encuentran fuera de la zona de confort.

Sin embargo, los promedios de temperatura y humedad relativa mínimos presentan un Voto Medio Estimado que se encuentra entre 0 a 1 según la escala de sensación térmica establecida en el ISO 7730, lo que me indica un ambiente neutro o ligeramente cálido, con un porcentaje de personas insatisfechas menor al 20% , que es aceptable. Sin embargo, conforme aumenta los valores térmicos y humídicos, éstos se alejan de los límites de confort.

Es importante señalar que por medio de la aplicación de algunas estrategias pasivas es posible aumentar el rango de confort establecido. En el caso de Liberia, la implementación de una adecuada ventilación natural permite que la mayoría de los meses del año se pueda mantener una sensación de confortabilidad para los usuarios de las edificaciones ubicadas en este sitio. No obstante, los momentos en que la temperatura es superior a los 31 °C aproximadamente y la humedad relativa se encuentra en un rango de 60 a 90% no es posible lograr confort aún utilizando una correcta ventilación natural.

Los cálculos de confort se realizaron tomando una velocidad de viento de 0.5 m/s.Si en el sitio existe una velocidad mayor a la establecida, es posible que se pueda disminuir el porcentaje de personas insatisfechas.

Mediante una calculadora de confort, se obtuvieron los valores del Voto Medio Estimado y del porcentaje mensual de personas insatisfechas según las temperaturas máximas, medias y mínimas registradas en la ciudad de Liberia. De esta manera, se observa más detallamente lo que se mencionó con anterioridad: los datos de temperaturas máximas e incluso las temperaturas medias registradas en la primera época crítica del año llegan a alcanzar un alto porcentaje de personas insatisfechas. No obstante, los demás datos registrados se ubican dentro de un rango aceptable en la escala de sensación térmica establecida. Los cálculos fueron realizados con los mismos valores de CLO, MET y velocidad de viento establecidos anteriormente.

IMAGEN 2.8. TABLA ÍNDICES DE CONFORT PMV-PPD LIBERIA. Fuente: Autor

LIBERIA - TEMPERATURA MÁXIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	2.7	3	3	3	3	2.5	2.5	2.5	2.3	2.2	2.3	2.5
PPD	96.7%	99.1%	99.1%	99.1%	99.1%	93.4%	93.4%	93.4%	88.3%	84.9%	98.3%	93.4%

LIBERIA - TEMPERATURA MEDIA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	0.7	1	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.6	0.5
PPD	15.3%	26.1%	35.2%	40.3%	30.5%	22.1%	22.1%	22.1%	22.1%	18.5%	12.5%	10.2%

LIBERIA - TEMPERATURA MÍNIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-1.1	-0.9	-0.8	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.7	-0.9
PPD	30.5%	22.1%	18.5%	10.2%	5.8%	5.8%	8.3%	8.3%	10.2%	8.3%	15.3%	22.1%

IMAGEN 2.9. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA). Fuente: Autor

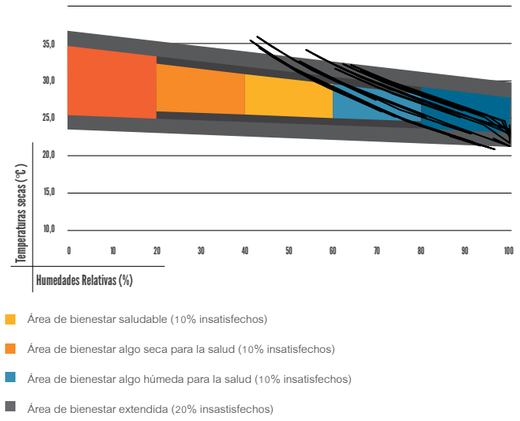
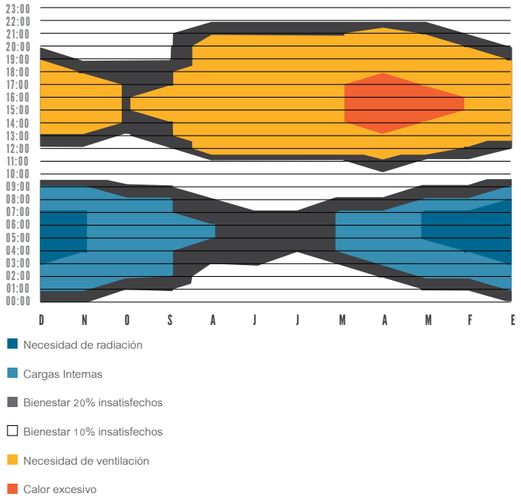


IMAGEN 2.10. GRÁFICO DE ISOPLETAS CON TEMPERATURA. Fuente: Autor



C. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA)

Los condiciones de confort que presenta el CBA para Liberia muestran que este sitio tiene en su mayoría un clima fuera del área de bienestar saludable producto de las altas temperaturas que se registran en ciertas épocas del año. Esto se puede observar a su vez en el gráfico de isopletas, en donde se evidencia un calor excesivo con condiciones críticas después del medio día durante la época seca. Al mismo tiempo, es predominante el confort higrotérmico ligeramente húmedo (de un 10 a un 20% de personas insatisfechas),el cual coincide con las horas en que se registran las temperaturas mínimas durante el día , que se encuentran entre las 9 am y las 12 md.

Una necesidad presente durante todo el año es la de ventilación constante para lograr una sensación de bienestar. Sin embargo, esto no es durante todo el día, sino solo en horas de la tarde (un rango de las 12 md a las 6 de la tarde aproximadamente). En algunos meses, debido a las altas temperaturas, se requieren controles de ventilación natural permanente e inercia térmica hasta las 9 de la noche .

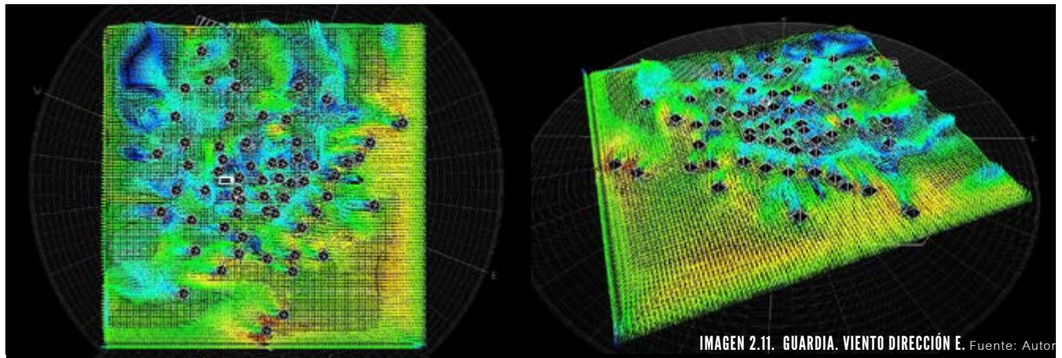


IMAGEN 2.11. GUARDIA. VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

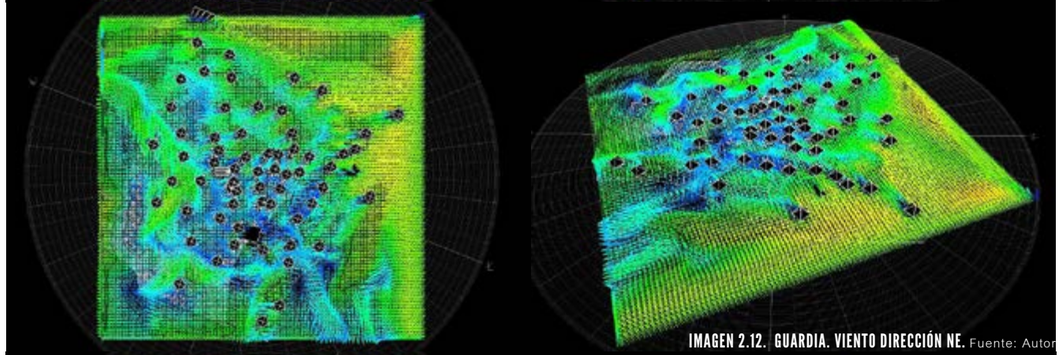


IMAGEN 2.12. GUARDIA. VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

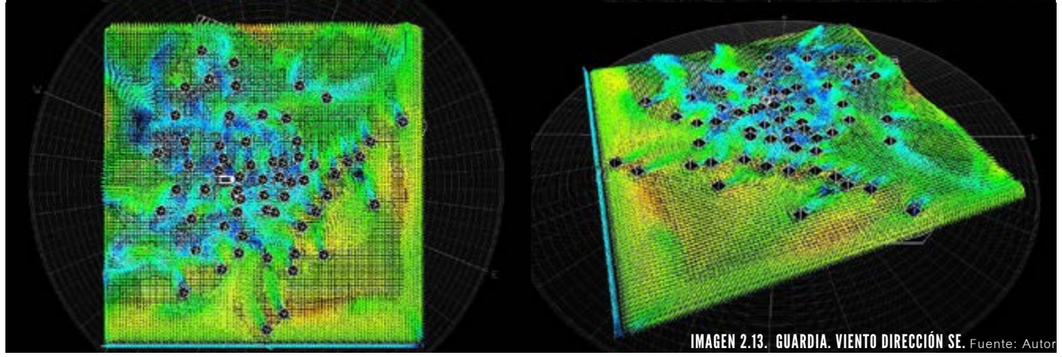


IMAGEN 2.13. GUARDIA. VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

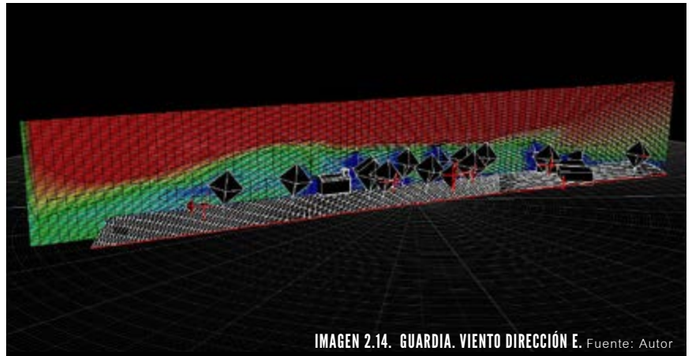


IMAGEN 2.14. GUARDIA. VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

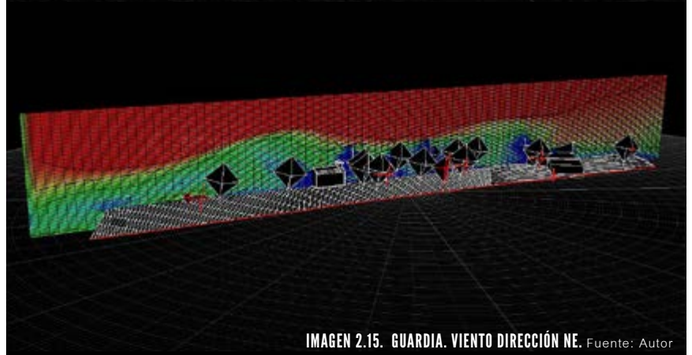


IMAGEN 2.15. GUARDIA. VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

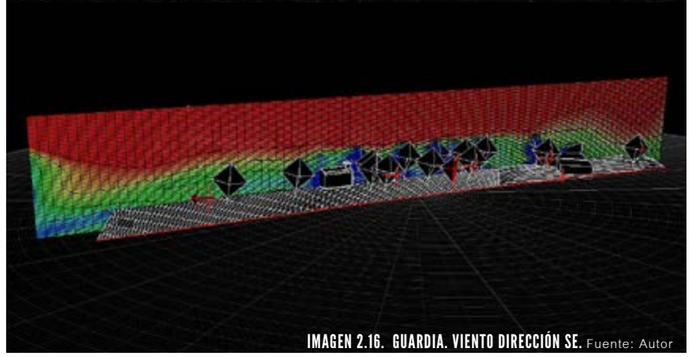


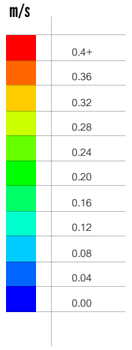
IMAGEN 2.16. GUARDIA. VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

D. COMPORTAMIENTO DEL VIENTO

Debido a que el terreno es plano y no existen irregularidades considerables, éste no influye de manera importante sobre el movimiento del flujo de aire, sin importar la dirección que tenga.

En los momentos en que el viento proviene del Este, se dirige de manera perpendicular sobre la fachada principal del edificio. Sin embargo, existen varios árboles que no permiten que la llegada sea de manera directa.

Cuando la dirección predominante es del Noreste o del Sureste, se acerca un poco más a los costados laterales de la iglesia; A pesar de esto, debido a la cobertura vegetal existente, se obstruye el libre flujo del aire, funcionando así los árboles como una barrera, aunque poco densa ya que permite la penetrabilidad del flujo, aunque disminuye su velocidad.



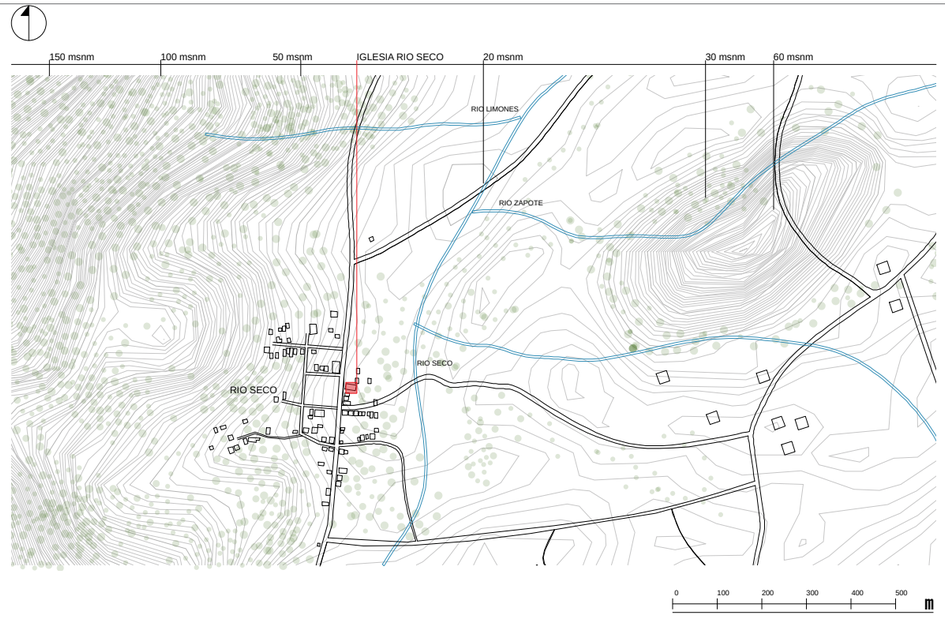
2.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA SANTA CRUZ

IMAGEN 2.17. MAPA DE COSTA RICA, PROVINCIA DE GUANACASTE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.18. UBICACIÓN DE IGLESIA RÍO SECO, SANTA CRUZ. Fuente: Autor

El segundo caso de estudio que forma parte de la Zona 1 también se encuentra ubicado en la provincia más seca del país, Guanacaste. En este caso, el contexto a analizar es el de Santa Cruz, cantón tercero, ubicado al suroeste de la provincia, en el corazón de la península de Nicoya. Esta ciudad se considera la segunda más importante de la provincia, después de Liberia y es conocida por sus tradiciones culturales, sus playas y su historia. Santa Cruz también presenta un terreno relativamente plano, en donde la altitud promedio ronda los 40 msnm.

IMAGEN 2.19. MAPA MACRO DE UBICACIÓN IGLESIA RIO SECO, SANTA CRUZ. Fuente: Autor



La edificación a estudiar es el Templo Católico la Santísima Trinidad, ubicada en Río Seco, pueblo que forma parte del distrito tercero del cantón: Veintisiete de abril. Existe una distancia aproximada de 24 Km entre este distrito y el cantón central de Santa Cruz. Sin embargo, cabe destacar que este poblado se encuentra más cerca del desarrollo turístico de playas como Sámara y Carrillo que de la ciudad en sí; No obstante, es un sitio bastante rural y de poca población.

El nombre de Río Seco corresponde al cuerpo de agua ubicado en la parte este del pueblo, a 100 m aproximadamente de la fachada posterior de la Iglesia. La topografía del terreno en donde se encuentra ubicada la edificación es relativamente plana y cercana al nivel del río, por lo que es un sitio propenso a inundaciones durante la época lluviosa. Sin embargo, al costado oeste comienza a aumentar la altitud sobre el nivel del mar, alcanzando los 150 metros.De la misma manera, se puede observar también la distribución de la vegetación, la cual aumenta su densidad conforme aumenta la altitud del terreno que se ubica en la parte oeste. (ver imagen 2.19). Las edificaciones del sitio son pocas, y en su mayoría de 1 solo nivel.

2.2.2 RESUMEN CLIMATOLÓGICO ANUAL SANTA CRUZ

A. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS

En el presente gráfico se pueden observar las condiciones climáticas anuales de la ciudad de Santa Cruz, Guanacaste. Para realizarlo se utilizaron los datos de la tabla del IMN que corresponde a la estación meteorológica Santa Cruz No. 74053.

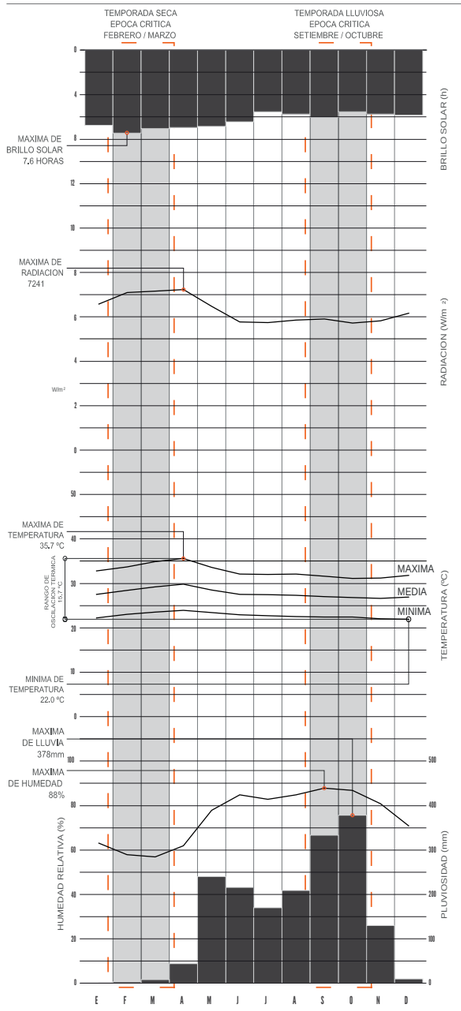
En el mismo se establecen los valores mensuales de temperaura, humedad relativa, precipitación, radiación y brillo solar. Además, se demarcan las dos épocas críticas así como los máximos y mínimos por variable.

En este clima se encuentran dos épocas críticas fuertemente etablecidas. La primera del año, la época seca, presenta el registro de las temperaturas más altas de todo el año, alcanzando en el mes de Febrero los 33.8 °C. Sin embargo, la temperatura máxima registrada se encuentra en el mes de Abril: 35 °C. Debido a los cambios de temperatura en el año, la oscilación térmica es de 15.7 °C.

Durante estos primeros meses se presenta la mayor cantidad de radiación y brillo solar del año, con 7.6 horas de sol en el mes de Febrero. Asimismo, como consecuencia de las altas temperaturas, se presenta una humedad relativa entre el 57 y 58 porciento. La cantidad de precipitación en estos meses es practicamente despreciable.

En la época lluviosa , las temperaturas registradas disminuyen, logrando una media cercana a los 27 °C. En estos meses se presentan los mayores índices de precipitación, con 378 mm de lluvia en el mes de Octubre. Como consecuencia de la alta pluviosidad y de la disminución en la temperatura, se da un aumento importante en el porcentaje de humedad relativa, el cual llega a 88% en el mes de Setiembre. Además, la cantidad de radiación y brillo solar disminuyen considerablemente, logrando menos de 6 horas de luz diarias.

IMAGEN 2.20. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS SANTA CRUZ. Fuente: Autor



La información fue procesada mediante el software MeteoNorm V.5.1 con el fin de obtener los datos horarios correspondientes a todas las variables e incorporarlos en el software Weather Tool, con el que se obtuvo la graficación. Dicho gráfico fue modificado por la autora.

IMAGEN 2.21. ÁBACO PSICOMÉTRICO SANTA CRUZ. Fuente: Autor

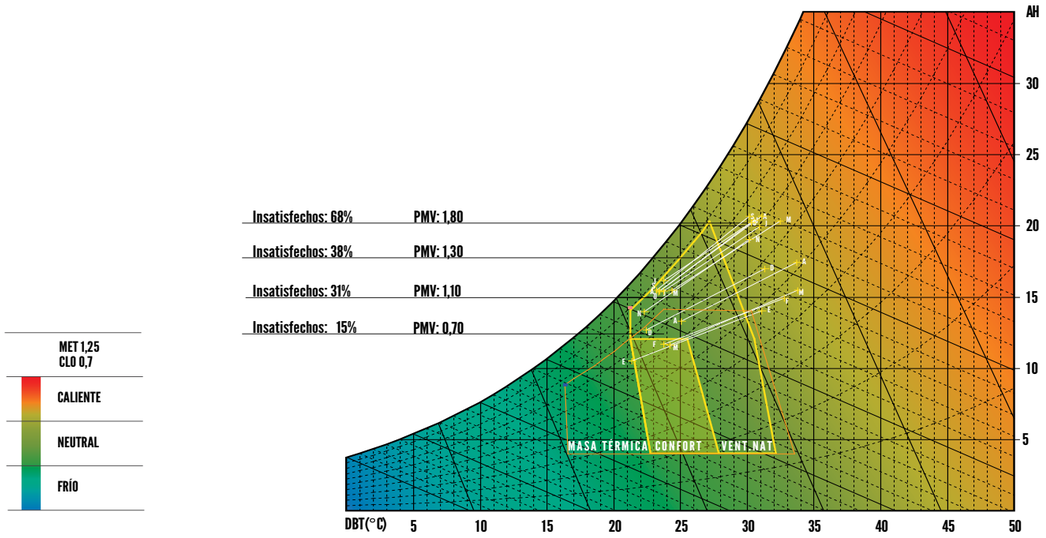
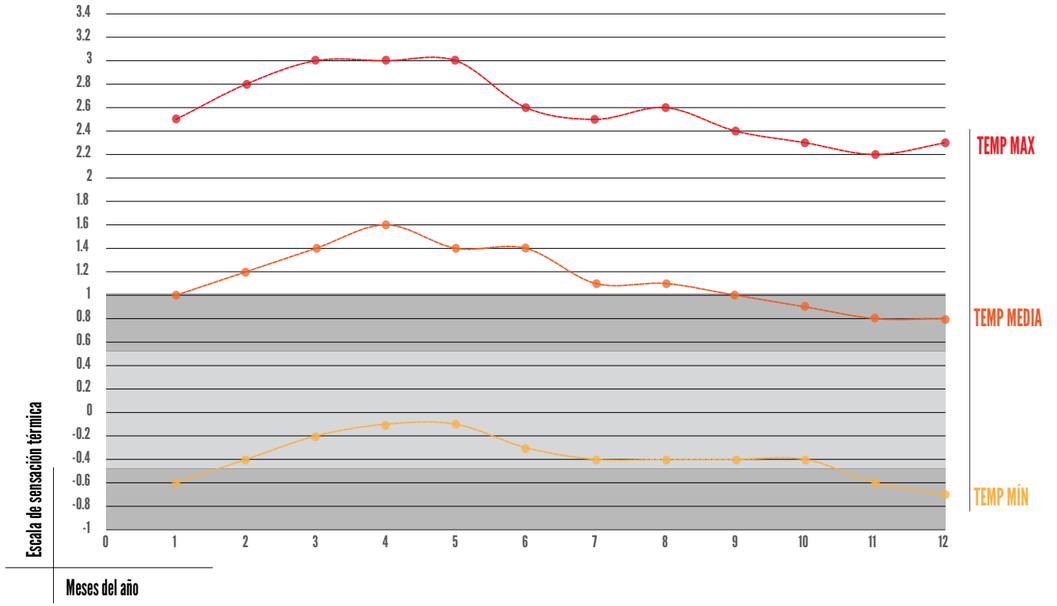


IMAGEN 2.22. GRÁFICO PMV SANTA CRUZ. Fuente: Autor



B. ÁBACO PSICOMÉTRICO Y CONFORT

El presente diagrama muestra el rango entre los valores máximos y mínimos de la temperatura y la humedad en la ciudad de Santa Cruz, en Guanacaste. Estos valores se encuentran en una zona de sensación térmica neutral tendiendo a un ambiente caliente. A excepción de las temperaturas mínimas de algunos meses, la mayoría del tiempo este sitio se encuentra fuera de la zona de confort.

Los promedios mínimos de temperatura y humedad presentan un Voto Medio Estimado que oscila entre 0 y 1 según la escala de sensación térmica establecida en el ISO 7730, en donde el porcentaje de personas insatisfechas es igual o menor al 20%.Sin embargo, conforme aumentan estos valores se van alejando cada vez más de la zona de confort y aumenta el número de personas insatisfechas.

Con el fin de aumentar el rango de confort establecido, es posible aplicar estrategias pasivas. Sin embargo, en el caso de Santa Cruz, es la implementación de una adecuada ventilación natural lo que permite que la mayoría de los meses del año se logre tener un ambiente de mayor bienestar y disminuir el porcentaje de insatisfacción.

No obstante, existen momentos en donde la temperatura y la humedad muy elevadas y no es posible lograr confort aun cuando se implementa la ventilación natural de manera correcta.

Los cálculos de confort se realizaron tomando una velocidad de viento de 0.5 m/s.Si en el sitio existe una velocidad mayor a la establecida, es posible que se pueda disminuir el porcentaje de personas insatisfechas.

Al observar con más detalle el Voto Medio estimado según las temperaturas máximas, medias y mínimas específicas en esta zona, se puede comprobar lo que se mencionó anteriormente. Los registros mínimos mantienen un rango aceptable de insatisfacción en la escala de sensación térmica establecida e incluso ciertos de los registros medios. Sin embargo en los meses de mayor calor (Febrero, Marzo, Abril, Mayo) presentan un porcentaje muy alto de personas insatisfechas.
Los cálculos fueron realizados con los mismos valores de CLO, MET y velocidad de viento establecidos anteriormente.

IMAGEN 2.23. TABLAS ÍNDICES DE CONFORT PMV-PPD SANTA CRUZ. Fuente: Autor

TURRIALBA- TEMPERATURA MÁXIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	2.5	2.8	3	3	3	2.6	2.5	2.6	2.4	2.3	2.2	2.3
PPD	93.4%	97.8%	99.1%	99.1%	99.1%	95.3%	93.4%	95.3%	91.1%	88.3%	84.9%	88.3%

TURRIALBA - TEMPERATURA MEDIA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	1	1.2	1.4	1.6	1.4	1.4	1.1	1.1	1	0.9	0.8	0.8
PPD	26.1%	35.2%	45.5%	56.3%	45.5%	45.5%	30.5%	30.5%	26.1%	22.1%	18.5%	18.5%

TURRIALBA - TEMPERATURA MÍNIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-0.6	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.7
PPD	12.5%	8.3%	5.8%	5.2%	5.2%	6.9%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	12.5%	15.3%

IMAGEN 2.24. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA). Fuente: Autor

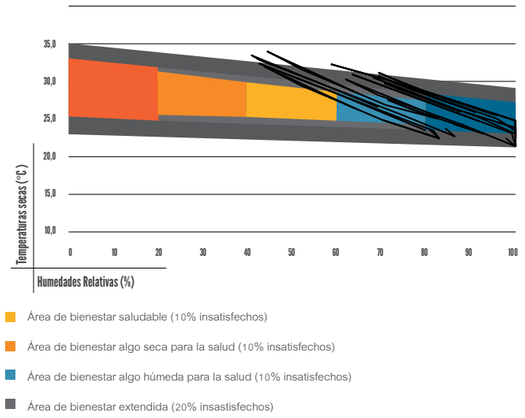
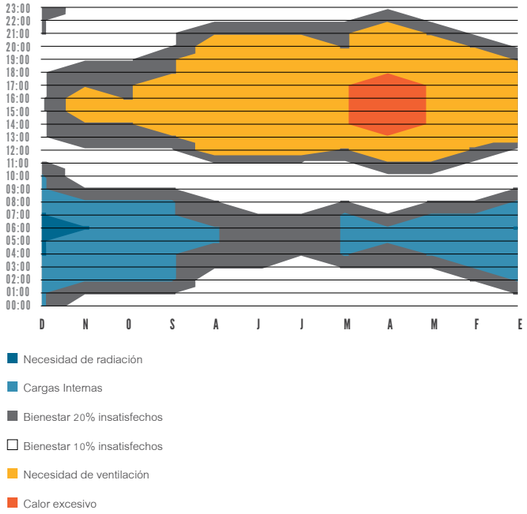


IMAGEN 2.25. GRÁFICO DE ISOPLETAS CON TEMPERATURA. Fuente: Autor



c. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA)

El climograma de bienestar adaptado para la ciudad de Santa Cruz, Guanacaste muestra confort higrotérmico ligeramente húmedo (de un 10 a un 20% de personas insatisfechas) en los momentos de las menores temperaturas registradas. A su vez, se encuentra en su mayoría fuera del area de bienestar saludable debido a las altas temperaturas que se registran en algunos meses del año. Esto se evidencia en el gráfico de isopletas, donde se muestra en Marzo y Abril un período de calor excesivo de 1 a 5 de la tarde.

Como se mencionó en el análisis psicométrico, existe una necesidad presente a lo largo del año para lograr una sensación de mayor bienestar: la ventilación natural. No obstante, no se debe realizar durante todo el día, sino solo en el rango que va desde las 12 medio día hasta las 9 de la noche aproximadamente.

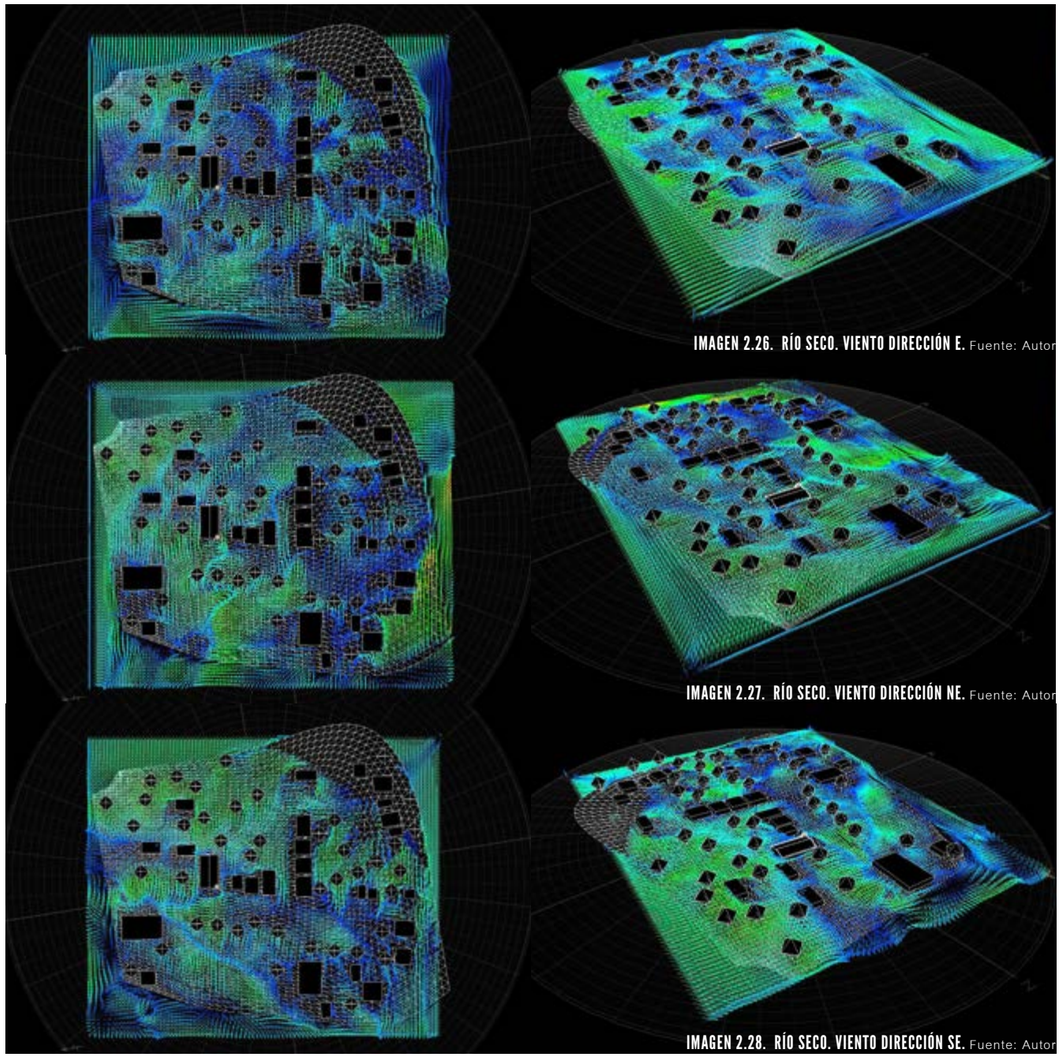


IMAGEN 2.26. RÍO SECO. VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

IMAGEN 2.27. RÍO SECO. VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.28. RÍO SECO. VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

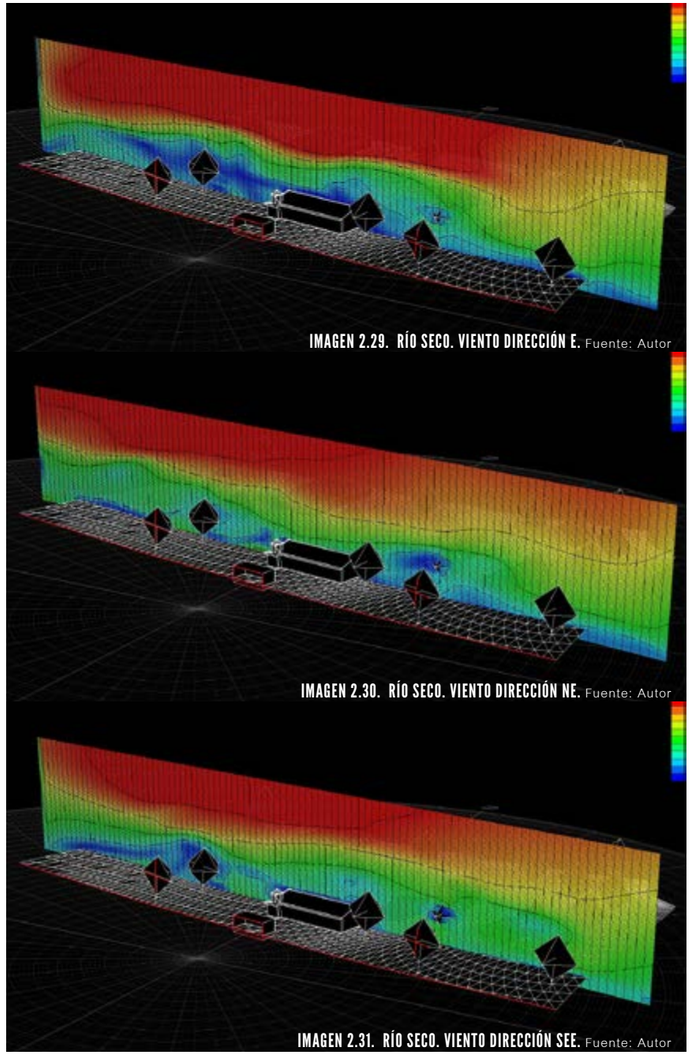


IMAGEN 2.29. RÍO SECO. VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

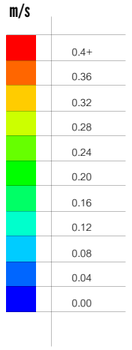
IMAGEN 2.30. RÍO SECO. VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.31. RÍO SECO. VIENTO DIRECCIÓN SEE. Fuente: Autor

D. COMPORTAMIENTO DEL VIENTO

Al igual que en el caso de Guardia, el contexto macro de la Iglesia de Río Seco es una planicie, en donde no existe ningun elemento del terreno que genere impacto en el movimiento del aire.

Cuando la dirección predominante de los vientos es del Este y el Noreste, existen algunos árboles y dos edificaciones que redireccionan el viento alrededor de la edificación e incluso causan una sombra de viento en la fachada posterior de la Iglesia, lo que probablemente dificulte lograr la entrada de ventilación a la misma. Sin embargo, cuando el flujo de aire proviene predominantemente del Sureste, se mueve con mayor velocidad y no presenta obstáculos considerables antes de acercarse al costado lateral de la edificación de estudio.



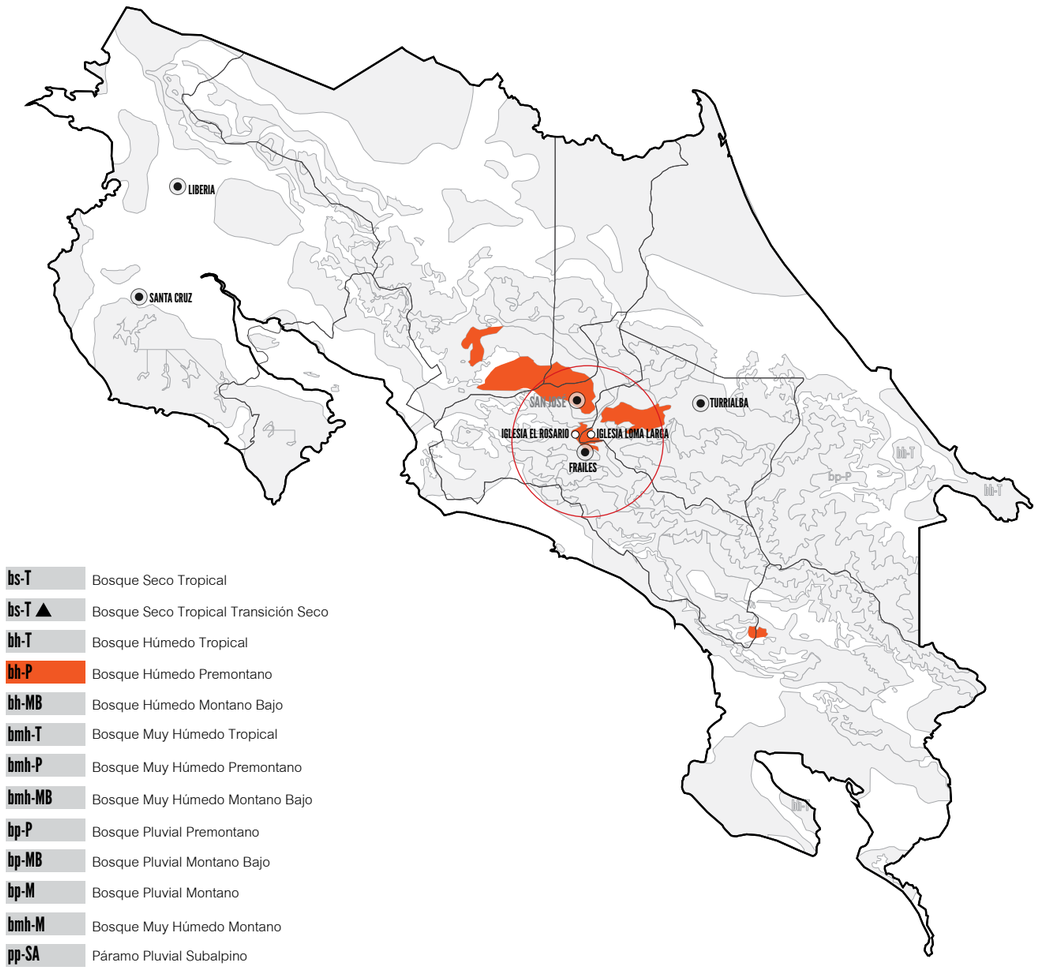
3.0 Z2 BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO

Esta zona de vida constitye, después del bosque seco tropical, el tipo de bosque más alterado y reducido de Costa Rica. Su desaparición se debe principalmente a que su ubicación presenta suelos volcánicos fértiles y condiciones climáticas propicias para actividades del uso de la tierra como la agricultura. La mayor parte del área es utilizada para cultivar café. Además, es un bioclima muy atractivo para el asentamiento de poblaciones humanas. De hecho, se indica que es probablemente la zona de vida más apreciada en el país debido a su clima.

En Costa Rica este bosque se encuentra en un rango de altitud que va de los 1000 a los 1500 metros sobre el nivel del mar y se encuentra ubicado en la parte central del país: en el Valle Central, desde San José hasta Turrúcares, y en el Valle de San Ramón se descubre una pequeña parte localizada en zonas protegidas. Según los datos meteorológicos, esta zona presenta una temperatura media anual que oscila entre los 18 y los 24 grados C° y presenta un periodo seco efectivo de 3.5 a 5 meses al año. Además, el ámbito de precipitación va de los 1000 a los 2000 mm como promedio anual.

Los dos casos de estudio que se sitúan dentro de la Zona 2 según la clasificación de zonas de vida de Holdridge son la Iglesia de Rosario ubicada en el cantón de Desamparados y el templo católico Nuestra Señora de Guadalupe, situado en Loma Larga, cantón de Cartago (Ver imagen). A pesar de que se ubican en cantones distintos, ambas edificaciones presentan un mismo bioclima y la distancia aproximada entre ambas es poca, ronda los 4 Km. Por esta razón, para su análisis climático anual se utilizó una única estacion meteorológica ubicada en Frailes.

IMAGEN 2.32. MAPA ZONAS DE VIDA, BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO. Fuente: Autor



bs-T	Bosque Seco Tropical
bs-T ▲	Bosque Seco Tropical Transición Seco
bh-T	Bosque Húmedo Tropical
bh-P	Bosque Húmedo Premontano
bh-MB	Bosque Húmedo Montano Bajo
bmh-T	Bosque Muy Húmedo Tropical
bmh-P	Bosque Muy Húmedo Premontano
bmh-MB	Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
bp-P	Bosque Pluvial Premontano
bp-MB	Bosque Pluvial Montano Bajo
bp-M	Bosque Pluvial Montano
bmh-M	Bosque Muy Húmedo Montano
pp-SA	Páramo Pluvial Subalpino

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DESAMPARADOS

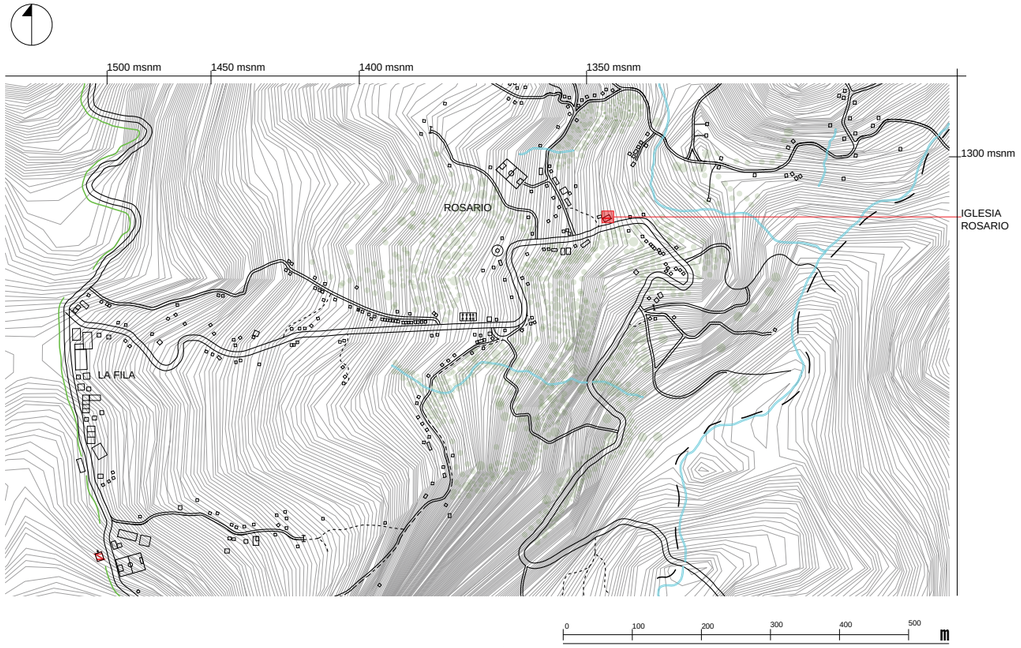
IMAGEN 2.33. MAPA DE COSTA RICA, PROVINCIA DE SAN JOSÉ. Fuente: Autor

IMAGEN 2.34. UBICACIÓN IGLESIA ROSARIO, DESAMPARADOS. Fuente: Autor

La provincia de San José es la capital del país. Ésta se encuentra ubicada en el centro de Costa Rica y se orienta a lo largo de la Cordillera Volcánica Central con dirección Sureste. La ciudad propiamente se ubica en el centro del llamado Valle Central, a una altitud promedio de 1170 metros sobre el nivel del mar. San José presenta un terreno llano con leves ondulaciones. Es un sitio rodeado por montañas y bañado por algunos ríos que lo recorren de este a oeste. En él se observan diversos microclimas, desde el páramo en el Cerro de la Muerte, hasta el clima tropical húmedo en las tierras bajas al sur.

Desamparados es el cantón 3 de la provincia de San José. Tiene una configuración geográfica en forma de L, con dos sectores muy diferentes. Los distritos del norte, cercanos a la capital, tienen una alta densidad demográfica urbana, mientras que los del sur tienen densidades mínimas. Los distritos de Rosario, Frailes y San Cristóbal, que son parte de este sector sur, se ubican en una subregión denominada la zona de los Santos. Es un sitio con escasez de zonas planas y utilizado para producción agrícola, con énfasis en café de altura. Es en este sitio en donde se ubica el tercer caso de estudio, la ermita de Rosario, comunidad ubicada a 20 km sureste de Tarbaca.

IMAGEN 2.35. MAPA MACRO DE UBICACIÓN IGLESIA ROSARIO, DESAMPARADOS. Fuente: Autor



Rosario es el distrito 9 del cantón de Desamparados y consiste en una villa que se consolidó como tal alrededor de la década de 1940 y ya a finales de esta contaba con la ermita. Presenta una superficie de 14.68 Km2 y su altitud promedio ronda los 1320 metros sobre el nivel del mar. La topografía de este sitio es bastante quebrada, llegando a presentar pendientes de hasta un 20%, La vía principal y el pueblo que se desarrolla entorno a la misma, se acopla a la topografía del terreno. No obstante, el lugar donde se ubica la Iglesia propiamente se encuentra a una misma altura. A nivel macro, se observa un sitio bastante montañoso, en donde el nivel del terreno aumenta hacia el sector oeste, al acercarse al pueblo de La Fila y disminuye hacia el extremo opuesto, conforme se acerca al río Chiroles. De esta manera, el sitio en donde se encuentra Rosario es un tipo de depresión rodeada de montañas. La cobertura vegetal es abundante, con excepción de los sitios en donde el terreno ha sido utilizado para la actividad agrícola. Al ser uno de los poblados secundarios del sector, Rosario es un asentamiento poco denso y de carácter rural. Las edificaciones existentes son pocas, en su mayoría casa de habitación de uno o dos niveles, comercios y servicios básicos.

3.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA CARTAGO

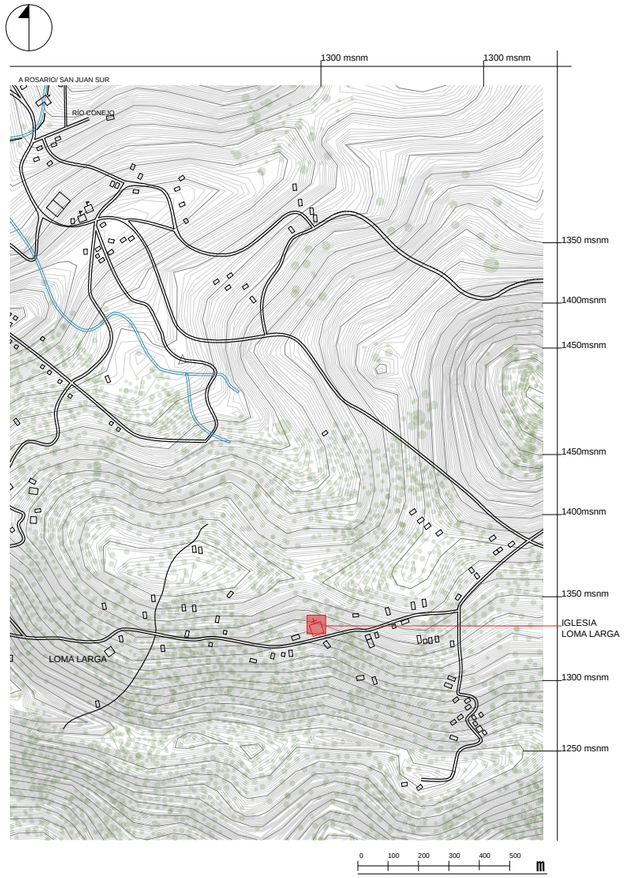
IMAGEN 2.36. MAPA DE COSTA RICA, PROVINCIA DE CARTAGO. Fuente: Autor

IMAGEN 2.37. UBICACIÓN IGLESIA LOMA LARGA, CARTAGO. Fuente: Autor

La provincia de Cartago posee una superficie de 3.124 Km2 y fue la capital colonial de Costa Rica hasta 1823. Ésta se ubica en el sector oriental de la región central del país. Limita al Norte y al Este con la provincia de Limón y al Sur y al Oeste con la provincia de San José. Seis de sus ocho cantones pertenecen al Gran Área Metropolitana, mientras que Turrialba y Jiménez componen una subregión con conexión a la región Atlántica. El territorio de Cartago se divide en dos valles: el del Guarco y el de Turrialba, los cuales están rodeados al Norte por la Cordillera Volcánica Central y al Sur por la Cordillera de Talamanca. Un alto porcentaje del territorio de la provincia está ocupado por áreas de protección y el principal sistema de drenaje del valle lo constituye el Río Reventazón.

La capital de la provincia es el cantón central de Cartago, ubicado a 27 Km aprox. de la ciudad de San José y con una altitud promedio de 1435 metros sobre el nivel del mar. Éste cuenta con 11 distritos, siendo de interés para este estudio el distrito 7, Corralillo, en donde se ubica el poblado de Loma Larga. Este sector de Corralillo forma parte de la zona de los Santos y limita al oeste con Desamparados. Es aquí donde se localiza el cuarto caso de estudio: el Templo católico Nuestra Señora de Guadalupe.

IMAGEN 2.38. MAPA MACRO DE UBICACIÓN IGLESIA LOMA LARGA, CARTAGO. Fuente: Autor



La ermita de Loma Larga está localizada a unos 15 Km del poblado de Rosario, desviándose en dirección suroeste y ascendiendo a un terreno llano, ubicado en la parte superior de una pequeña sierra, a 1340 metros sobre el nivel del mar aproximadamente. De esta condición topográfica deriva el nombre de la comunidad.

Loma Larga es un poblado que tiene un desarrollo lineal, es decir, una carretera principal a lo largo de la cual se han ido construyendo las casas. Sin embargo, no es densamente poblado, sino que permanece como un sitio de carácter rural.

Cómo se mencionó anteriormente, la iglesia está ubicada en un terreno llano, el cual limita en la parte Norte con un relieve montañoso que va aumentando su altitud al alejarse de la Iglesia. Por el contrario, en la parte Sur, la altitud sobre el nivel del mar más bien va disminuyendo conforme se aleja de la localización del pueblo.

El sitio de estudio presenta una cobertura vegetal bastante densa y en sus alrededores presenta gran cantidad de terrenos dedicados a la agricultura, específicamente plantaciones de café.

3.1.3 RESUMEN CLIMATOLÓGICO ANUAL FRAILES

A. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS

En el presente gráfico se pueden observar las condiciones climáticas registradas en la ciudad de Frailes. Para realizarlo se utilizaron los datos de la tabla del IMN que corresponde a la estación meteorológica Frailes No. 88035, ubicada a 1.7 Km aproximadamente del pueblo de Rosario.

En él se muestran los valores mensuales de temperaura, humedad relativa, pluviosidad, radiación y brillo solar. Además, se demarcan las dos épocas críticas así como los máximos y mínimos por variable.

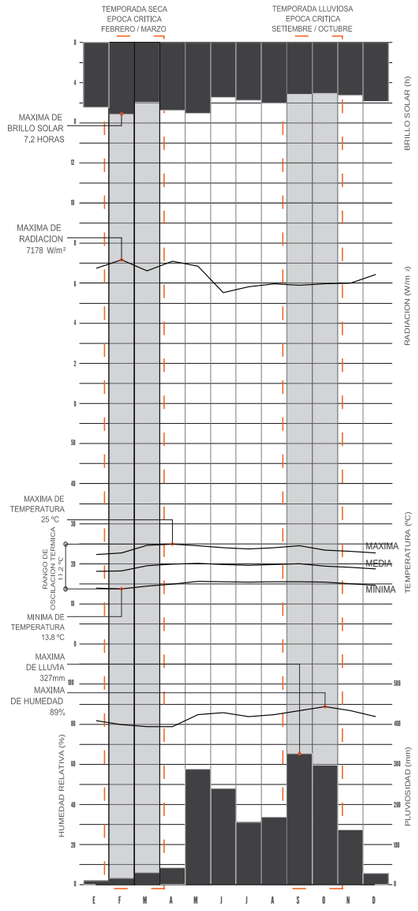
Los meses de Febrero y Marzo presentan un rango de temperaturas relativamente bajas que van desde los 13.8 °C (promedio mínimo registrado en todo el año) hasta los 24.7 °C, dando como resultado una oscilación térmica de 11.2 °C. No obstante, la temperatura más alta registrada se presenta en el mes de Abril, alcanzando los 25 °C.

En esta época crítica, se presentan condiciones secas, con un registro máximo de 16.3 mm/mes de lluvia en Febrero. Sin embargo, los niveles de humedad relativa se mantienen altos, alrededor del 80%. A su vez, los primeros cuatro meses del año muestran los mayores índices de radiación y brillo solar, siendo 7178 W/m2 la máxima de radiación registrada.

Los mayores índices anuales de humedad se presentan durante la época lluviosa. En Octubre se alcanza el promedio máximo de humedad relativa: 89%. La precipitación supera los 300 mm/mes, tanto en Setiembre como en Octubre, en donde se registran de 24 a 25 días de lluvia.

Las temperaturas mínimas registradas en esta época son mayores a las de la primera época crítica, cercanas a los 15.5 °C. Por otro lado, la temperatura máxima promedio es de 24 °C. Como consecuencia de la alta pluviosidad de esta época, la radiación y el brillo solar se reducen considerablemente, alcanzando un máximo de 5 horas de luz solar diaria en ambos meses.

IMAGEN 2.39. CLIMOGRAMA DE COLOMNAS, FRAILES. Fuente: Autor



La información fue procesada mediante el software Meteo-Norm V.5.1 con el fin de obtener los datos horarios correspondientes a todas las variables e incorporarlos en el software Weather Tool, con el que se obtuvo la graficación. Dicho gráfico fue modificado por la autora.

IMAGEN 2.40. ÁBACO PSICOMÉTRICO FRAILES. Fuente: Autor

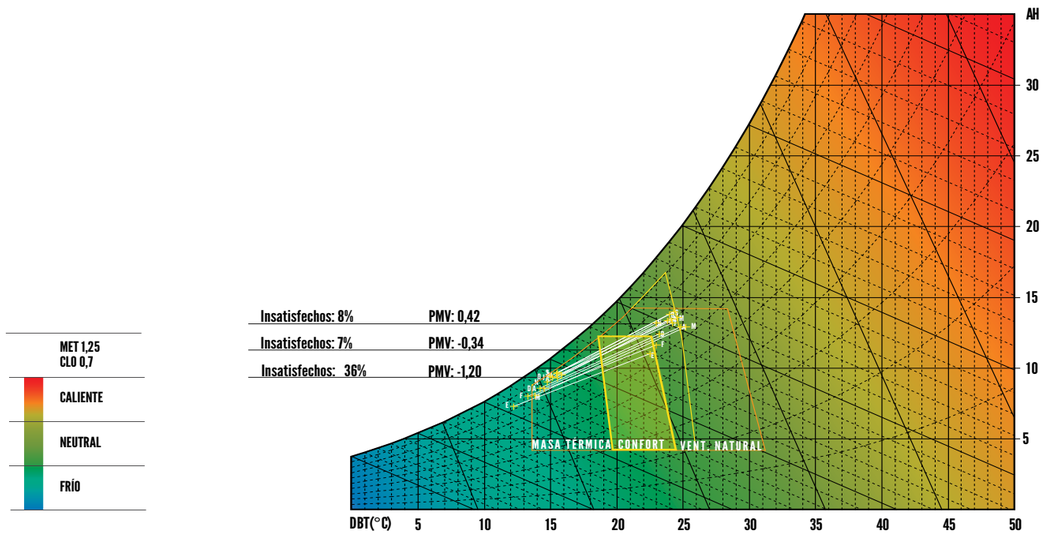
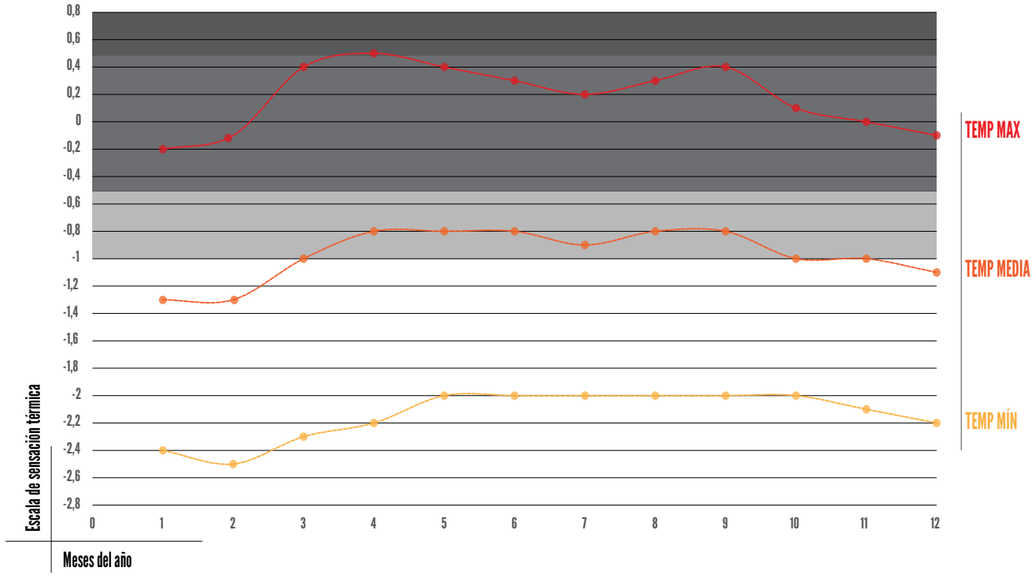


IMAGEN 2.41. GRÁFICO PMV FRAILES. Fuente: Autor



B. ÁBACO PSICOMÉTRICO Y EL CONFORT

En el ábaco psicométrico se muestran las líneas de oscilación entre el valor máximo y mínimo de temperatura de bulbo seco y humedad relativa presentes en cada mes en la ciudad de Frailes. La mayor parte del año el sitio se mantiene dentro del rango ideal o zona neutral(-0.5 a 0.5) según la escala de sensación térmica. Sin embargo, solamente cuando las temperaturas van de los 19 °C a los 24 °C aproximadamente, con humedades entre el 60 y el 80 % el lugar se encuentra dentro de la zona de confort. Las temperaturas mínimas registradas en todos los meses, en conjunto con los niveles altos de humedad, hacen que la sensación de bienestar disminuya, tendiendo a un ambiente ligeramente frío. Consecuentemente, la cantidad de personas insatisfechas aumenta en estas condiciones.

La aplicación de dos estrategias pasivas es efectiva para lograr ampliar la zona de confort higrotérmico en Frailes. La primera es la ventilación natural, la cual mejora las condiciones de bienestar en los momentos de máximas temperaturas.

Sin embargo, la estrategia más efectiva es la implementación de masa térmica, lo cual logra aumentar el procentaje de confort de un 20 a un 70% aproximadamente. Esta estrategia mejora las condiciones a lo largo de todo el año.

Los cálculos de confort se realizaron tomando una velocidad de viento de 0.5 m/s. Si en el sitio se registran velocidades mayores es posible que puedan mejorar las condiciones de confort.

Con el fin de entender más a fondo el comportamiento del ambiente térmico del sitio, se calculó el Voto Medio Estimado así como el porcentaje de personas insatisfechas según los valores máximos, medios y mínimos en cada mes del año. De esta forma, se confirma lo que se mostró anteriormente: cuando se presentan las temperaturas máximas, el porcentaje de personas insatisfechas es despreciable y por ende la sensación que predomina es el confort, ligeramente cálido. Incluso, con las temperaturas medias se sigue manteniendo un ambiente placentero higrotérmicamente, a excepción de los meses de Diciembre, Enero y Febrero en donde está frío. A su vez, las temperaturas mínimas si logran alcanzar altos porcentajes de de insatisfacción.
De esta manera, se observa más detallamente lo que se

IMAGEN 2.42. TABLAS ÍNDICES DE CONFORT PMV-PPD FRAILES. Fuente: Autor

FRAILES - TEMPERATURA MÁXIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-0.2	-0.1	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.1	0	-0.1
PPD	5.8%	5.2%	8.3%	10.2%	8.3%	6.9%	5.8%	6.9%	8.3%	5.2%	5.0%	5.2%

FRAILES - TEMPERATURA MEDIA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-1.3	-1.3	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-1	-1	-1.1
PPD	40.3%	40.3%	26.1%	18.5%	18.5%	18.5%	22.1%	18.5%	18.5%	26.1	26.1	30.5

FRAILES - TEMPERATURA MÍNIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-2.4	-2.5	-2.3	-2.2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2.1	-2.2
PPD	91.1%	93.4%	88.3%	84.9%	76.8%	76.8%	76.8%	76.8%	76.8%	76.8%	81.1%	84.9%

IMAGEN 2.43. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA). Fuente: Autor

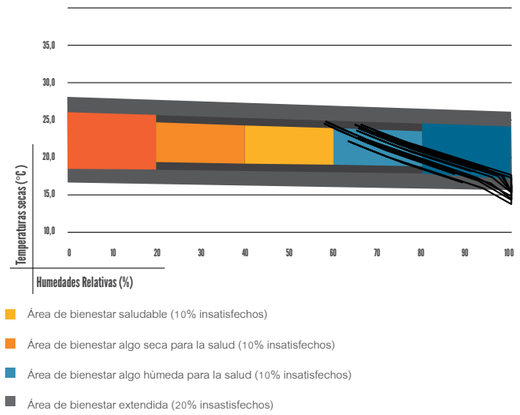
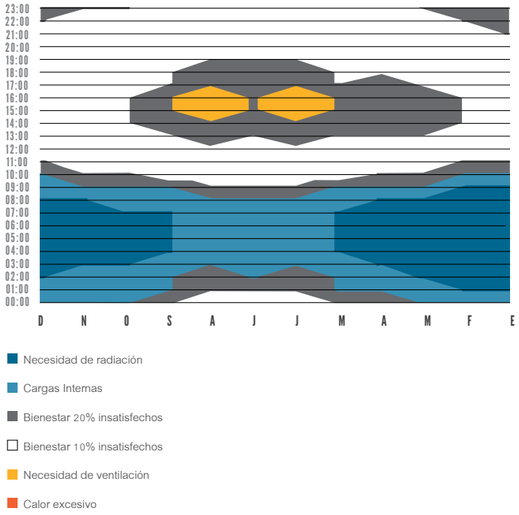


IMAGEN 2.44. GRÁFICO DE ISOPLETAS CON TEMPERATURA. Fuente: Autor



mencionó con anterioridad: los datos de temperaturas máximas e incluso las temperaturas medias registradas en la primera época crítica del año llegan a alcanzar un alto porcentaje de personas insatisfechas. No obstante, los demás datos registrados se ubican dentro de un rango aceptable en la escala de sensación térmica establecida. Los cálculos fueron realizados con los mismos valores de CLO, MET y velocidad de viento establecidos anteriormente.

c. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA)

El climograma para Frailes muestra que durante el año predominan las condiciones de confort higrotérmico ligeramente húmedo, con un rango de 10 a 20% de personas insatisfechas, lo cual describe un clima apto para vivir con un ambiente que durante la mayor parte del tiempo es agradable. Sin embargo, hay momentos en los que la humedad es considerablemente alta y por lo que se vuelve un lugar térmicamente aceptable pero excesivamente húmedo para el bienestar.

El gráfico de isopletas permite ver como es que se desarrolla este comportamiento a través de las horas del día. En este caso, no se presenta ningún tipo de calor excesivo como ocurre en la zona de Liberia. Además, la necesidad de ventilación esta presente únicamente en los meses de Mayo a Setiembre, de 2 a 5 de la tarde.

En los rangos de 10 am a 1 pm y de 7 pm a 10pm, se mantiene una sensación de bienestar con un 10 % de insatisfechos. En cambio, en los meses de Febrero a Octubre, el período de 2 a 7 pm muestra un aumento en el porcentaje de personas insatisfechas que llega al 20%. Sin embargo, mientras no se sobrepase este porcentaje se considera un ambiente confortable. Durante las madrugadas y parte de la mañana se observa la necesidad de radiación debido a las bajas temperaturas registradas y a su vez la posibilidad de implementar la estrategia de cargas internas.

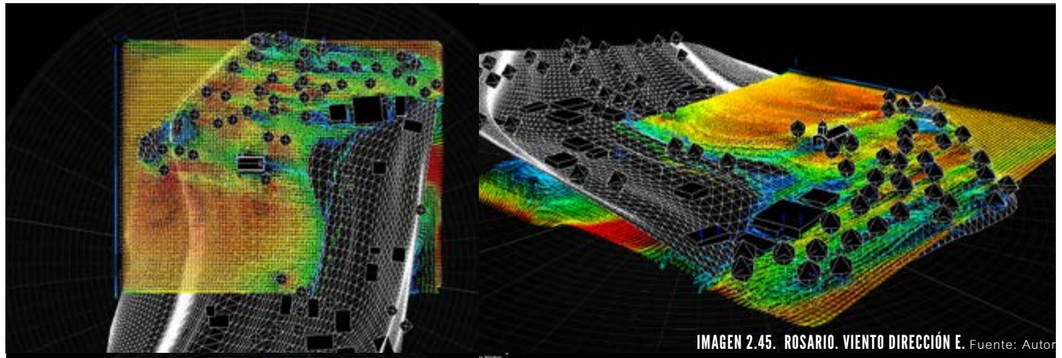


IMAGEN 2.45. ROSARIO. VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

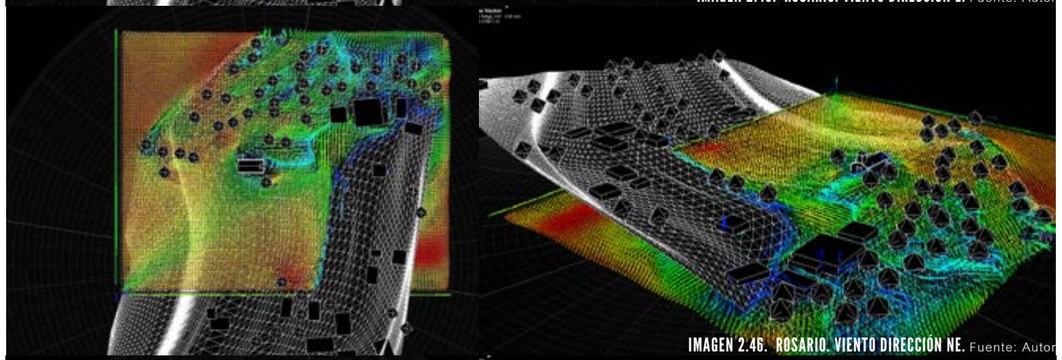


IMAGEN 2.46. ROSARIO. VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

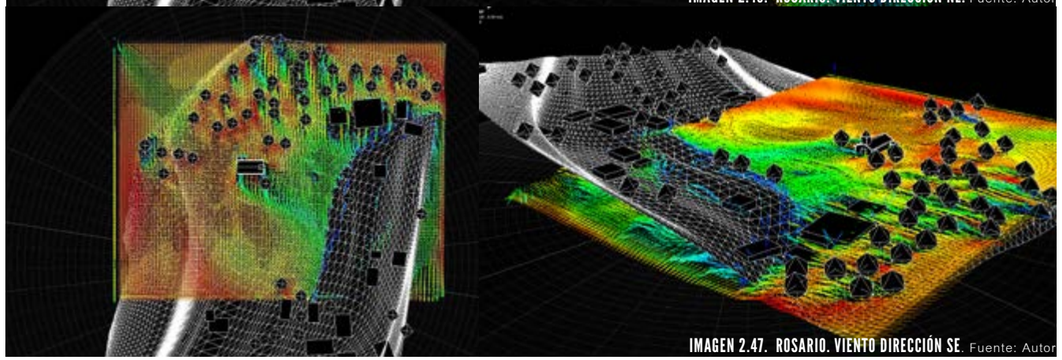


IMAGEN 2.47. ROSARIO. VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

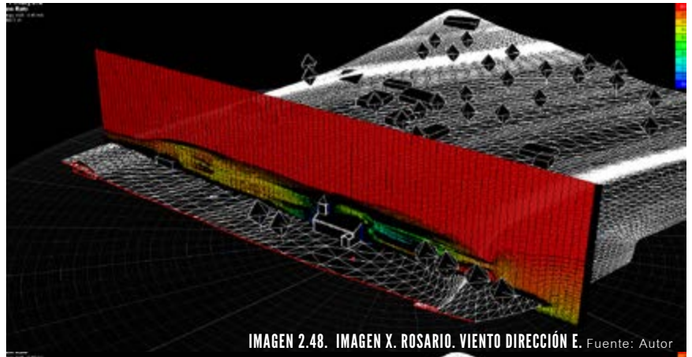


IMAGEN 2.48. IMAGEN X. ROSARIO. VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

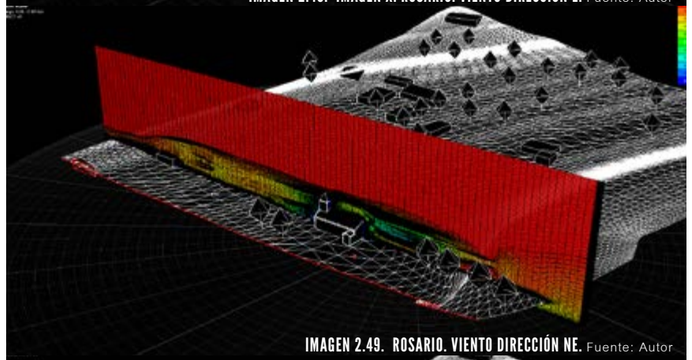


IMAGEN 2.49. ROSARIO. VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

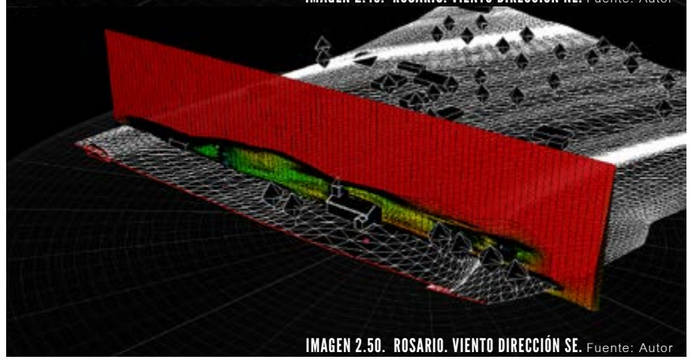


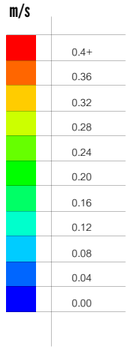
IMAGEN 2.50. ROSARIO. VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

D COMPORTAMIENTO DEL VIENTO

A pesar de que el terreno del contexto macro que rodea esta iglesia es quebrado, el mismo no influye en la manera en que se mueve el viento en las cercanías del edificio.

Durante los momentos en el viento predominante es del Noreste, el flujo del aire y su velocidad es constante ya que no existen elementos que generen barreras u obstáculos. Una situación similar se presenta cuando el viento proviene del Este, ya que a pesar que existen ciertos árboles en esta dirección, su distancia de la edificación es suficientemente amplia para que no genere impacto en la misma.

En el caso del viento predominante con dirección Sureste, existen algunos árboles que causan reducción en la velocidad del flujo. Sin embargo, no redistribuyen la dirección del mismo.



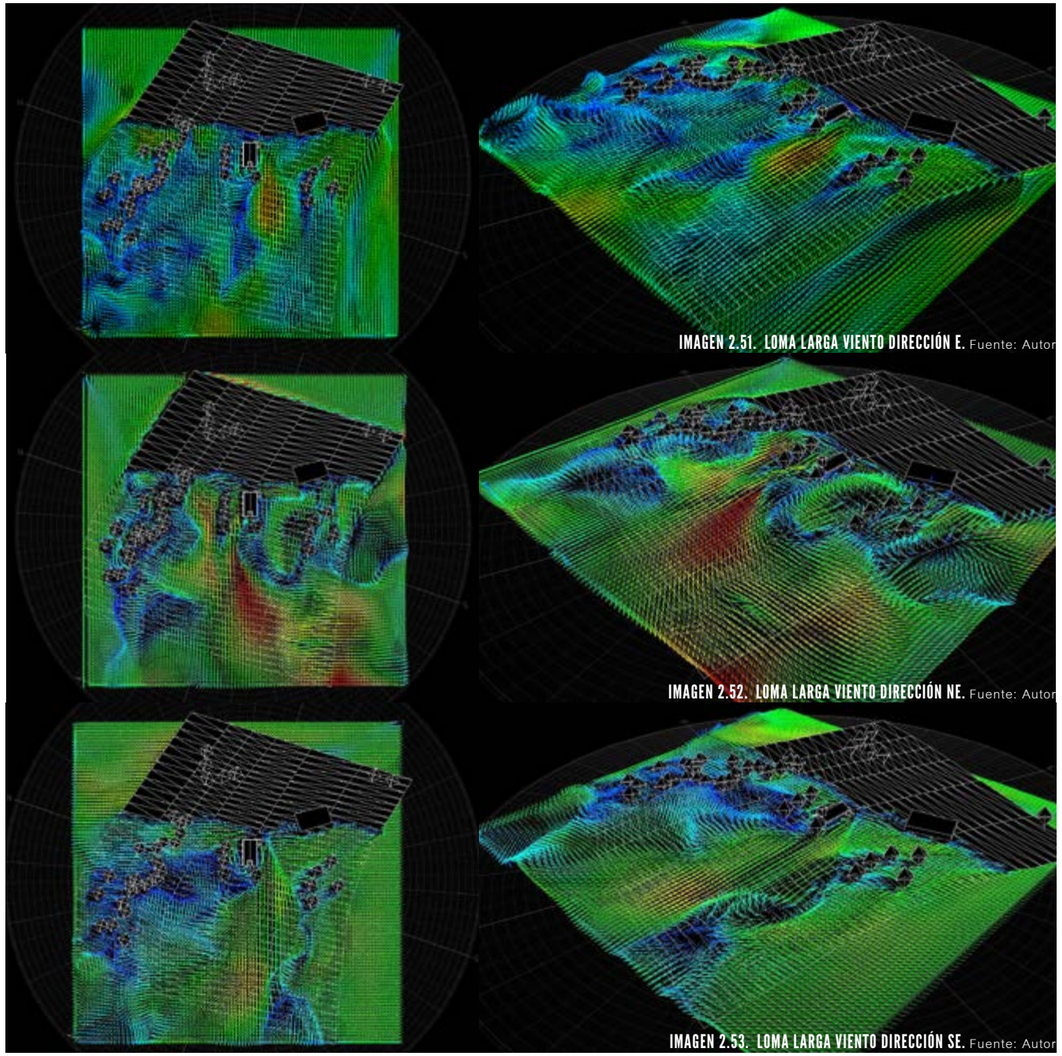


IMAGEN 2.51. LOMA LARGA VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

IMAGEN 2.52. LOMA LARGA VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.53. LOMA LARGA VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

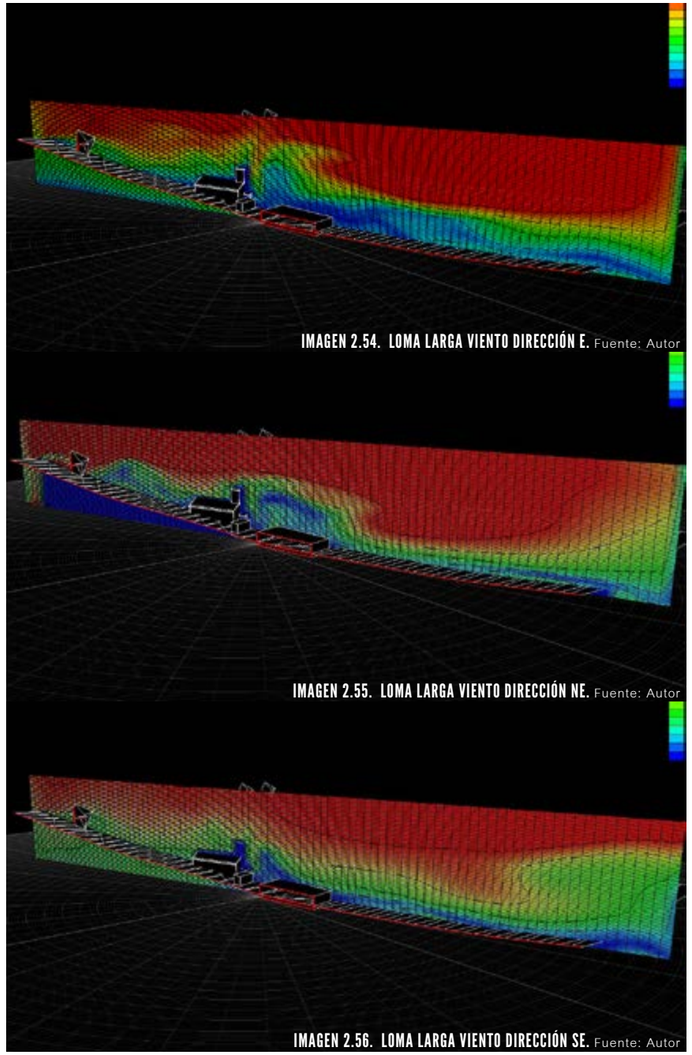


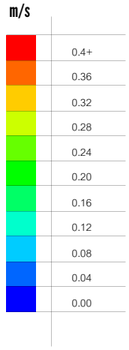
IMAGEN 2.54. LOMA LARGA VIENTO DIRECCIÓN E. Fuente: Autor

IMAGEN 2.55. LOMA LARGA VIENTO DIRECCIÓN NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.56. LOMA LARGA VIENTO DIRECCIÓN SE. Fuente: Autor

En el caso del contexto macro de la Iglesia de Loma Larga, la topografía si es importante dentro del análisis del flujo de aire, ya que debido a la pendiente de la colina, el viento no sigue el curso de la misma sino tiende a elevarse, lo que dificulta su llegada a nivel de la Iglesia. Esto sucede más que todo cuando la dirección predominante del viento es Este o Noreste.

Cuando el viento proviene del Noreste, existe un grupo de árboles que generan una sombra de viento hacia el espacio en donde se encuentra la iglesia. Sin embargo, es una barrera penetrable y a una distancia suficiente para que el viento vuelva a tomar su curso original. En el caso del viento Sureste, no existe ningun obstáculo importante que genere un cambio en la dirección del viento.



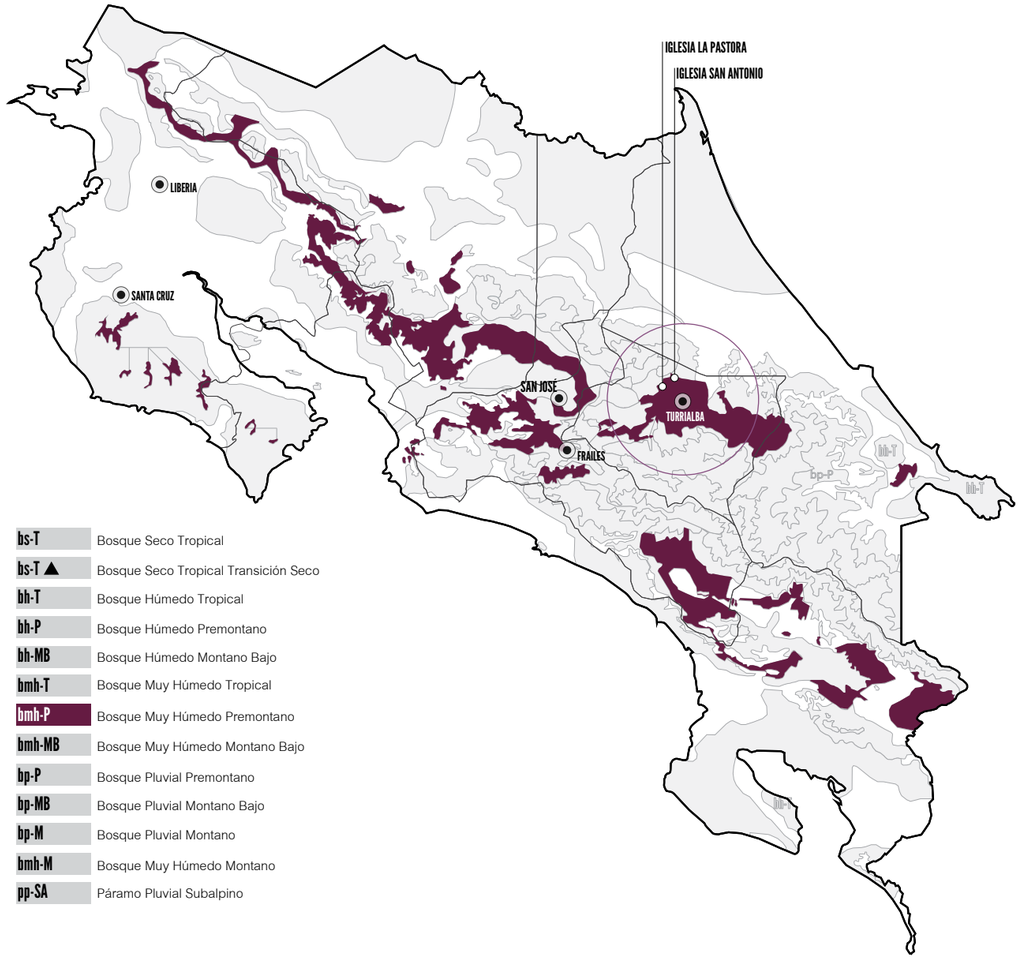
4.0 Z1 BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO

Esta zona de vida presenta un tipo de bosque que ocupa grandes extensiones en Costa Rica, principalmente en las zonas premontañosas de todas las cordilleras, en un rango de altitud que va de 1000 a 2000 metros sobre el nivel del mar. Se ubica en diferentes áreas: en el valle del General de manera peiférica al bosque húmedo, en Turrialba,en el Valle Central y a lo largo de la vertiente pacífica de las cordilleras de Tilarán y Guanacaste. En general, este tipo de clima es bastante atractivo para el desarrollo de actividades agropecuarias debido a la excesiva precipitación y a la alta tasa de humedad predominante.

Según los datos meteorológicos, el bosque muy húmedo premontano presenta un rango de temperatura media anual que oscila de los 18 a los 24 grados C°. Además, una de las características más predominantes del sitio es su alto nivel de humedad, presentando un promedio anual de precipitación bastante amplio: de 2000 a 4000 mm.

Los casos de estudio que se localizan dentro de la Zona 3 según la clasificación de zonas de vida de Holdridge son el Templo católico de La Pastora y el Templo católico de San Antonio, ambos ubicados en Santa Cruz de Turrialba. (Ver imagen). En el caso específico de esta tercera zona de vida, ambas edificaciones se ubican dentro del mismo cantón y presentan un mismo bioclima. Entre ambas iglesias, existe una distancia aproximada de 6,5 Km. Debido a esto, para realizar su análisis bioclimático anual se utilizó una interpolación de datos entre dos estaciones meteorológicas: la del CATIE en Turrialba y la del Volcán Irazú.

IMAGEN 2.57. MAPA DE ZONAS DE VIDA BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO. Fuente: Autor



4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA TURRIALBA

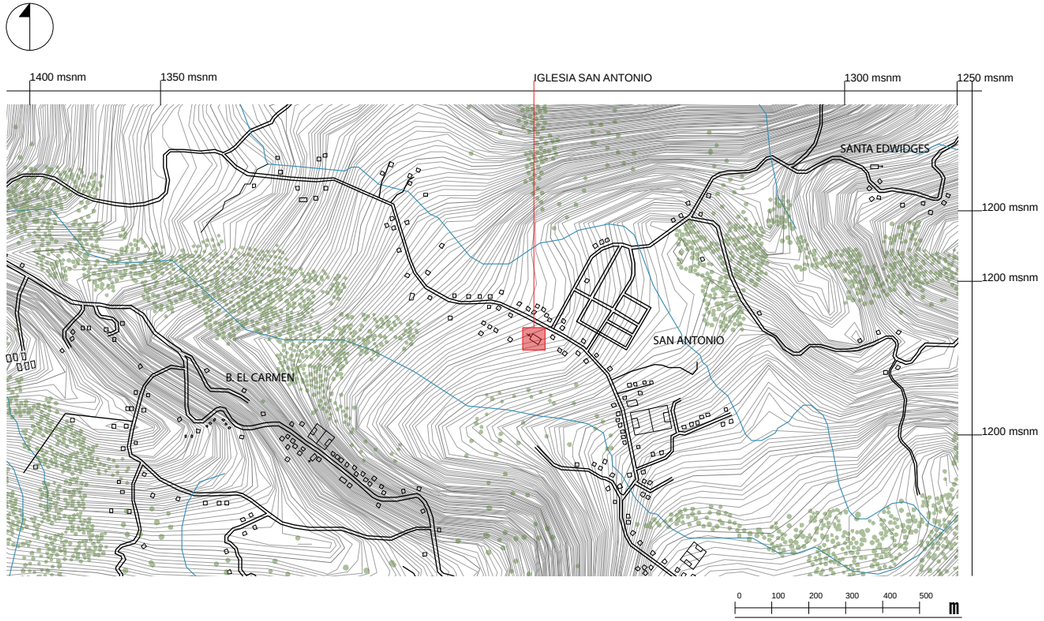
IMAGEN 2.58. MAPA DE COSTA RICA, PROVINCIA DE TURRIALBA. Fuente: Autor

IMAGEN 2.59. UBICACIÓN IGLESIA SAN ANTONIO, TURRIALBA. Fuente: Autor

El segundo caso de estudio que forma parte de la Zona 3 también se encuentra ubicado en la provincia de Cartago. Sin embargo, en este caso el cantón a analizar es el número 5: Turrialba. Este cantón limita al Norte y al Este con la Provincia de Limón , al Sur con la provincia de San José y al Oeste con la provincia de Cartago. Su topografía presenta diversas manifestaciones, desde zonas altas aledañas al Volcán Turrialba, que presenta una altitud de 3340 metros sobre el nivel del mar, hasta los terrenos bajos donde limita con Limón, pasando por valles intermedios, como la ciudad de Turrialba, la cual se encuentra a 646 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 64 km de la ciudad de San José. El clima de esta región presenta una marcada influencia del Caribe, ya que los vientos alisios del noreste son los principales responsables de llevar la humedad a este sector. De esta manera, también se ve afectada la cantidad de precipitación en la zona, la cual es abundante, algo característico de las zonas caribeñas de Costa Rica.

Turrialba ocupa aproximadamente el 50% del territorio de la provincia de Cartago y es recorrido por tres ríos principales: el Río Reventazón, el Río Pacuare y el Río Chirripó. Debido a su topografía, el agua desciende de las zonas altas y provoca inestabilidad de suelos en ciertos sectores,

IMAGEN 2.60. MAPA MACRO DE UBICACIÓN IGLESIA SAN ANTONIO, SANTA CRUZ DE TURRIALBA. Fuente: Autor

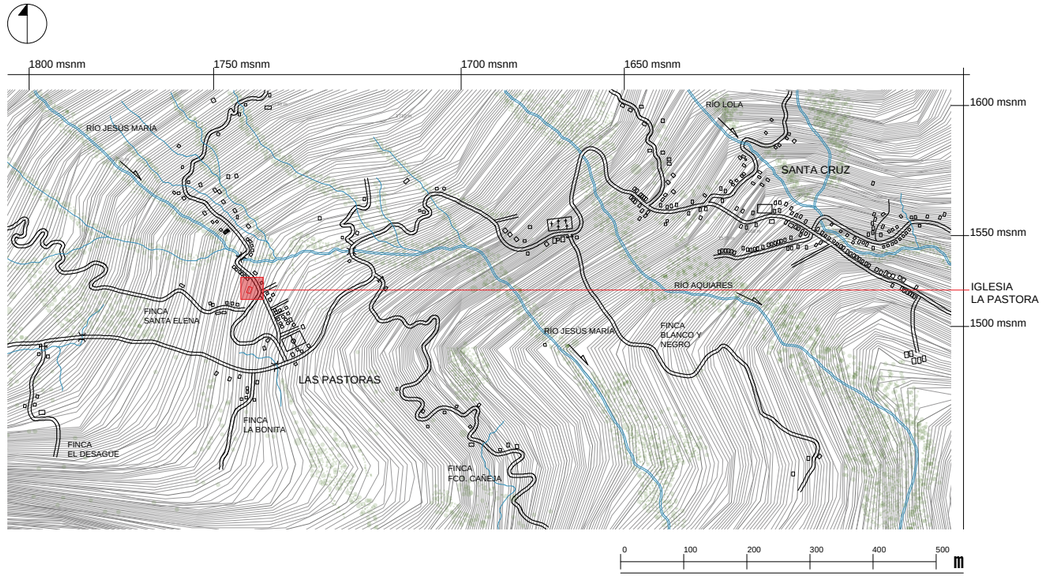


A una distancia aproximada de 7 Km de La Pastora, se encuentra el pueblo de San Antonio, el cual también pertenece al distrito de Santa Cruz de Turrialba. Sin embargo, este sitio se encuentra más bajo, a una altitud de 1250 metros sobre el nivel del mar aproximadamente. El útlimo caso de estudio es la Templo Católico del pueblo de San Antonio.

Las condiciones macro del sitio en el que se encuentra ubicado este caso son muy similares al anterior. Es un terreno que presenta una topografía muy quebrada, en donde la vía pública bordea la montaña. Sin embargo, en el camino cercano al pueblo de San Antonio se pueden apreciar ciertas viviendas que se encuentran al lado de la carretera, a diferencia de La Pastora donde solo se aprecian terrenos dedicados a la agricultura. De igual forma, también existen terrenos para el desarrollo agrícola y ganadería de leche.

A través de la montaña también se aprecia el paso de ríos y quebradas, en donde se densifica la cobertura vegetal. En este caso, el Volcán Turrialba se encuentra ubicado al Noroeste del pueblo. Al igual que el anterior, es una zona rural, en donde existen pocas edificaciones, con amplias distancias que las separan y en su mayoría son de un solo nivel.

IMAGEN 2.61. MAPA MACRO DE UBICACIÓN IGLESIA LA PASTORA, SANTA CRUZ DE TURRIALBA. Fuente: Autor



lo que causa deslizamientos.

El quinto caso de estudio corresponde a la Iglesia de La Pastora, ubicada en Santa Cruz de Turrialba. Santa Cruz, distrito 4 del cantón, se encuentra en las faldas de una gran colina, con vista a la ciudad de Turrialba. La Pastora es uno de sus pequeños poblados, el cual presenta una altura aproximada de 1475 metros sobre el nivel del mar, altitud superior a la del centro de Santa Cruz. A nivel macro, el terreno es muy quebrado. La carretera va bordeando la montaña y de ella salen ramificaciones que funcionan como accesos a algunas fincas que existen en los alrededores. El Volcán Turrialba se localiza en la parte norte del poblado, y de él viene descendiendo la pendiente del terreno. A su vez, existe una cantidad importante de ríos que bajan a través de la montaña como son el Río Jesus María y el Río Aquiares.

Los terrenos circundantes son utilizados en su mayoría como parcelas para la agricultura. Por esta razón, los sitios en donde la vegetación es densa es, en su mayoría, alrededor de los cuerpos de agua. La Pastora es un poblado pequeño y de carácter rural, en donde las viviendas están dispuestas con amplia separación entre ellas. La mayoría de las edificaciones existentes son de un solo nivel.

4.0 RESUMEN CLIMATOLÓGICO ANUAL TURRIALBA

A. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS

El climograma de columnas muestra las condiciones climáticas presentes en la ciudad de Santa Cruz, ubicada en Turrialba. Debido a que no existen datos meteorológicos específicos para la zona, para realizarlo se elaboró una interpolación de datos entre las tablas correspondientes a 2 estaciones cercanas existentes: la estación meteorológica Volcán Irazú No. 73081 y la estación meteorológica Turrialba-CATIE No. 73010.

El mismo permite observar los valores mensuales de temperatura, humedad relativa, pluviosidad, radiación y brillo solar. A su vez, se demarcan las dos épocas críticas así como los máximos y mínimos por variable.

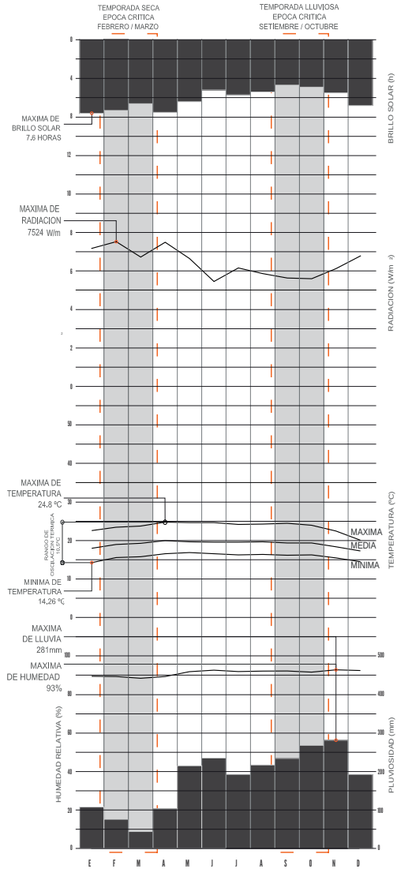
En la primera época crítica del año, Santa Cruz se diferencia de los otros sitios de estudio ya que a pesar de que los meses de Febrero y Marzo presentan los promedios de precipitación más bajos del año, son considerablemente altos en comparación a los vistos anteriormente, alcanzando en Febrero los 76 mm/mes. De igual manera sucede con los porcentajes de humedad, en donde el valor mínimo representa de igual manera un alto porcentaje de humedad: 88.6 % en el mes de Marzo.

Durante los primeros meses del año se presentan los mayores índices de radiación y brillo solar, alcanzando 8 horas de luz solar por día en el mes de Enero. Sin embargo, en Setiembre y Octubre se reducen ambos valores considerablemente, hasta alcanzar tan solo 4.7 horas de sol diarias.

Otro punto importante a señalar, es que en esta zona de estudio no se puede indicar la existencia de una época lluviosa firmemente marcada como en los sitios anteriores, ya que desde el mes de Mayo hasta Diciembre, las fuertes precipitaciones son una constante, registrando un valor máximo de 281 mm en el mes de Noviembre. Además, los promedios de humedad se mantienen superiores al 90%.

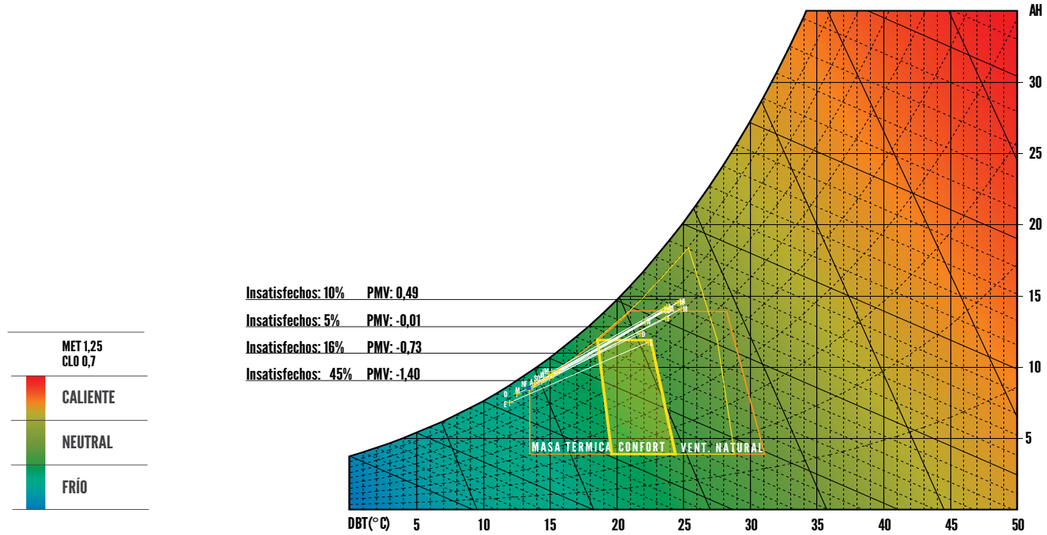
Las temperaturas a lo largo de cada mes son variables, fluctuando de un valor mínimo de 16 °C hasta un valor máximo de 24,5 °C aproximadamente; esto evidencia una oscilación térmica de alrededor de 8 o 9 grados. No obstante, los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, presentan una oscilación mayor ya que registran las temperaturas más bajas, cerca de los 14 °C.

IMAGEN 2.62. CLIMOGRAMA DE COLUMNAS, TURRIALBA. Fuente: Autor



La información fue procesada mediante el software MeteoNorm V.5.1 con el fin de obtener los datos horarios correspondientes a todas las variables e incorporarlos en el software Weather Tool, con el que se obtuvo la graficación. Dicho gráfico fue modificado por la autora.

IMAGEN 2.63. ÁBACO PSICOMÉTRICO TURRIALBA. Fuente: Autor



B. ÁBACO PSICOMÉTRICO Y EL CONFORT

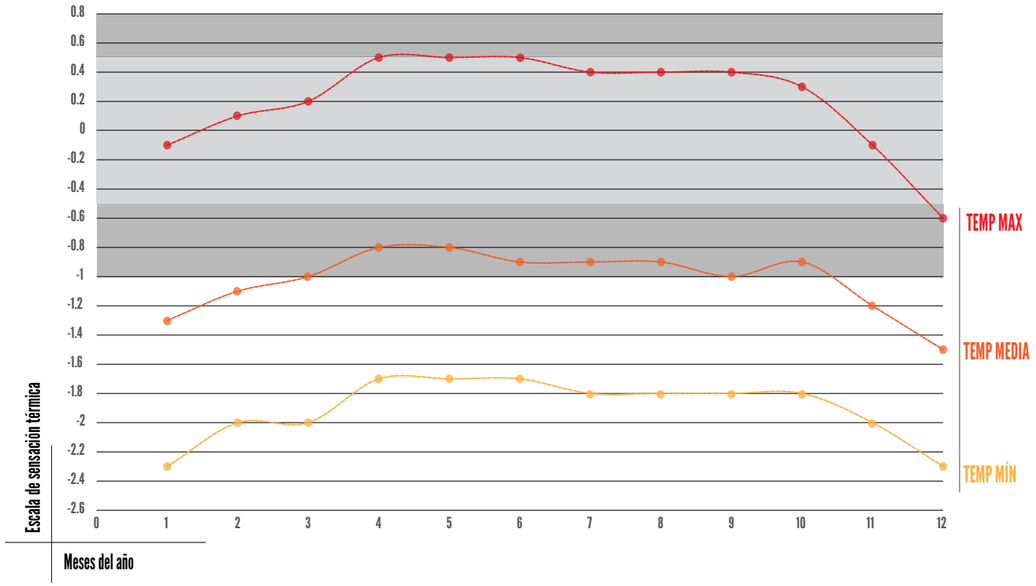
El comportamiento climático anual de Santa Cruz de Turrialba se mantiene en su mayoría dentro del área de sensación térmica neutral. Sin embargo, la zona especificamente delimitada como zona de confort tan solo existe cuando se presentan las temperaturas medias registradas. Además, las temperaturas mínimas registradas se encuentran ya dentro de un ambiente frío para la percepción de las personas.

Es importante señalar, que apesar de que el comportamiento de este sitio de estudio es similar al de Frailes, la diferencia más marcada entre ambos son los altos niveles de humedad de la zona de Turrialba, lo que causa que este ambiente sea menos confortable.

La aplicación de estrategias pasivas como la ventilación natural, la masa expuesta con ventilación nocturna y el efecto de mása térmica permiten extender la sensación de bienestar durante una mayor cantidad de tiempo en el año.

La primera estrategia mencionada es la que brinda el mayor beneficio al confort, aumentando el porcentaje hasta

IMAGEN 2.64. GRÁFICO PMV TURRIALBA. Fuente: Autor



un 40%.

En cuanto a las otras dos estrategias, su aplicación es más eficaz en los meses de Diciembre a Marzo, aunque de igual manera aumenta los porcentajes en todo el período anual.

Los cálculos de confort se realizaron tomando una velocidad de viento de 0.5 m/s.Si en el sitio existe una velocidad mayor a la establecida, es posible disminuir el porcentaje de personas insatisfechas.

Con el fin de observar un comportamiento más detallado según las temperaturas y humedades específicas, se calculó el Voto Medio Estimado y el porcentaje de personas insatisfechas para cada mes.

Las temperaturas máximas a lo largo del año permiten tener un ambiente de bienestar según la escala de sensación térmica, manteniéndose dentro del rango de 10% de insatisfacción. Incluso con las temperaturas medias el porcentaje de personas no satisfechas aumenta pero se mantiene en un rango aceptable a excepción de los meses más fríos (Noviembre-Marzo). Sin embargo, el registro de temperaturas mínimas si registra un PMV que

IMAGEN 2.65. TABLAS ÍNDICES DE CONFORT PMV-PPD TURRIALBA. Fuente: Autor

TURRIALBA- TEMPERATURA MÁXIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	-0.1	-0.6
PPD	5.2%	5.2%	5.8%	10.2%	10.2%	10.2%	8.3%	8.3%	8.3%	6.9%	5.2%	12.5%

TURRIALBA - TEMPERATURA MEDIA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-1.3	-1.1	-1	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-0.9	-1	-0.9	-1.2	-1.5
PPD	40.3%	30.5%	26.1%	18.5%	18.5%	22.1%	22.1%	22.1%	26.1%	22.1%	35.2%	50.9%

TURRIALBA - TEMPERATURA MÍNIMA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMV	-2.3	-2	-2	-1.7	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-2	-2.3
PPD	88.3%	76.8%	76.8%	61.8%	61.8%	61.8%	67.0%	67.0%	67.0%	67.0%	76.8%	88.3%

IMAGEN 2.66. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA). Fuente: Autor

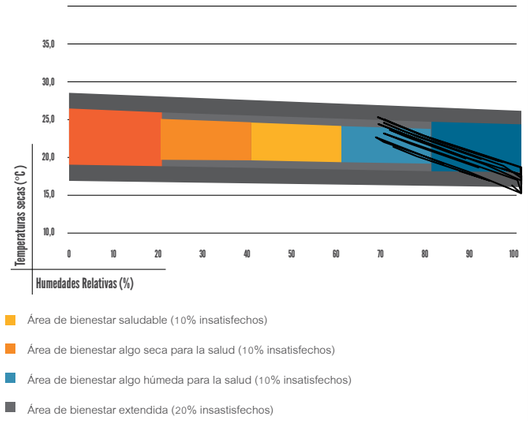
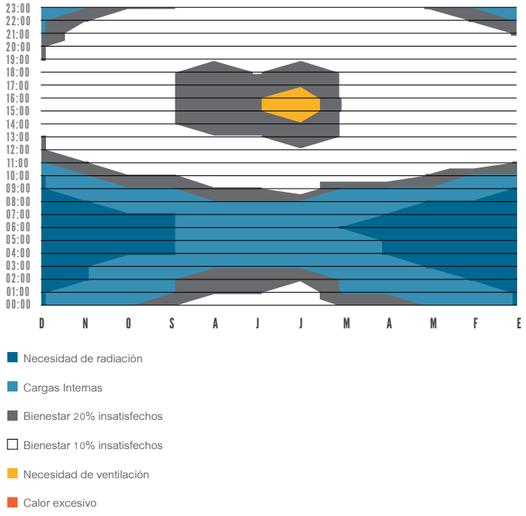


IMAGEN 2.67. GRÁFICO DE ISOPLETAS CON TEMPERATURA. Fuente: Autor



se sale del ambiente confortable, por lo que es necesario aplicar estrategias pasivas.
Los cálculos fueron realizados con los mismos valores de CLO, MET y velocidad de viento establecidos anteriormente.

C. CLIMOGRAMA DE BIENESTAR ADAPTADO (CBA)

El CBA muestra que la zona de Santa Cruz de Turrialba es térmicamente aceptable pero excesivamente húmeda para la salud. Existen momentos del año en que la humedad disminuye, pero en su mayoría se encuentra entre un 90 y un 100%.

A su vez, el gráfico de isopletas muestra que la mayor parte del año, desde las 11 am hasta las 9 pm se mantiene el bienestar con un 10% de personas insatisfechas.

Sin embargo, en los meses de Mayo a Setiembre aumenta al 20% de personas insatisfechas en las horas de 2 a 6 de la tarde, lo cual coincide con el aumento en la cantidad de precipitación y la humedad del sitio. También es importante señalar que durante junio se presenta la necesidad de ventilación en horas de la tarde.
De igual forma, como se ha mencionado anteriormente el ambiente se considera aún de bienestar aun cuando exista el 20% o menos de personas no satisfechas.

Durante las madrugadas y parte de la mañana (de 12 m.n a 10 am) se observa la necesidad de radiación en los meses de Setiembre a Abril, que son los que registran las temperaturas menores en el año. A su vez, el climograma evidencia la posibilidad de implementar la estrategia pasiva de cargas internas para mejorar la sensación de confort en el sitio.

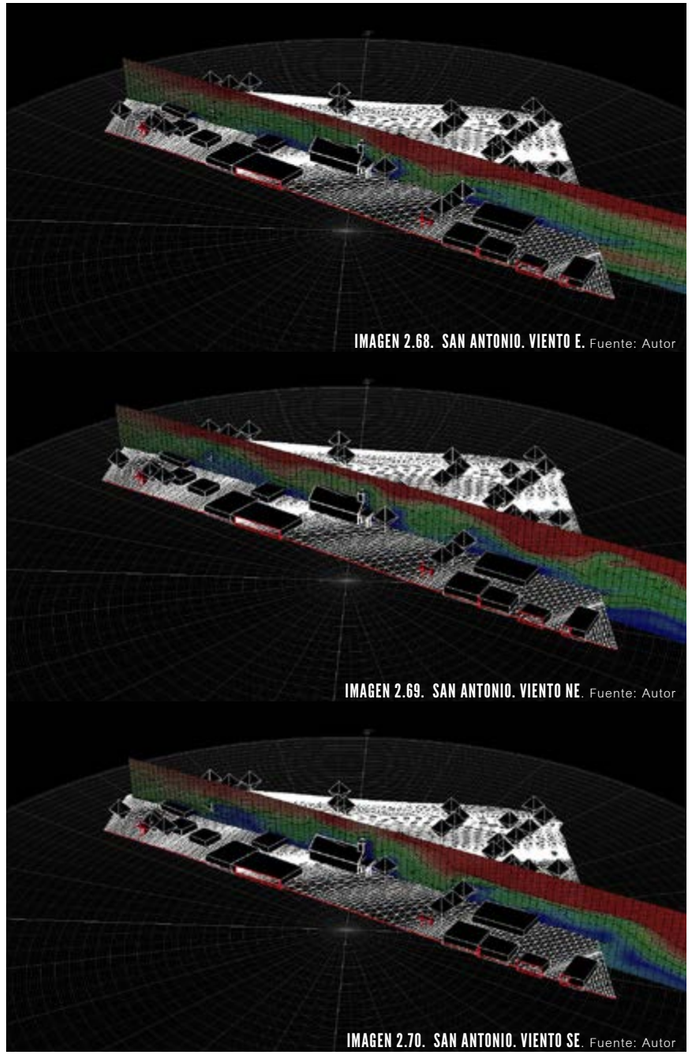


IMAGEN 2.68. SAN ANTONIO. VIENTO E. Fuente: Autor

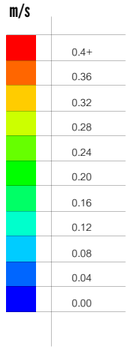
IMAGEN 2.69. SAN ANTONIO. VIENTO NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.70. SAN ANTONIO. VIENTO SE. Fuente: Autor

D. COMPORTAMIENTO DEL VIENTO

En el caso de la Iglesia de San Antonio, es importante señalar que la edificación se encuentra orientada sobre un eje Noroeste-Sureste, por lo que sus fachadas se ubican de forma paralela o perpedicular a las direcciones predominantes del viento. Además, la pendiente del terreno en algunos casos tiende a elevar el curso del flujo de aire generando un poco de sombra de viento, sin embargo, de igual manera el viento alcanza a la edificación.

Cuando el aire proviene del Noreste, éste fluye con mayor facilidad; sin embargo, la edificación anexa a esta fachada redistribuye el flujo ligeramente y cuando el viento proviene del Este, lo redirecciona por completo, limitando su llegada al edificio. En el caso del Sureste, existen gran cantidad de elementos entre árboles y edificaciones que dificultan el fluyo del aire.



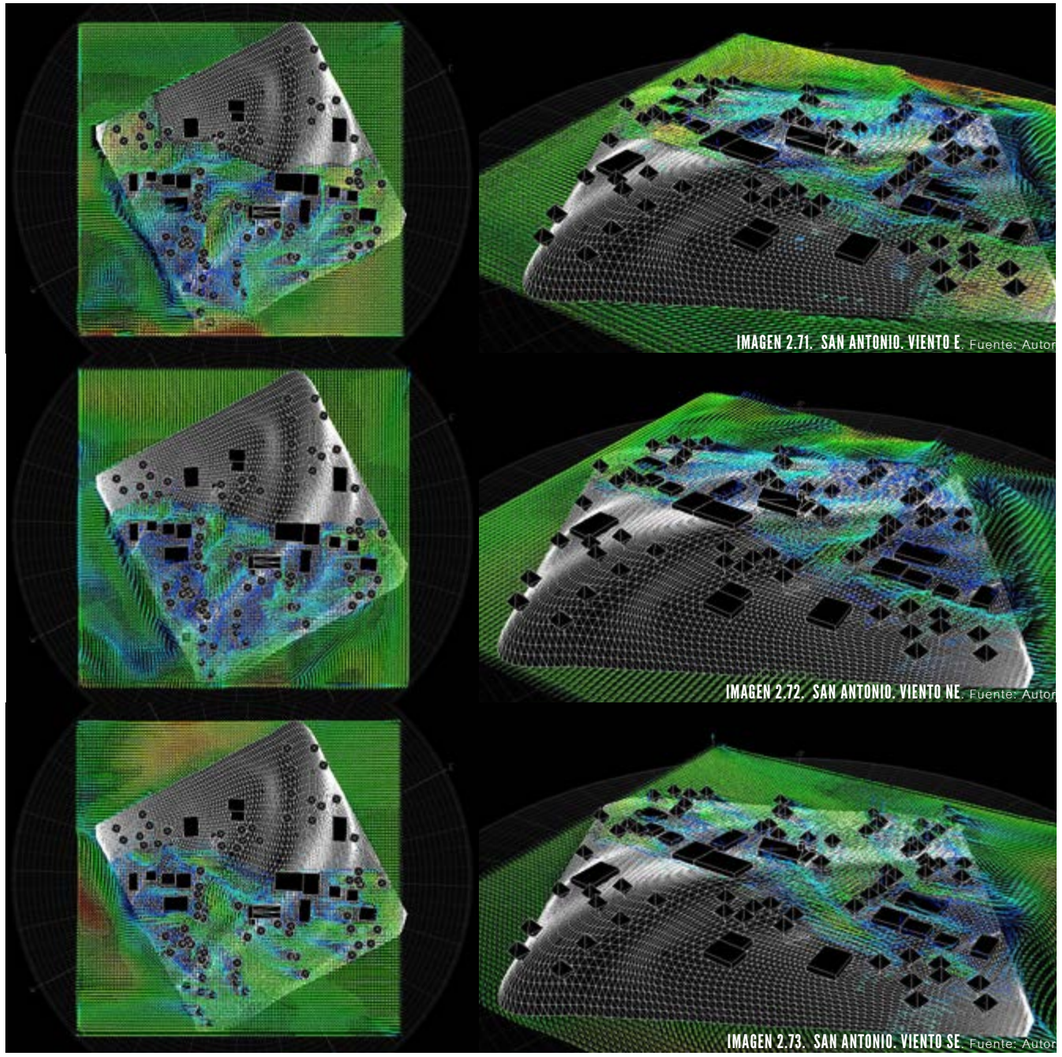


IMAGEN 2.71. SAN ANTONIO. VIENTO E. Fuente: Autor

IMAGEN 2.72. SAN ANTONIO. VIENTO NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.73. SAN ANTONIO. VIENTO SE. Fuente: Autor

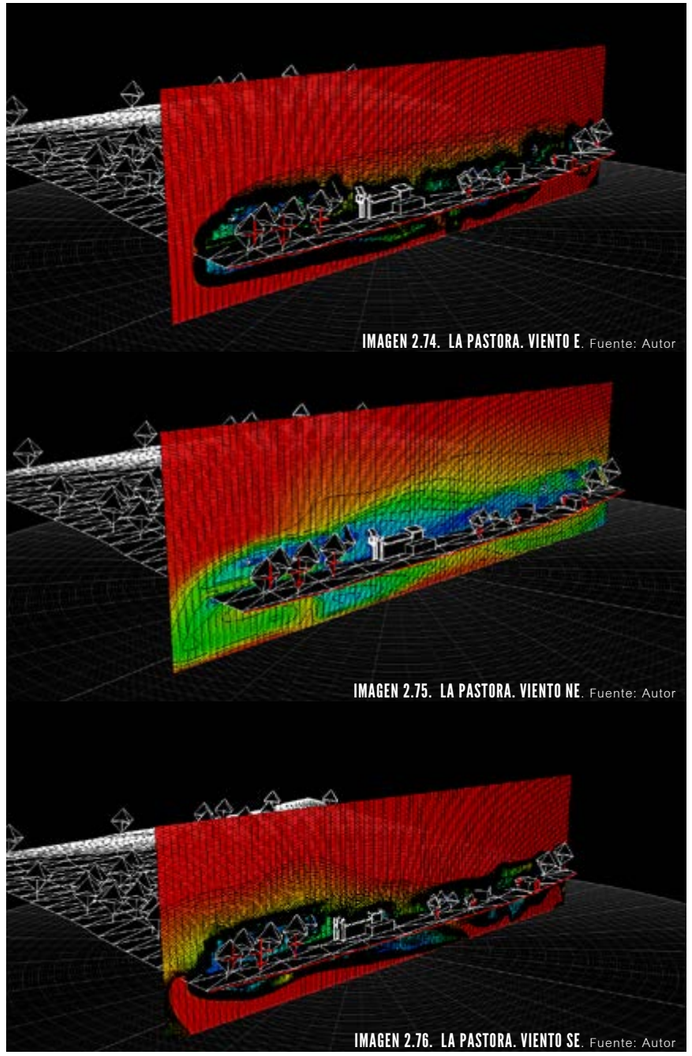


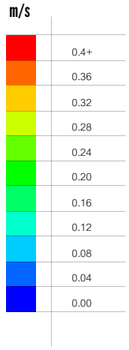
IMAGEN 2.74. LA PASTORA. VIENTO E. Fuente: Autor

IMAGEN 2.75. LA PASTORA. VIENTO NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.76. LA PASTORA. VIENTO SE. Fuente: Autor

Dentro del contexto macro de la Iglesia de La Pastora, es importante considerar la topografía quebrada del terreno circundante, ya que la pendiente logra redireccionar el aire hacia arriba, generando una sombra de viento en el costado lateral de la iglesia, cuando la dirección predominante es Noreste. Sin embargo, el viento proveniente del Este más bien sigue la forma de la colina y no presenta cobertura vegetal o edificaciones que generen obstáculos para el libre flujo del aire.

En el caso de la dirección Sureste, existen algunos árboles que redireccionan el viento, sin embargo se encuentran ubicados más hacia el Sur, por lo que no llegan a generar ningun impacto importante en la fachada del edificio. Cuando el flujo tiene esta dirección, no se ve afectado por la pendiente del terreno, ya que más bien se mueve a favor de la colina.



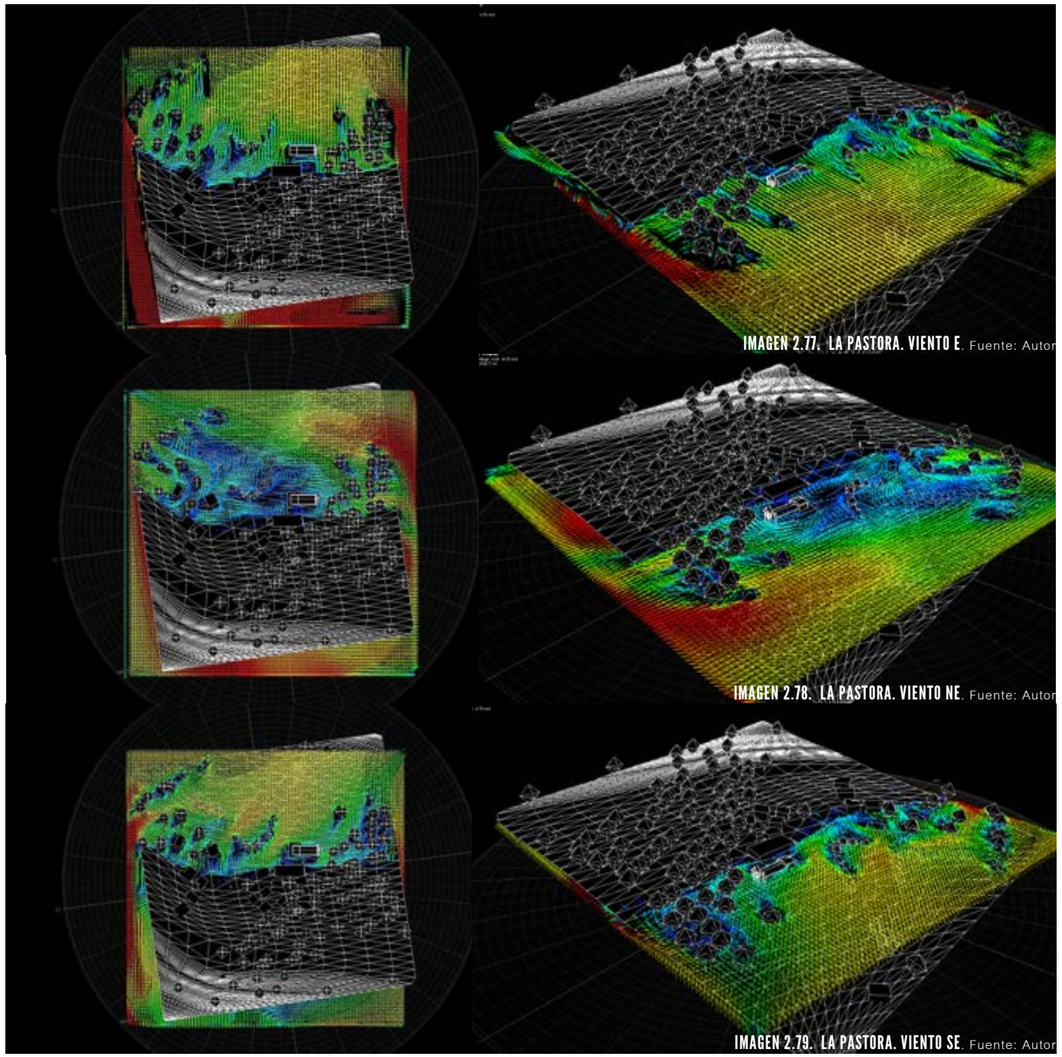


IMAGEN 2.77. LA PASTORA. VIENTO E. Fuente: Autor

IMAGEN 2.78. LA PASTORA. VIENTO NE. Fuente: Autor

IMAGEN 2.79. LA PASTORA. VIENTO SE. Fuente: Autor

C3

C1 C2 C3 C4 C5 C6

C3. MICRO-ENTORNO

DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE Y SU COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO INTERIOR-EXTERIOR

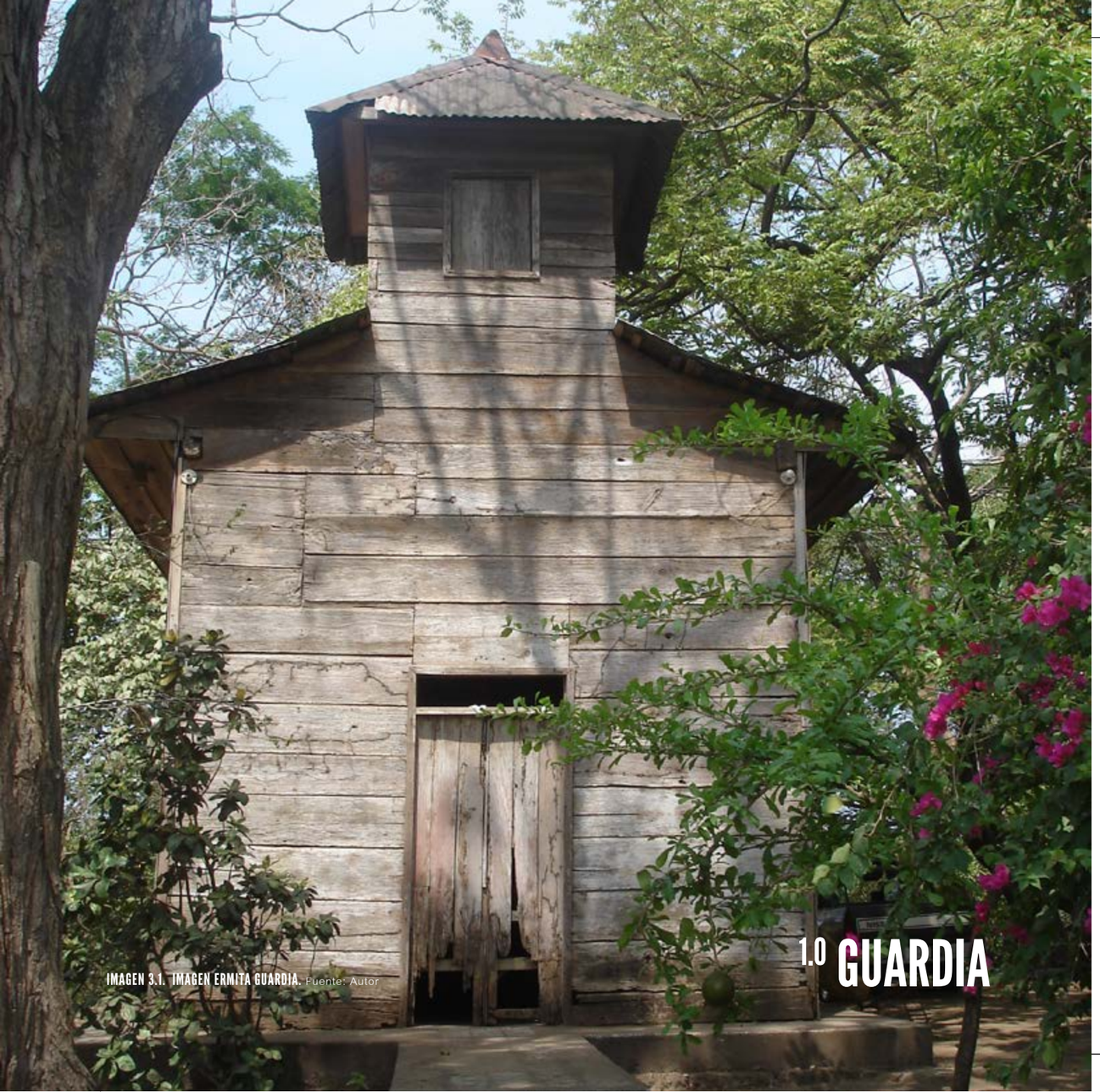


IMAGEN 3.1. IMAGEN ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

1.0 GUARDIA

IMAGEN 3.2. MAPA DE UBICACIÓN ESCALA MICRO DE UBICACIÓN ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

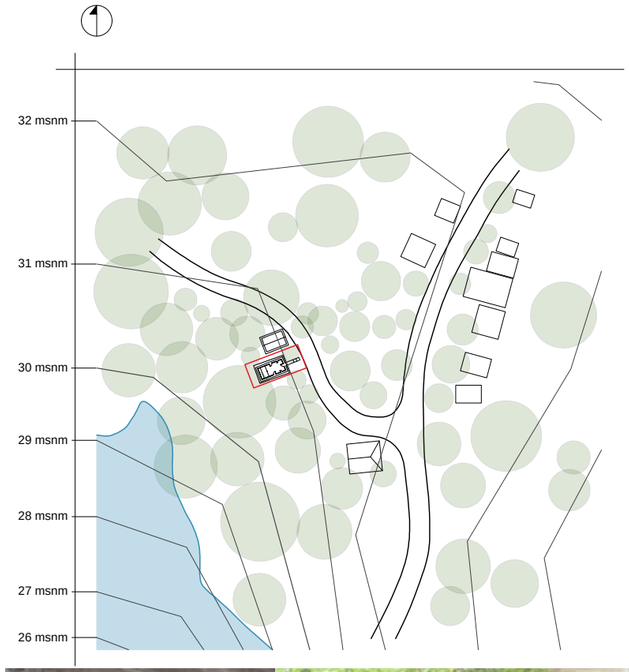


IMAGEN 3.3. IMÁGENES ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

1.1 EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

La ermita de Las Mercedes se encuentra inmersa en un ambiente caracterizado por la presencia de una basta cobertura vegetal, en su mayoría árboles de altura que generan sombra a la edificación y por ende permiten tener un ambiente ligeramente fresco. No existen edificaciones colindantes a la misma; la vivienda más cercana se ubica al Norte, a una distancia aproximada de 4.5 metros de la fachada.

El templo se ubica en medio de un prado, sobre una plataforma de concreto y se accede a él por medio de dos escalones del mismo material.El terreno es plano, y comienza a descender al acercarse al Río Tempisque, el cual afecta la humedad del ambiente inmediato, ya que se encuentra a 40 metros aproximados de la fachada Oeste.Es una construcción de tablones horizontales de cedro rosa. Consta de una sola nave, con un campanario central. Su cubierta es de hierro galvanizado a dos aguas y el piso interior es de mosaico. Además, el cielo raso es una bóveda de tablillas de madera

En la Iglesia se dejó de celebrar misa desde la década de 1970.

1.2 ANÁLISIS SOLAR GUARDIA

El templo se encuentra orientado sobre un eje longitudinal Este-Oeste, con una rotación de 22 grados del Oeste hacia el Sur. De esta manera, su fachada principal da hacia el Noreste.

Durante los meses cercanos al solsticio de verano (21 de Junio), la fachada este recibe luz solar durante la mañana; no obstante, esta se ve reducida debido a un arbol anexo, el cual genera sombra al costado derecho de la fachada. En cuanto a la fachada oeste, ésta permanece iluminada durante casi toda la tarde. De igual manera existen árboles anexos, sin embargo no generan mayor sombra sobre la misma. En el caso de la fachada Norte, este es el momento del año en el que recibe mayor iluminación debido a la ubicación del sol; no obstante, el alero genera sombra en horas de la mañana, así como un árbol colindante en horas de la tarde por lo que permanece la mayor parte del tiempo sombreada. La fachada sur no recibe iluminación natural de las ocho de la mañana en adelante. Por último, la cubierta permanece iluminada durante todo el día, y la sombra que genera el campanario no es considerable.

En el solsticio de invierno (21 de Diciembre), el costado este recibe muy poca iluminación natural debido al grupo de arboles que se ubican al lado de la fachada, generando sombra en la misma. La fachada Oeste recibe un poco más de luz solar en horas de la tarde; no obstante, es la época del año en que recibe menor cantidad. En cuanto a al costado Sur, éste es el momento en el qué recibe mayor iluminación por la ubicación del sol, aunque el alero genera una sombra constante en la parte superior de la fachada. En cuanto a la fachada Norte, esta permanece sombreada durante todo el día. La cubierta recibe la mayor cantidad de luz diaria, sin embargo, la vegetación cumple aqui un papel importante ya que logra generar sombras en horas de la tarde debido a la altura y cercanía de los árboles anexos.

En las fechas cercanas a los equinoccios (21 de marzo y 21 de setiembre), la fachada Norte se mantiene sombreada. En cuanto a la fachada Sur, la presencia del alero evita la incidencia desde las once de la mañana en adelante. Las fachadas Este y Oeste muestran la presencia de incidencia solar durante la mañana y la tarde en este orden respectivo, con cierta afectación de la vegetación circundante.

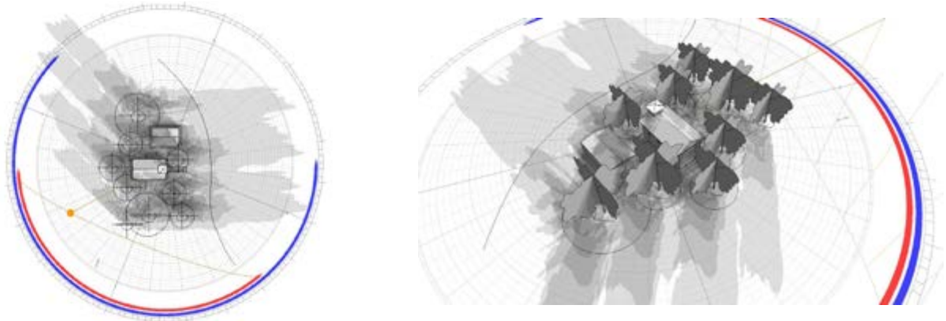


IMAGEN 3.4. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 DIC. Fuente: Autor

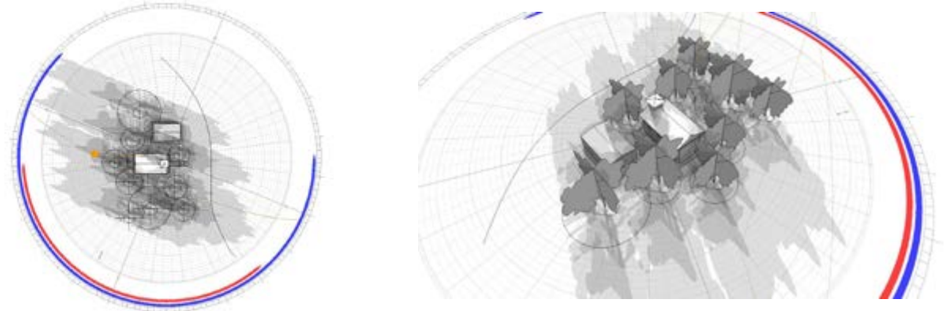


IMAGEN 3.5. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 MAR. Fuente: Autor

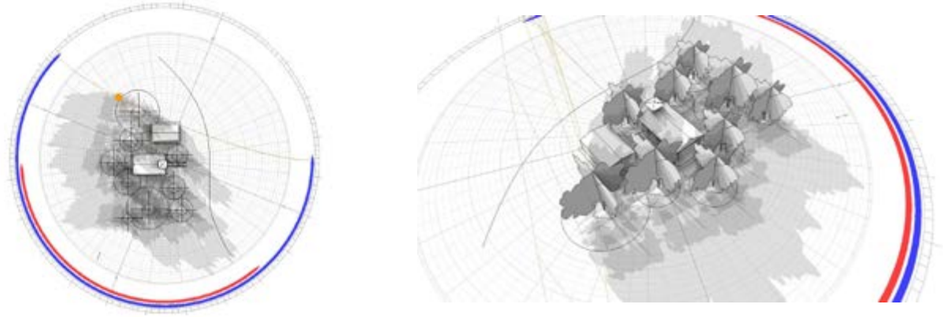
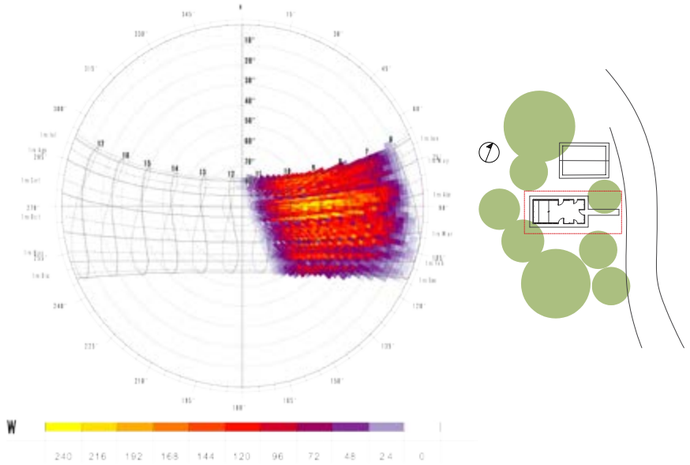


IMAGEN 3.6. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 JUN. Fuente: Autor

1.3 ANÁLISIS RADIACIÓN GUARDIA

IMAGEN 3.7. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN GUARDIA. Fuente: Autor



1.3.1 GUARDIA FACHADA ESTE

Como se puede apreciar en la carta solar, ésta fachada recibe gran cantidad de radiación en el rango de 7 a 11 de la mañana a través de todo el año. No obstante, en este caso influye en gran medida el contexto inmediato de la misma, ya que los árboles que se encuentran alrededor son de dimensión considerable y generan sombras sobre la fachada, evitando la radiación contanste en las mañanas.

Se observa que durante los meses cercanos a diciembre, la fachada recibe la menor cantidad de radiación en el año. Por otro lado, en Marzo y Junio si recibe mayor radiación, rondando en algunos casos los 3000 Watts por hora.

IMAGEN 3.8. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 18 DICIEMBRE. Fuente: Autor

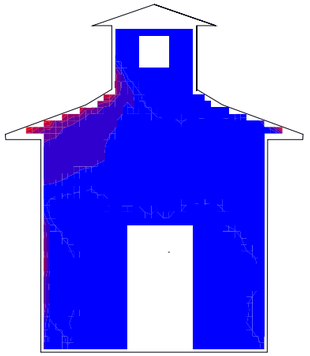


IMAGEN 3.9. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 26 MARZO. Fuente: Autor

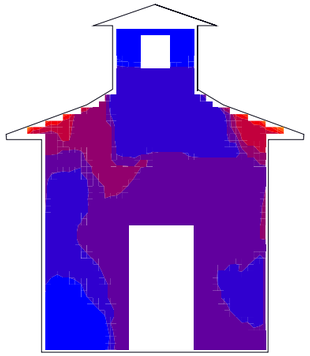
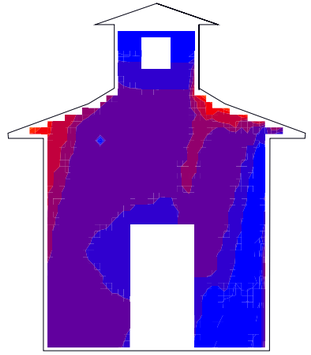


IMAGEN 3.10. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 28 JUNIO. Fuente: Autor



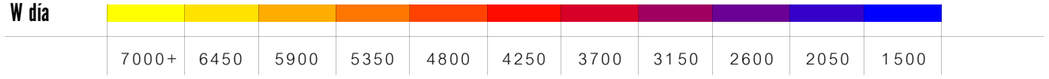
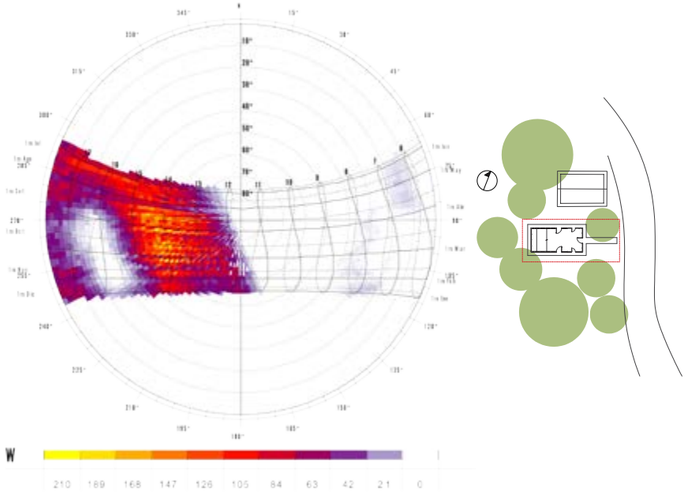


IMAGEN 3.11. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN GUARDIA. Fuente: Autor



1.3.2 GUARDIA FACHADA OESTE

En el caso de la fachada posterior de la iglesia, esta se ve beneficiada por la sombra que genera la vegetación anexa. Como se observa en la carta solar, existe un período de Setiembre a Diciembre en que la fachada no recibe radiación de las 3 de la tarde en adelante debido al sombreamiento generado en la superficie.En lo que respecta al resto del año, este costado recibe radiación en horas de la tarde, a partir de las 12 o 1 pm. En los meses de Marzo y Junio se observa que recibe mayor cantidad de radiación que en el mes de diciembre, sobretodo en las partes superiores de la fachada donde los promedios llegan a alcanzar los 4250 Watts por hora.

IMAGEN 3.12. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 18 DICIEMBRE. Fuente: Autor

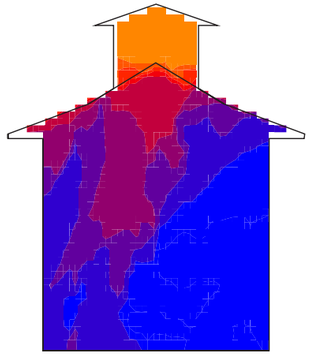


IMAGEN 3.13. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 26 MARZO. Fuente: Autor

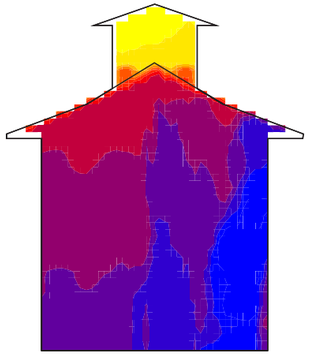
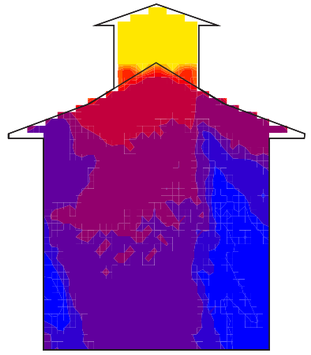


IMAGEN 3.14. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 28 JUNIO. Fuente: Autor



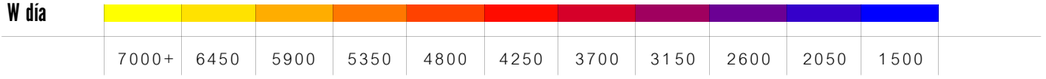
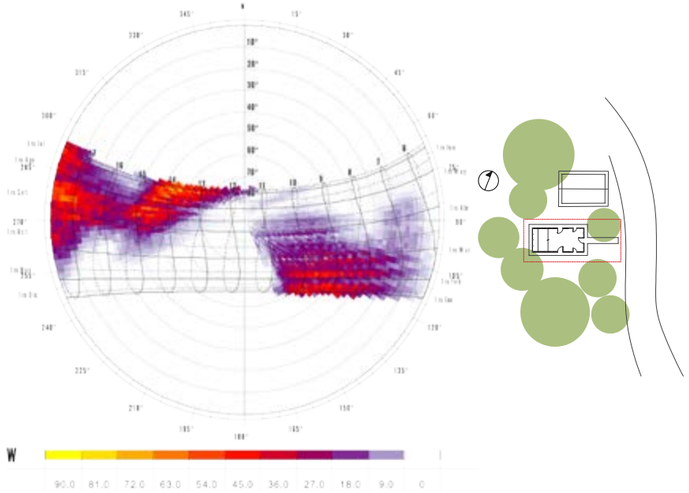


IMAGEN 3.15. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



1.3.3 GUARDIA FACHADA NORTE

La fachada que recibe la menor cantidad de radiación a través de todo el año es la Norte. En la carta solar se puede observar que existen algunos momentos del año en horas de la tarde en donde percibe radiación, sobre todo en aquellos meses en que el sol se encuentra más hacia el Norte (Junio); no obstante, los promedios de radiación son bajos, comparados a los de las demás fachadas, ya que no superan los 45 Watts.

En los meses cercanos a Junio, se observan algunos momentos en que la radiación ronda los 2000 Watts por hora, sin embargo es en la parte inferior de la fachada, no genera mayor impacto.

IMAGEN 3.16. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 18 DICIEMBRE. Fuente: Autor

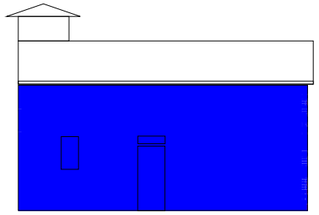


IMAGEN 3.17. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 26 MARZO. Fuente: Autor

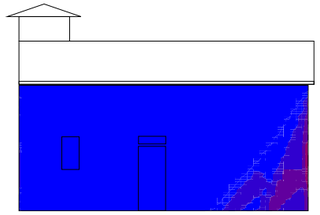
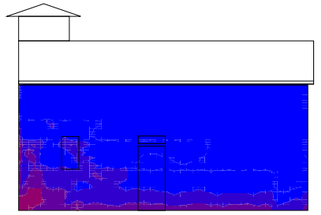


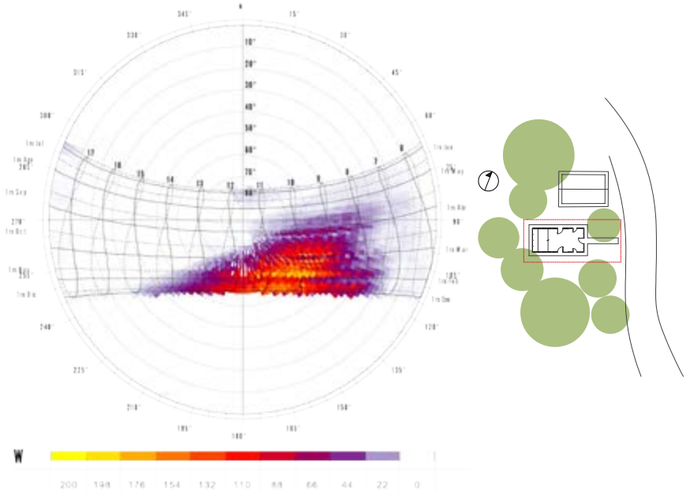
IMAGEN 3.18. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 28 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.19. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



1.3.4 GUARDIA FACHADA SUR

Debido a que el edificio no se encuentra orientado sobre un eje longitudinal exacto sino que se inclina unos grados más, la fachada Sur recibe radiación solar en un rango de 8 am a 1 pm aproximadamente, en ciertos meses del año, los cuales se pueden observar en la carta solar. El momento en el que recibe más radiación, es en los meses cercanos al solsticio de invierno.

Como se observa en los gráficos, en Marzo y en Junio recibe poca radiación solar, por abajo de los 1500 Watts por hora. Sin embargo, en Diciembre aumenta a 4250 Watts en la parte inferior de la pared, ya que la superior se mantiene sombreada producto del alero.

IMAGEN 3.20. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 18 DICIEMBRE. Fuente: Autor

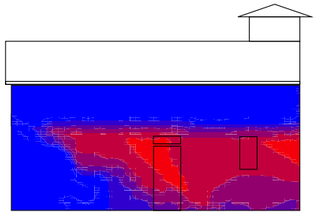


IMAGEN 3.21. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 26 MARZO. Fuente: Autor

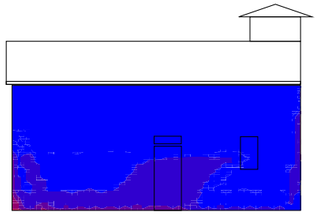
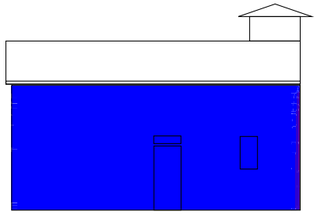


IMAGEN 3.22. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 28 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.23. RADIACIÓN ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

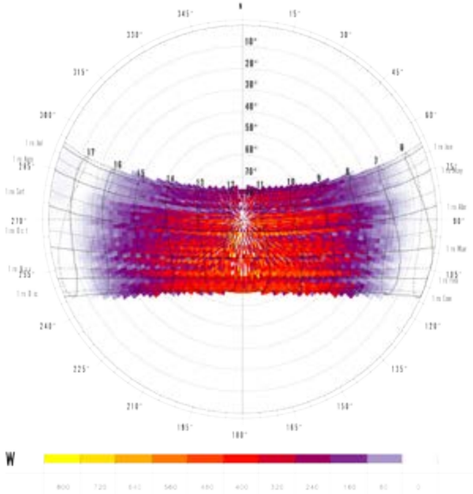


IMAGEN 3.24. SOMBREAMIENTO ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

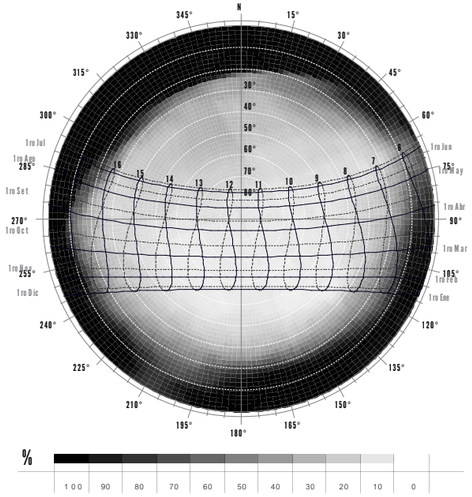
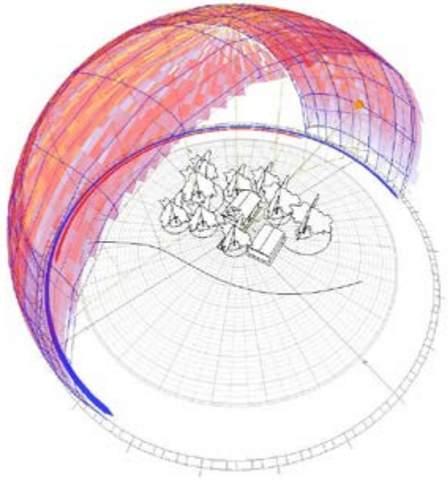


IMAGEN 3.25. ISOMÉTRICO DE RADIACIÓN ANUAL. Fuente: Autor



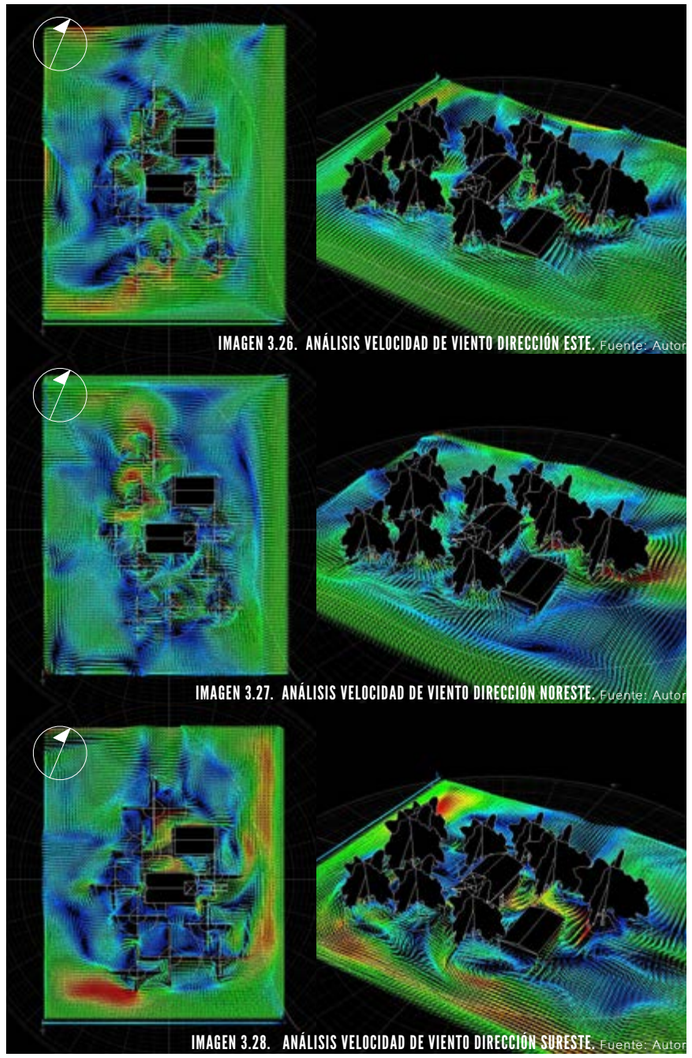


IMAGEN 3.26. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN ESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.27. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN NORESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.28. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN SURESTE. Fuente: Autor

1.4 ANÁLISIS VENTILACIÓN GUARDIA

Cuando los vientos predominantes vienen del Este, se relacionan directamente con la fachada principal del edificio y no existen obstáculos que interfieran con el movimiento. Si existieran aberturas, lograría el acceso de aire al interior del edificio por esta fachada.

En el caso en que la dirección predominante es Noreste, tanto los arbustos como la edificación anexa interfieren con el libre flujo del aire hacia la Iglesia. Sin embargo, cuando las ventanas se encuentran abiertas, sí permite la entrada de aire al edificio.

En el caso contrario, cuando el viento proviene del Sureste, existen arbustos que obstruyen la llegada del aire a la edificación y se dificulta el acceso del aire al interior de la iglesia cuando las ventanas se encuentran abiertas.

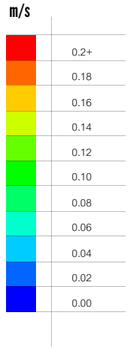


IMAGEN 3.29. IMÁGENES ILUSTRATIVAS IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor

2.1 RÍO SECO

IMAGEN 3.30. MAPA MICRO DE UBICACIÓN IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor

IMAGEN 3.31. IMÁGENES ILUSTRATIVAS IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor

2.1 EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

La Iglesia Católica de Río Seco se localiza sobre una planicie, al borde de la carretera principal del pueblo. La fachada principal (Oeste) es la que presenta una relación directa con la carretera asfaltada, la cual por su material provoca un incremento en la radiación y la sensación de calor. Existen pequeños arbustos anexos a las fachadas laterales, sin embargo no generan ningun impacto o sombreamiento importante en las mismas.

En el contexto inmediato, la iglesia rompe con la horizontalidad de las casas existentes, determinándose como la de mayor jerarquía en el pueblo. Existen dos edificios cercanos en los costados Sur y Este. Sin embargo, estos no afectan el comportamiento de la edificación ya que no son colindantes ni de gran altura. A su vez hay ciertos árboles de altura en la parte Este, que generan un poco de sombra sobre la fachada en algunos momentos del año.

El templo está hecho de tablones de madera, con un campanario lateral. Sus paredes y columnas internas son también de madera. El piso es de mosaico y la cubierta de hierro galvanizado a dos aguas

2.2 ANÁLISIS SOLAR RÍO SECO

La iglesia se encuentra localizada sobre un eje longitudinal Este-Oeste, con una rotación de 9 grados del Oeste hacia el Norte. La fachada principal está orientada hacia el Oeste.

Durante los meses cercanos al solsticio de verano, la fachada Oeste permanece expuesta a la incidencia solar en horas de la tarde, ya que no hay presencia de ningun elemento que le genere sombra a la misma, solamente el alero del volúmen del campanario; no obstante, es muy poca y por corto tiempo. La fachada Este presenta el mismo comportamiento, solo que en la mañana, antes de alcanzar el medio día. El costado Norte de la edificación recibe iluminación en la parte baja de la fachada, ya que el alero de la misma brinda sombra en su parte superior. Por otro lado, la fachada sur permanece sombreada y la cubierta expuesta durante todo el día a la incidencia solar.

En el solsticio de invierno el comportamiento es distinto. Si bien es cierto la fachada principal (Oeste) permanece expuesta al sol en horas de la tarde, el volúmen del campanario genera sombra sobre la misma debido al posicionamiento del sol en esta época. En cuanto a la fachada Este, se observa el mismo fenómeno, ya que permanece iluminada en horas de la mañana, sin embargo no plenamente debido a la sombra generada por un árbol anexo a la misma. Además, en los costados Norte y Sur se muestra un comportamiento contrario al del solsticio de verano, ya que el Norte se encuentra sombreado durante todo el día, mientras que el Sur recibe iluminación en la parte baja del muro, ya que la parte superior se sombrea mediante el alero. La cubierta permanece iluminada durante todo el día, con una pequeña sombra que genera el volumen del campanario en horas de la tarde.

En las fechas próximas a los equinoccios (21 de marzo y setiembre), tanto la fachada Norte como la fachada Sur permanecen la mayor cantidad del tiempo bajo sombra. En cuanto al costado Este y Oeste, permanecen expuestos a la incidencia solar en horas de la mañana y de la tarde respectivamente.

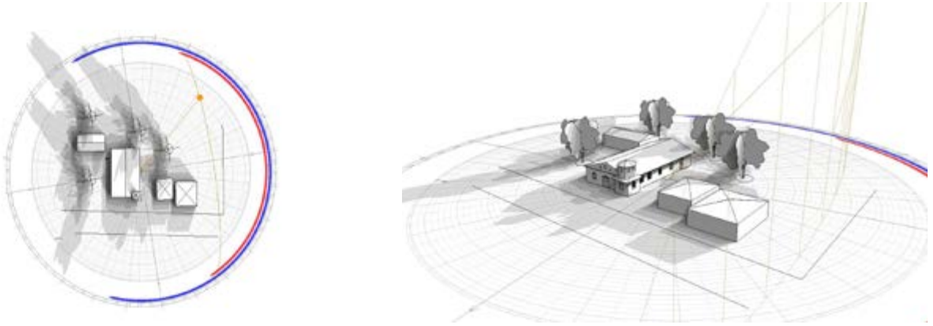


IMAGEN 3.32. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 DIC. Fuente: Autor

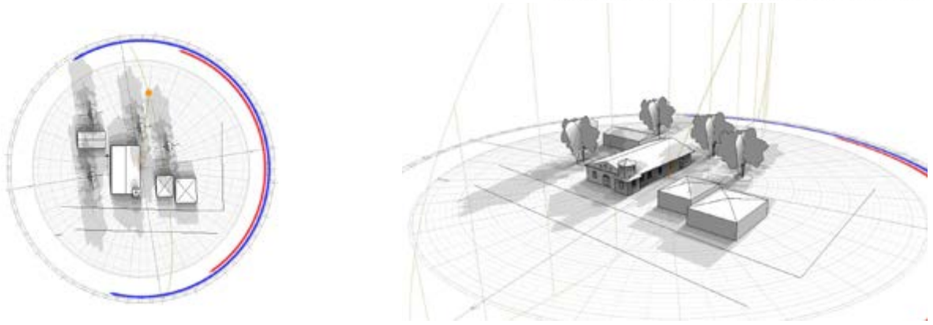


IMAGEN 3.33. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 MAR. Fuente: Autor

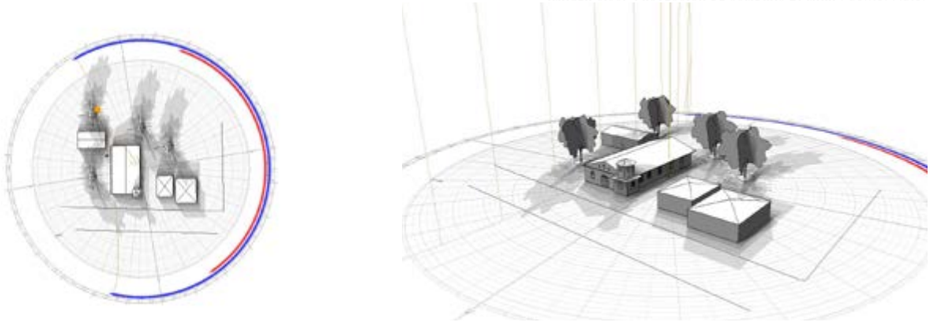
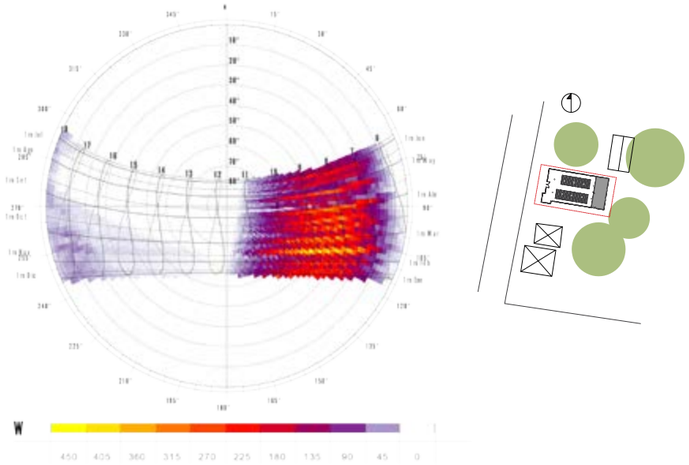


IMAGEN 3.34. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 JUN. Fuente: Autor

2.3 ANÁLISIS RADIACIÓN RIO SECO

IMAGEN 3.35. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



2.3.1 RÍO SECO FACHADA ESTE

Como se observa en la carta solar, la fachada posterior de la iglesia se encuentra expuesta a la radiación solar durante toda la mañana. Existen algunos árboles anexos a esta fachada, sin embargo éstos solo generan sombra en los meses cercanos al solsticio de invierno.

La parte superior del muro es la que recibe la mayor cantidad de radiación, alcanzando incluso más de 5000 Watts en los meses cercanos a Marzo y Junio.

IMAGEN 3.36. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 DICIEMBRE. Fuente: Autor

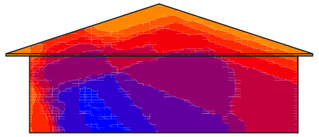


IMAGEN 3.37. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 2 MARZO. Fuente: Autor

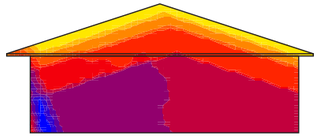
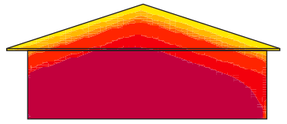


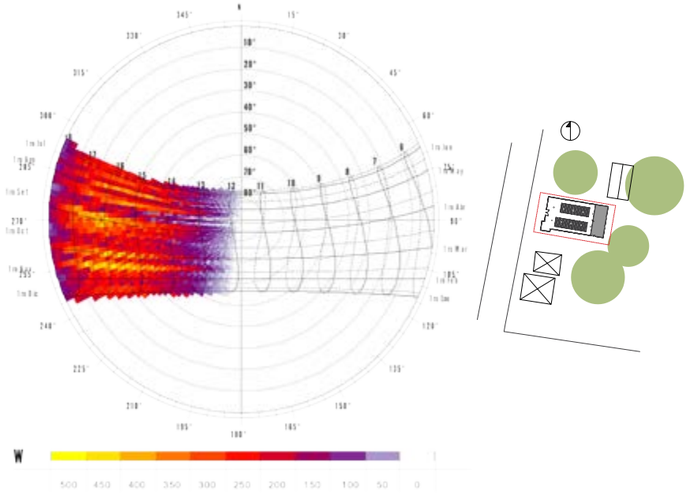
IMAGEN 3.38. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 11 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.39. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



2.3.2 RÍO SECO FACHADA OESTE

La radiación solar permanece sobre la fachada a través de todo el año en horas de la tarde. Su impacto en ésta fachada es incluso mayor que en la fachada Este. Existen momentos, como es el caso de los meses cercanos a Diciembre, en que el volúmen que sobresale en la fachada principal, y el alero del mismo, generan cierta sombra al resto de la fachada. Sin embargo, en los meses de Marzo y Junio este sombreamiento es menor, y los niveles de radiación superan los 6500 Watts por hora, sobre todo en la parte superior de la fachada. Además, no existe ningun elemento externo a la iglesia que genere sombra sobre la misma.

IMAGEN 3.40. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 DICIEMBRE. Fuente: Autor

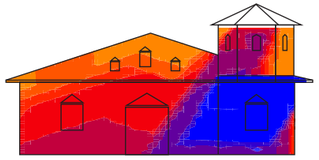


IMAGEN 3.41. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 2 MARZO. Fuente: Autor

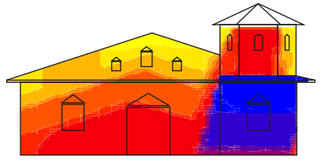
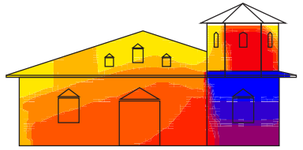


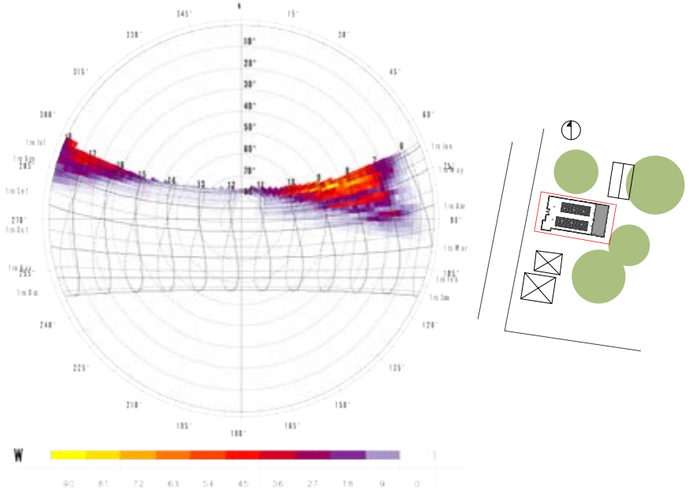
IMAGEN 3.42. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 11 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.43. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



2.3.3 RÍO SECO FACHADA NORTE

Esta fachada reciba la menor cantidad de radiación a través de todo el año. Como se observa en la carta solar, solo en los meses cercanos a Junio y Julio existe radiación directa sobre la misma, sin embargo los promedios de Watts son relativamente bajos.

Durante los meses de Diciembre y Marzo, el costado Norte permanece con un promedio de radiación directa menor a 1500 Watts por hora. En el caso del mes de Junio, aumenta la cantidad de radiación que recibe la fachada, sin embargo solo en la parte inferior ronda los 3700 Watts por hora, ya que la superior permanece sombreada producto del alero del muro.

IMAGEN 3.44. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 DICIEMBRE. Fuente: Autor

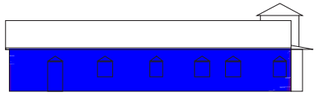


IMAGEN 3.45. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 2 MARZO. Fuente: Autor

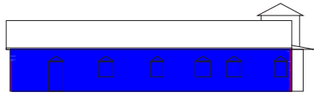
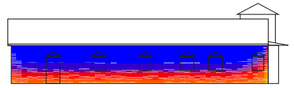


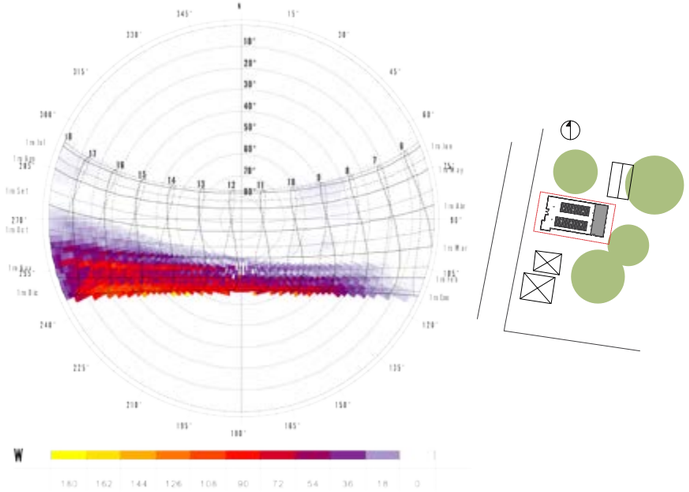
IMAGEN 3.46. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 11 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.47. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



2.3.4 RÍO SECO FACHADA SUR

En los meses cercanos al solsticio de invierno (Diciembre), ésta fachada recibe mayor cantidad de radiación directa, cercana a los 4800 Watts por hora. Esto sucede sobre todo en la parte inferior del muro, ya que el alero que presenta el mismo le genera cierta sombra en la parte superior. El volúmen que sobresale de la fachada no genera ninguna sombra importante sobre la misma.

En los meses cercanos a Marzo y Junio, la radiación directa es menor, el promedio es inferior a 2000 Watts por hora la mayor cantidad del tiempo. No existen elementos externos a la Iglesia que influyan sobre la fachada.

IMAGEN 3.48. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 DICIEMBRE. Fuente: Autor

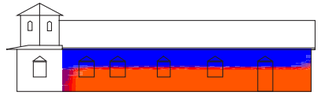


IMAGEN 3.49. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 2 MARZO. Fuente: Autor

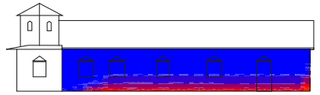
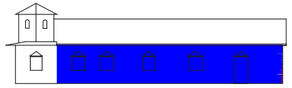


IMAGEN 3.50. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 11 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.51. RADIACIÓN ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

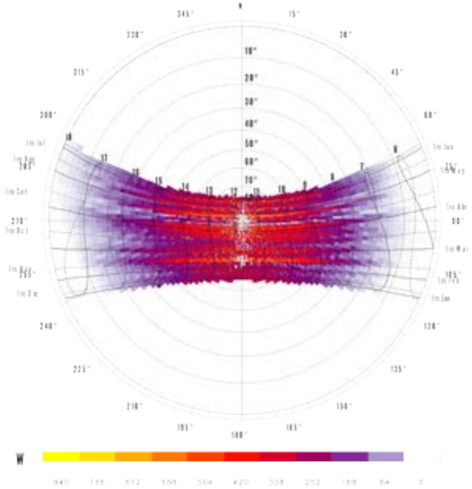


IMAGEN 3.52. SOMBREAMIENTO ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

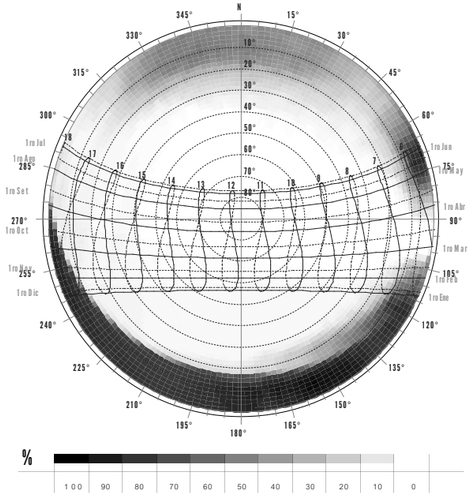
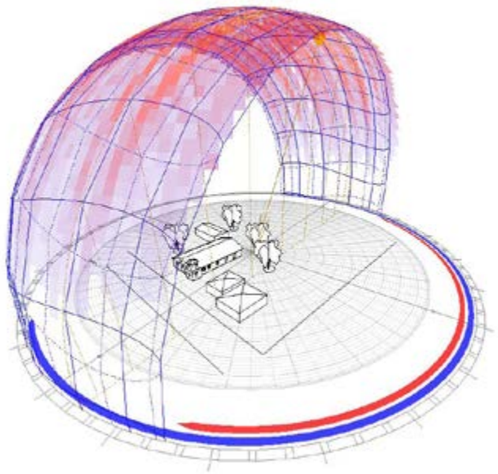


IMAGEN 3.53. ISOMÉTRICO DE RADIACIÓN ANUAL. Fuente: Autor



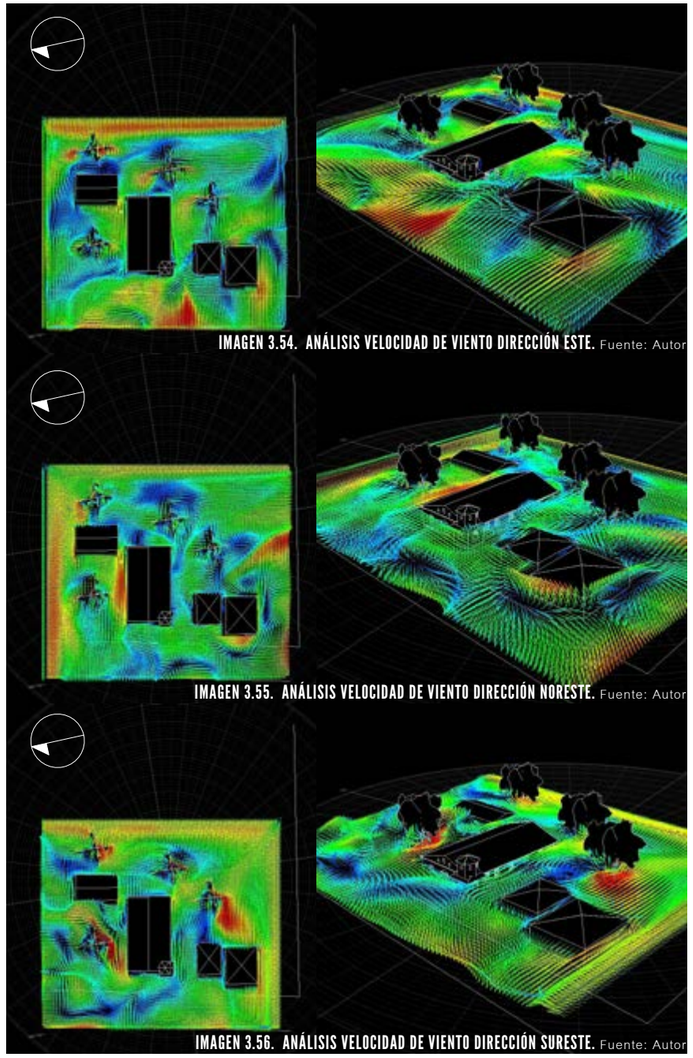


IMAGEN 3.54. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN ESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.55. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN NORESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.56. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN SURESTE. Fuente: Autor

2.4 ANÁLISIS VENTILACIÓN RÍO SECO

En los momentos en que la dirección predominante del viento es Este, se genera una zona de presión alta en la fachada posterior del edificio, aumentando la velocidad del flujo de aire hacia los costados del mismo. De esta manera, si existieran aberturas podría entrar directamente en esta fachada y en las laterales, con menor intensidad. Por otro lado, cuando el viento viene del Noreste, Existe una edificación que limita el libre movimiento, sin embargo el flujo de aire aumenta al costado Norte, por donde podría accesar a la edificación si existieran aberturas.

El viento proveniente del Sureste no presenta obstáculos, tan solo árboles que no generan mayor interrupción. En este caso, el viento se relaciona con la fachada sur del edificio, mediante la cual podría accesar si existieran aberturas en la misma.

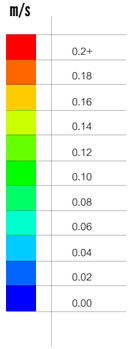


IMAGEN 3.57. IMÁGENES ILUSTRATIVAS IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

3.0 ROSARIO

IMAGEN 3.58. MAPA MICRO DE UBICACIÓN IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

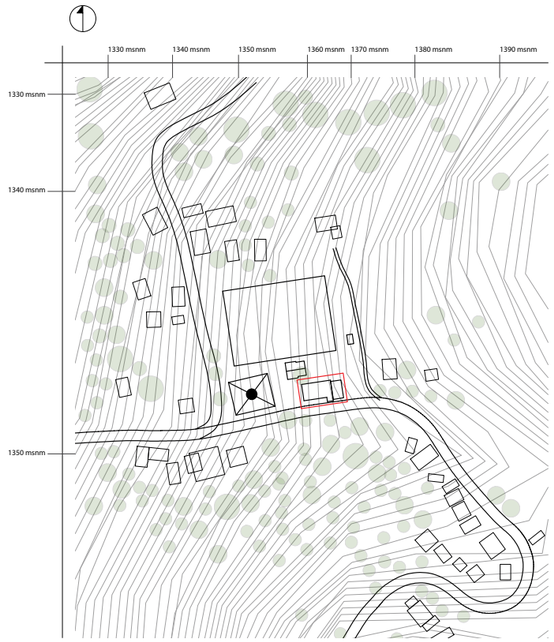


IMAGEN 3.59. IMÁGENES ILUSTRATIVAS IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

3.1 EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

La Ermita de Rosario se encuentra a un costado de la carretera mediante la cual se accesa a este sitio. El terreno en el cual se encuentra es plano, fue alterado en la construcción de la Iglesia y el parque existente al frente de la misma. Sin embargo, la topografía a su alrededor sigue manteniendo su estado natural. De esta manera, es una planicie rodeada de un ambiente montañoso.

El contexto inmediato carece de vegetación abundante. En el costado Noroeste existe un único árbol de gran tamaño que genera un poco de sombra tanto en la fachada Norte como en la Oeste. En su costado posterior (Este), colinda con dos cuerpos sencillos que funcionan de sacristía y confesionario.

Este templo está construido con estructura de madera y forro exterior de hierro galvanizado liso. Consta de 3 naves y el cielo raso interior es de tablilla de madera.
La nave central está remetida para dar lugar a un pórtico, que se encuentra ubicado bajo el campanario central, el cual destaca con un techo piramidal sobre la cubierta galvanizada de la Iglesia que es a dos aguas.

3.2 ANÁLISIS SOLAR ROSARIO

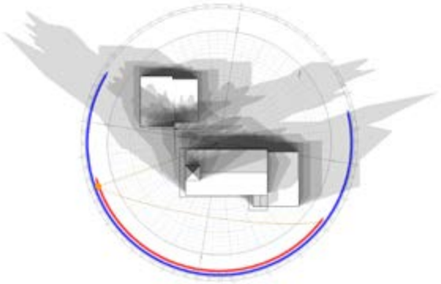
La iglesia se encuentra orientada sobre un eje longitudinal Este-Oeste, con una rotación de 9 grados del Este hacia el Norte.

En los meses cercanos al solsticio de verano (21 de Junio), la fachada sur permanece sombreada la mayor parte del tiempo. En el caso de la fachada Norte, esta recibe ciertas horas de luz y radiación, sin embargo el alero logra sombrear gran parte de la superficie. A su vez, tanto el edificio como el árbol que se encuentran al Norte, brindan cierta sombra en esta fachada. En el costado Este, el edificio permanece expuesto a la luz solar durante toda la mañana.

Sin embargo, es importante señalar el volumen anexo a la iglesia, el cual disminuye la luz y radiación que llegan directamente a la edificación. En el costado oeste, la iglesia recibe la luz solar a través de toda la tarde y la única sombra la genera el árbol adjunto, no obstante, es mínima. La cubierta es la fachada que recibe mayor cantidad de luz solar diaria. Es importante señalar que el volumen superior del edificio genera cierta sombra sobre ésta, durante las horas de la tarde.

En el solsticio de invierno (21 de Diciembre), la fachada norte permanece sombreada. En el caso de la fachada Sur, esta permanece expuesta a la luz y radiación solar durante todo el día. Los aleros y el volumen que sobresale de la nave sombrean una parte muy pequeña de la superficie. Así como en el solsticio de verano, la fachada Este del edificio permanece expuesta a la luz solar durante toda la mañana y el costado oeste durante toda la tarde. Sin embargo, en este caso no existe ningún elemento que genere sombra. La cubierta recibe la mayor cantidad de luz y percibe sombra en horas de la tarde gracias a la proyección del volumen superior del edificio.

En las fechas cercanas a los equinoccios (21 de marzo y 21 de setiembre), la fachada Norte se mantiene sombreada. En cuanto a la fachada Sur, la presencia de los aleros evita la incidencia del medio día en adelante. La fachada Este y Oeste presentan un comportamiento similar al de los solsticios; su variación es muy poca durante todo el año.



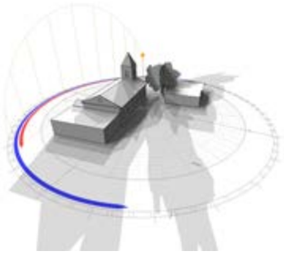
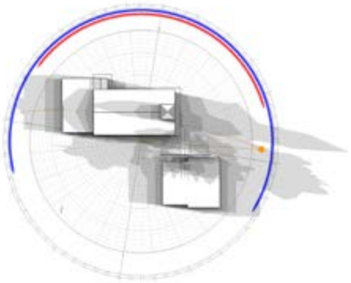


IMAGEN 3.60. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 DIC. Fuente: Autor



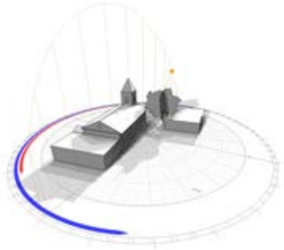
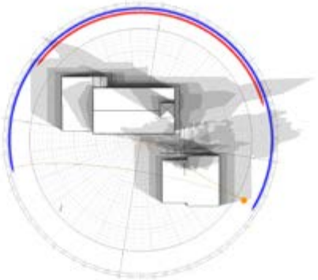


IMAGEN 3.61. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 MAR. Fuente: Autor



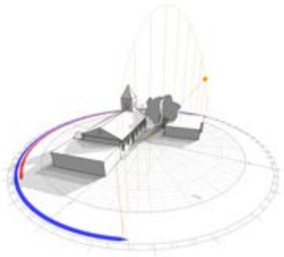
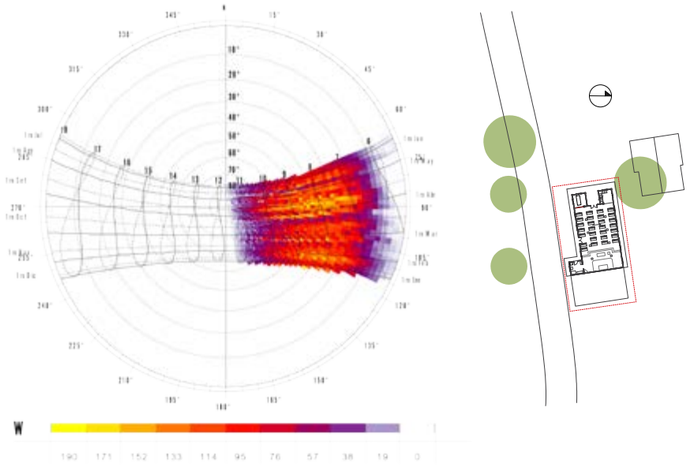


IMAGEN 3.62. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 JUN. Fuente: Autor

3.3 ANÁLISIS RADIACIÓN ROSARIO

IMAGEN 3.63. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



2.3.1 ROSARIO FACHADA ESTE

La característica más importante a mencionar de ésta fachada es que presenta un volumen anexo a la nave de la iglesia, el cual evita que la radiación genere menor impacto en el interior del edificio. De esta manera, a pesar que la carta solar muestra la existencia de radiación directa durante todo el año en horas de la mañana, esto solo sucede en la parte superior del muro.

En los meses cercanos a diciembre, la fachada presenta menor cantidad de radiación directa. Sin embargo, ésta aumenta en el mes de Marzo, y llega a su mayor impacto en Abril y en Junio, cuando alcanza hasta los 4250 Watts por hora.

IMAGEN 3.64. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

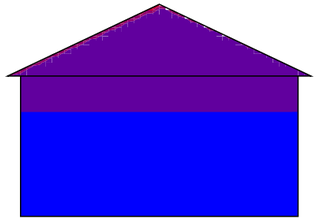


IMAGEN 3.65. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

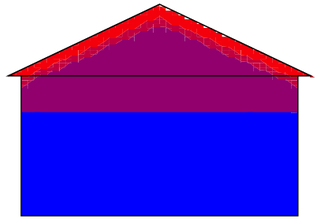
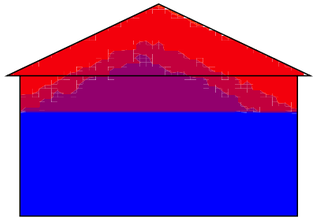


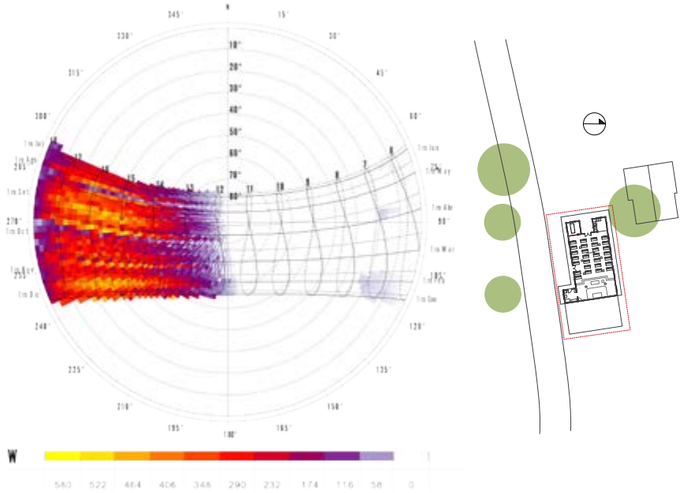
IMAGEN 3.66. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.67. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



2.3.1 ROSARIO FACHADA OESTE

La fachada Oeste recibe radiación directa a traves de toda la tarde, durante todo el año. Sin embargo, no siempre es con la misma intensidad. En los meses cercanos al solsticio de invierno, la fachada recibe una menor cantidad de radiación solar, en donde el promedio ronda los 3000 Watts por hora, En el caso de los meses de Marzo y Junio, existe un aumento importante en la cantidad de radiación que se percibe, la cual alcanza los 4250 Watts por hora. Existe un arbol al costado Norte que emite un poco de sombra sobre la fachada en estos meses. El pórtico de entrada percibe menor radiación debido a su morfología.

IMAGEN 3.68. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

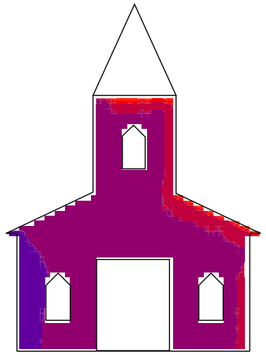


IMAGEN 3.69. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

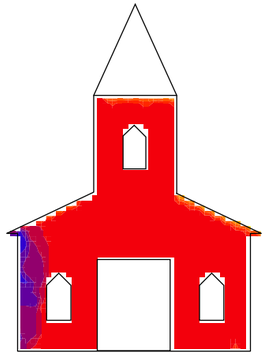
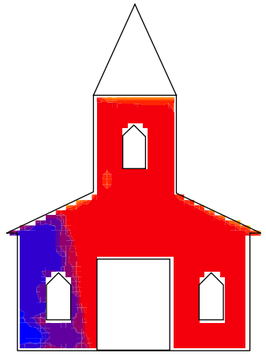


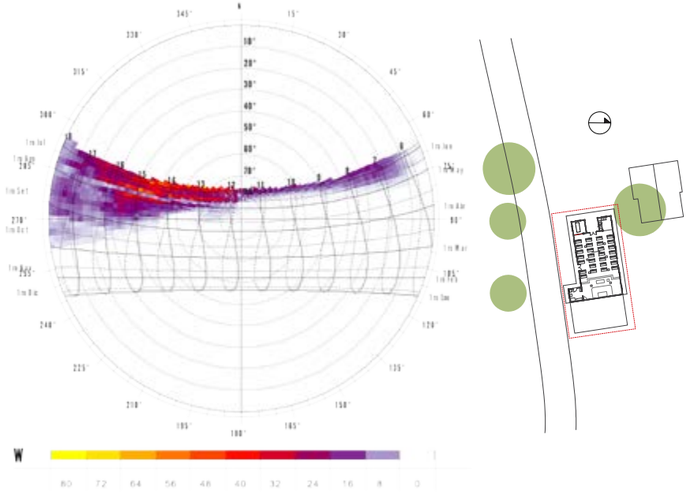
IMAGEN 3.70. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.74. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



3.3.3 ROSARIO FACHADA NORTE

La fachada Norte permanece bajo sombra la mayor parte del año, por lo que recibe poco impacto de la radiación solar directa. Tanto en los meses cercanos al solsticio de invierno como a los equinoccios, los niveles de radiación se mantienen inferiores a los 1500 Watts por hora. Sin embargo, los meses cercanos al mes de Junio, el promedio de radiación aumenta sobre la fachada, alcanzando los 6000 Watts por hora. Ésto sobre todo en las partes inferiores, ya que la parte superior se mantiene bajo sombra producto del alero. También genera cierta sombra sobre éste costado, el árbol que se encuentra anexo al mismo, por lo que la alta radiación se concentra solo de un lado.

IMAGEN 3.71. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

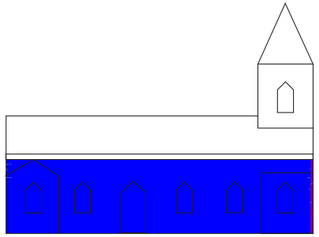


IMAGEN 3.72. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

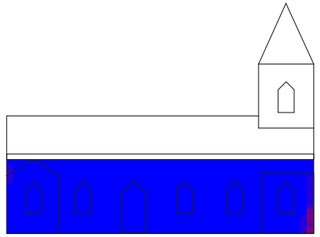
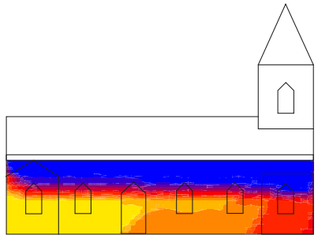


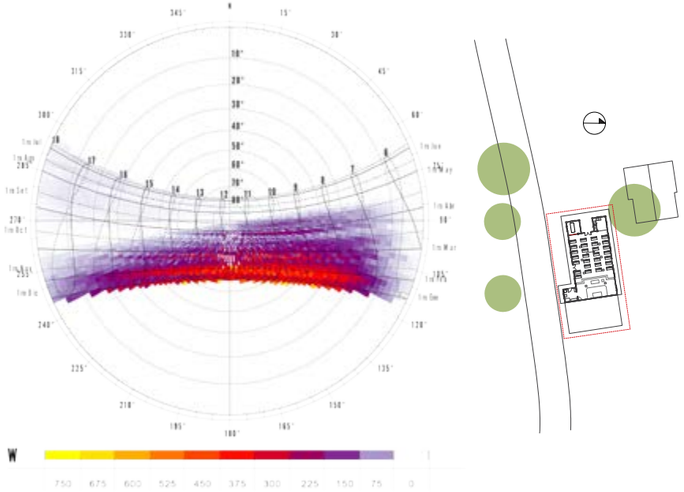
IMAGEN 3.73. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.78. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



3.3.4 ROSARIO FACHADA SUR

Ésta fachada recibe un promedio relativamente alto de radiación solar. Sin embargo, no es a través de todo el año sino en ciertos meses, como se puede observar en la proyección anual sobre la carta solar estereográfica. En los meses de Junio, Julio y Agosto, cuando el sol se encuentra más hacia el Norte, la fachada recibe promedios de menos de 1500 Watts por hora. Sin embargo, en los meses cercanos a Febrero y Marzo, la cantidad de radiación directa percibida comienza a aumentar, aunque el alero evita un poco el impacto. Por último, en los meses cercanos a Diciembre, la cantidad de Watts por hora alcanza los 5000 y el alero ya no genera mayor sombra sobre el muro.

IMAGEN 3.75. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

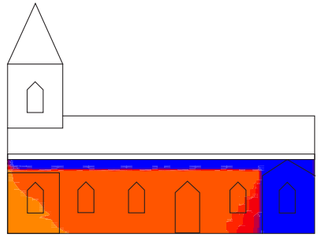


IMAGEN 3.76. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

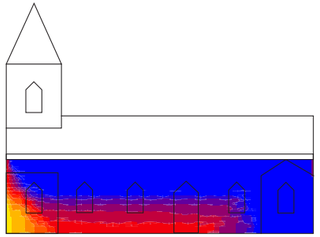
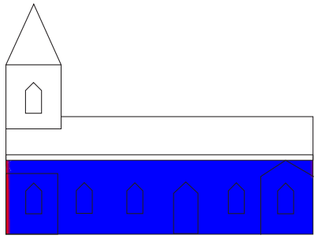


IMAGEN 3.77. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.79. RADIACIÓN ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

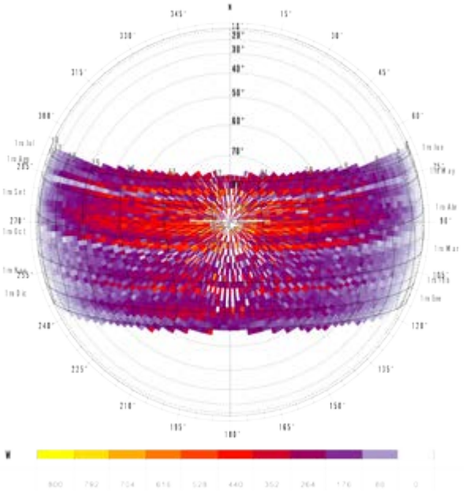


IMAGEN 3.80. SOMBREAMIENTO ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

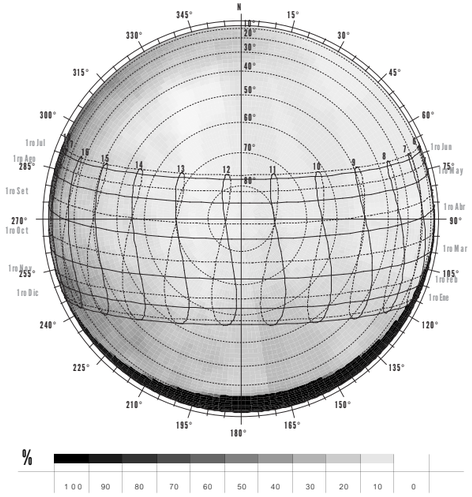
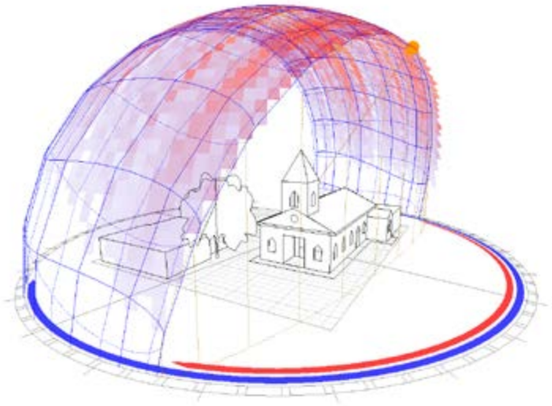


IMAGEN 3.81. ISOMÉTRICO DE RADIACIÓN ANUAL. Fuente: Autor



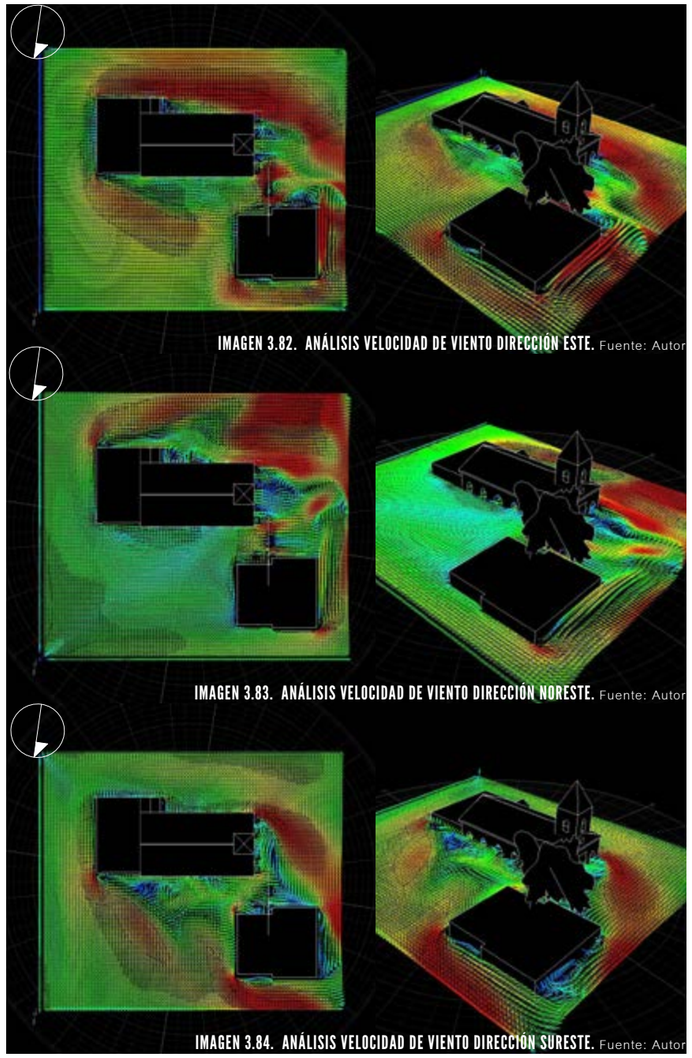
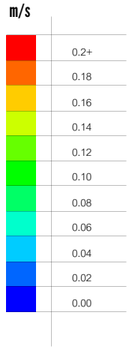


IMAGEN 3.82. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN ESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.83. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN NORESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.84. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN SURESTE. Fuente: Autor



3.4 ANÁLISIS VENTILACIÓN ROSARIO

Un factor importante a mencionar en esta iglesia es el volumen anexo a la fachada Este, ya que cuando el viento proviene de ésta dirección, no permite el contacto directo con el edificio de estudio. Por esta razón, si se pretende ventilar en este costado, debe realizarse solo en la parte superior o en la cubierta. Sin embargo, el aire aumenta su velocidad en los costados laterales de la iglesia, por donde también se podría ventilar.

Cuando el viento fluye con dirección NE, no existen obstáculos que impidan la llegada directamente a la fachada Norte; De igual manera sucede cuando proviene del SE, nada más que en este caso se dirige hacia la fachada Sur. Si se busca ventilar la edificación, se puede realizar por ambas fachadas.

IMAGEN 3.85. IMÁGENES IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor

4.0 LOMA LARGA

IMAGEN 3.86. MAPA MICRO DE UBICACIÓN IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor

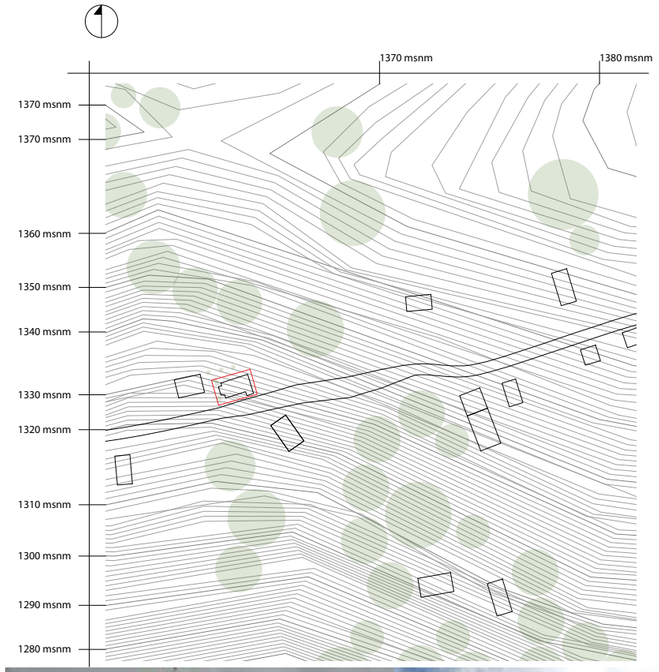


IMAGEN 3.87. IMÁGENES IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor

4.1 EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

Al igual que la ermita de Rosario,la iglesia de Loma Larga se encuentra a un costado de la carretera; no obstante, la misma es poco transitada. Además, la iglesia se encuentra en un nivel más bajo que la calle, y existe un tramo de zona verde entre ellos, lo que hace que la relación entre la fachada sur y el camino no sea tan directa.

El lote en donde se encuentra el templo está aislado, las edificaciones existentes están alejadas del sitio. El único inmueble que tiene relación es el salón comunal, anexo a la fachada Oeste. El terreno es plano, sin embargo alrededor presenta topografía quebrada. Existen algunos arbustos anexos a las fachadas per no las afectan de manera importante.

La ermita de Loma Larga está construída en madera en su estructura interna y forrada en el exterior mediante lámina de hierro galvanizado liso y remaches para fijar. Presenta un pórtico que sobresale en la fachada principal y una torreta central donde se ubica el campanario. Su configuración permanece igual a como fue concebida, a excepción de un agregado anexo a la fachada Oeste que funciona como batería de baños.

4.2 ANÁLISIS SOLAR LOMA LARGA

La edificación se encuentra orientada sobre un eje longitudinal Este-Oeste, el cual presenta una rotación de casi 20 grados que va del Este al Norte.

En las fechas cercanas al solsticio de verano (21 de Junio), la fachada Norte permanece sombreada durante la mañana mediante el alero. Sin embargo, a partir de la 1 p.m. ya el elemento de sombra no cumple su función y la superficie permanece iluminada. La sombra que generan los árboles anexos no es un factor importante ya que es mínima y por un periodo de tiempo muy corto. La fachada sur permanece sombreada la mayor parte del tiempo

La fachada principal (costado Oeste) permanece iluminada durante toda la tarde. El techo existente en el frente genera sombra sobre la superficie en las primeras horas, sin embargo después de las 3 de la tarde la fachada se ilumina por completo. En el costado Este, el edificio permanece expuesto a la luz solar durante toda la mañana. La cubierta recibe la mayor cantidad de luz solar diaria, aunque es en esta época en donde el volumen superior de la Iglesia genera mayor sombra sobre la misma en horas de la tarde.

Durante el solsticio de invierno (21 de Diciembre), la fachada Sur permanece iluminada. Sin embargo, es importante señalar que el árbol que se encuentra anexo genera una sombra importante después de las 3 de la tarde. A su vez, el volumen que sobresale de la nave (Sacristía) sombrea esta fachada en horas de la mañana, sin embargo es menor. La fachada Norte permanece sombreada.
Al igual que en el solsticio de verano, la fachada Este permanece expuesta a la luz solar a través de toda la mañana. El volumen del módulo de baños es el único que genera un porcentaje de sombra sobre esta fachada, pero es mínimo. En esta época, tanto el árbol como el techo que se encuentran frente a la fachada principal generan una sombra importante sobre la misma a través de toda la tarde. La cubierta recibe la mayor cantidad de luz a través del día.

En los meses cercanos a los equinoccios (21 de marzo y 21 de setiembre), la fachada Norte permanece sombreada en el transcurso de la mañana y la fachada Sur en el transcurso de la tarde debido a la presencia de los aleros. El comportamiento de el costado Este y Oeste del edificio es muy similar a través de todo el año.

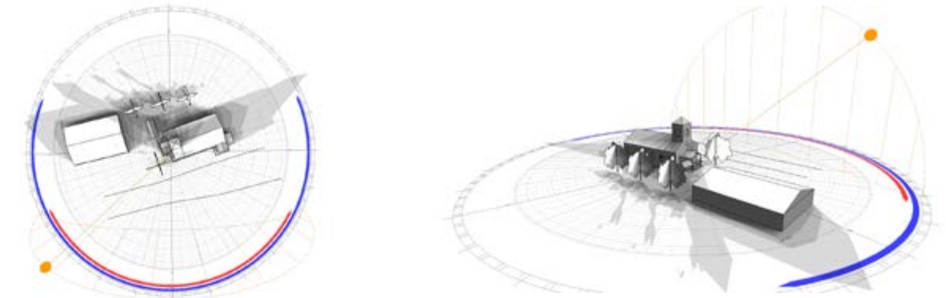


IMAGEN 3.88. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 DIC. Fuente: Autor

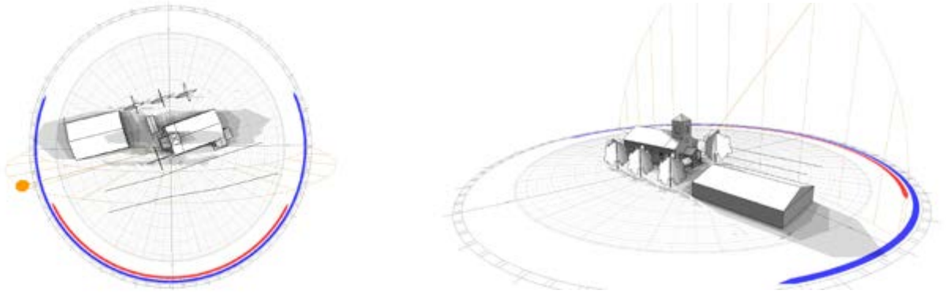


IMAGEN 3.89. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 MAR. Fuente: Autor

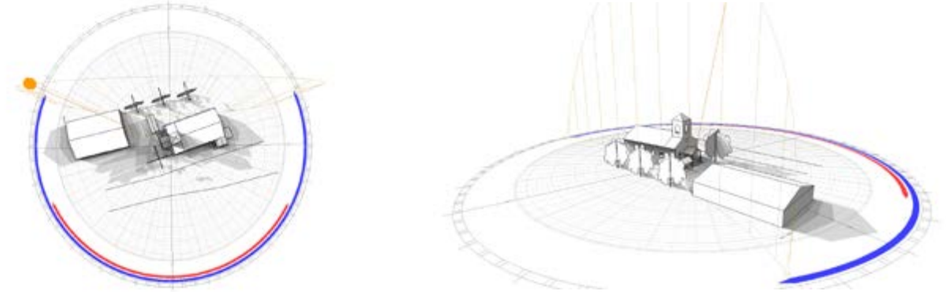
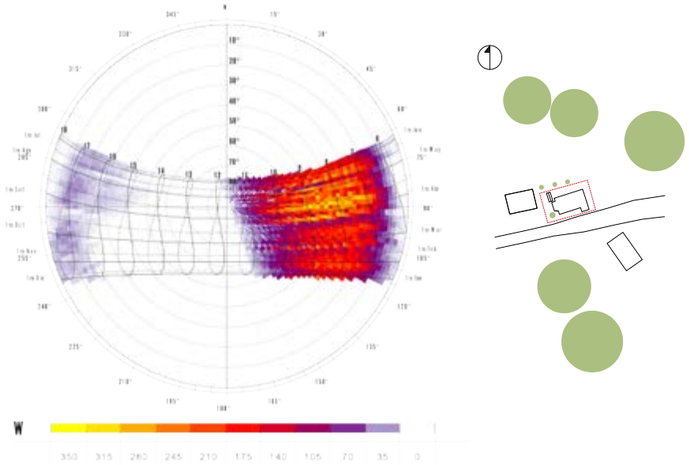


IMAGEN 3.90. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 JUN. Fuente: Autor

4.3 ANÁLISIS RADIACIÓN LOMA LARGA

IMAGEN 3.91. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



4.3.1 LOMA LARGA FACHADA ESTE

Al igual que la Iglesia de Rosario, Loma Larga presenta un volúmen ajeno a la nave del inmueble en la parte posterior. Sin embargo, el volúmen es de menor tamaño, por lo tanto, evita el impacto de la radiación directa sobre la nave, aunque solo en un área menor.

La fachada Este permanece expuesta a la radiación solar directa en las mañanas y a través de todo el año. Durante el mes de Diciembre, los promedios de radiación son los más bajos, rondando los 1500 Watts por hora. Sin embargo, en el mes de Marzo aumenta a 3000 Watts y durante Junio alcanza el impacto máximo, cercano a los 4000 Watts por hora.

IMAGEN 3.92. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

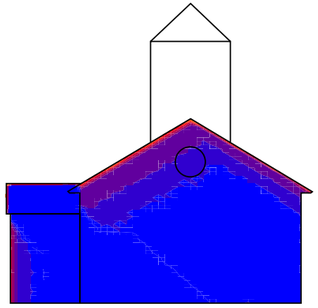


IMAGEN 3.93. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

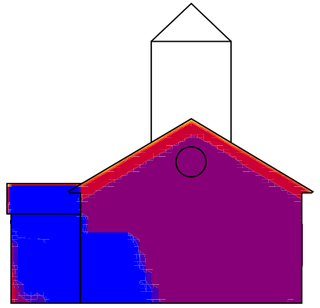
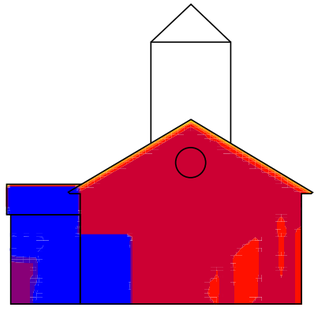


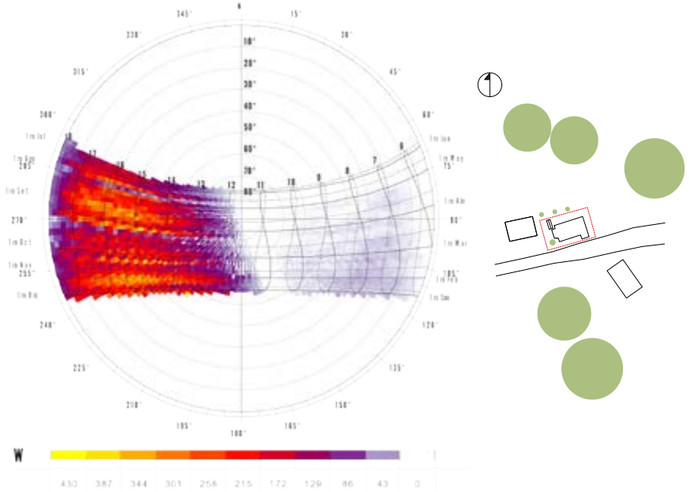
IMAGEN 3.94. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.95. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



4.3.2 LOMA LARGA FACHADA OESTE

Ésta fachada se ve mayormente afectada por la radiación que la fachada anterior (Este) , nada más que contrario a ésta, el impacto lo recibe en horas de la tarde. Existe un árbol muy próximo, el cual genera sombra a la fachada en algunos meses del año. Además, existe un pórtico central que impide el impacto directo de la radiación.

El comportamiento de la fachada frente a la radiación solar directa es muy similar a través de todo el año, en donde los promedios rondan los 5000 Watts por hora. Sin embargo, cabe destacar que los meses cercanos a Diciembre son los de menor impacto, con un promedio de 3700 Watts por hora.

IMAGEN 3.96. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

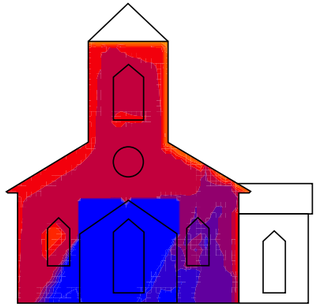


IMAGEN 3.97. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

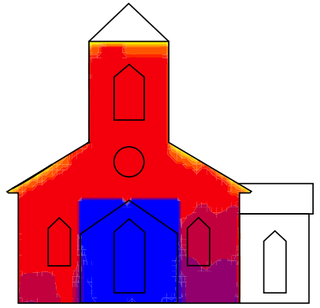
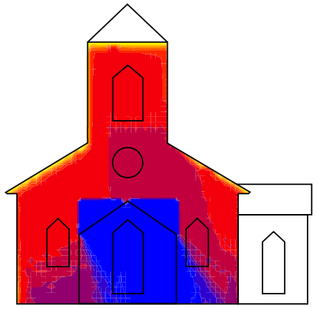


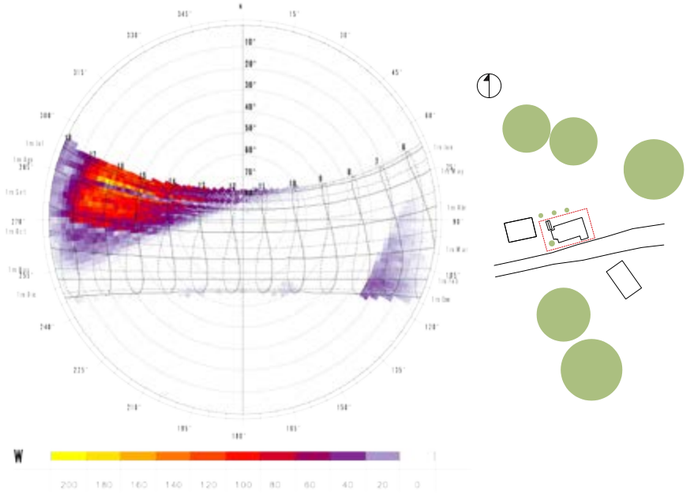
IMAGEN 3.98. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.99. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



4.3.3 LOMA LARGA FACHADA NORTE

En los meses cercanos al solsticio de verano, presenta ésta fachada los mayores índices de radiación directa, alcanzando los 6000 Watts por hora, más que todo en las partes inferiores las cuales no se ven afectadas por la sombra del alero. En lo que respecta a los meses de de Marzo y Diciembre, los promedios de radiación son más bajos de 1500 Watts por hora, lo que indica que ésta es una fachada que la mayor parte del tiempo no se ve afectada por la radiación directa. A pesar que existen algunos árboles cercanos al costado Norte, estos no generan mayor sombra sobre el muro de la edificación.

IMAGEN 3.100. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

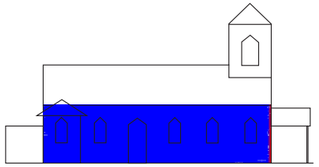


IMAGEN 3.101. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

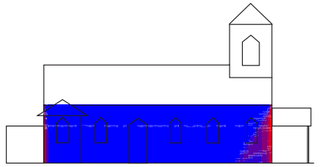
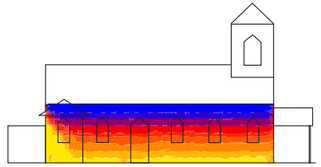


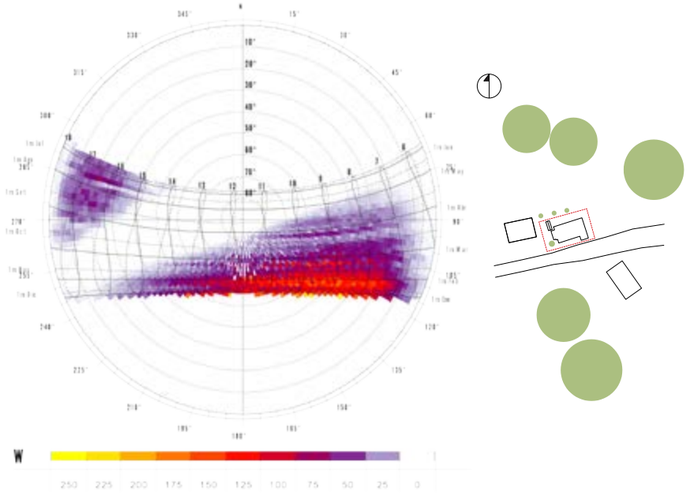
IMAGEN 3.102. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.103. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



4.3.4 LOMA LARGA FACHADA SUR

En el caso de la fachada Sur, ésta recibe la mayor cantidad de radiación solar en los meses cercanos al solsticio de invierno. Es en esta época, en donde el alero no genera mayor sombra y el promedio de radiación directa se encuentra alrededor de los 5000 Watts por hora. Durante los meses cercanos a Marzo, el impacto de radiación disminuye un poco y existe un mayor sombreamiento por parte del alero. La radiación en esta época ronda los 3000 Watts por hora. En el caso de los meses cercanos al solsticio de verano, éstos reciben menos radiación solar, inferior a los 1500 Watts por hora.

IMAGEN 3.104. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

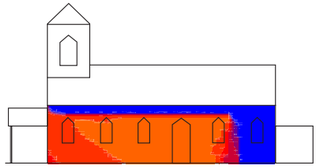


IMAGEN 3.105. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 27 MARZO. Fuente: Autor

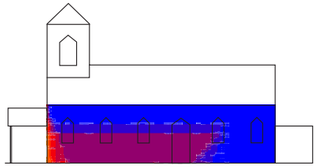
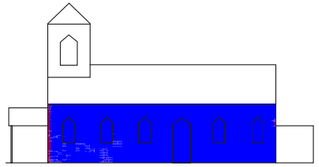


IMAGEN 3.106. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 17 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.107. RADIACIÓN ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

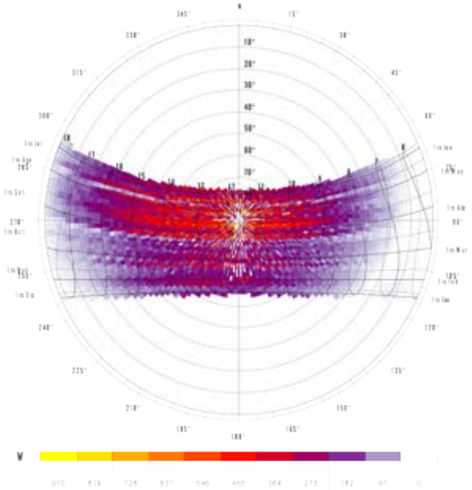


IMAGEN 3.108. SOMBREAMIENTO ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

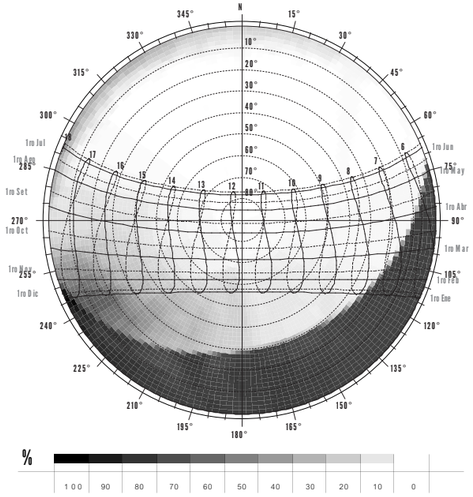
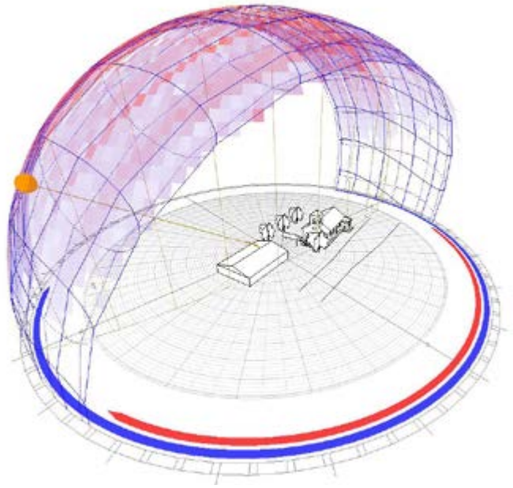


IMAGEN 3.109. ISOMÉTRICO DE RADIACIÓN ANUAL. Fuente: Autor



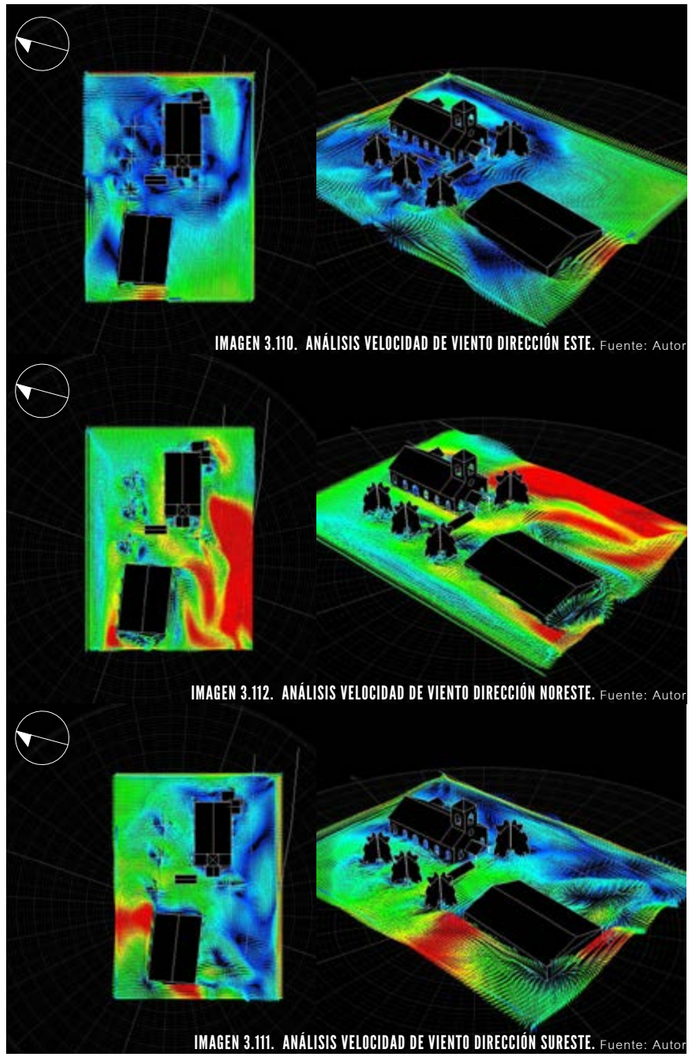


IMAGEN 3.110. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN ESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.112. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN NORESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.111. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN SURESTE. Fuente: Autor

4.4 ANÁLISIS VENTILACIÓN LOMA LARGA

Debido a que la iglesia presenta una rotación de 20 grados con respecto a los puntos cardinales, el movimiento del viento con dirección Este no alcanza de manera perpendicular a la fachada del edificio, por lo que una abertura en esta fachada no generaría mayor movimiento de aire interior.

En el caso en que el viento proviene del Noreste, existen algunos árboles que obstruyen el libre movimiento del aire; Sin embargo, el flujo sí alcanza la fachada Norte de la iglesia, mediante la cual se podría generar ventilación en el interior si existieran aberturas. Cuando el aire viene del Sureste, se presenta una situación similar a la descrita anteriormente,nada más que en este caso hacia a fachada Sur. Sin embargo, el volúmen que sobresale de la fachada dificulta un poco más la llegada del aire.

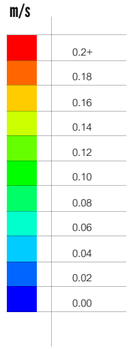


IMAGEN 3.113. IMÁGENES IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor

5.0 SAN ANTONIO

IMAGEN 3.114. MAPA MICRO DE UBICACIÓN IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor

IMAGEN 3.115. IMÁGENES IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor

5.1 EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

La Iglesia de San Antonio se localiza sobre un terreno plano; sin embargo, está a las faldas de una colina que aumenta su altitud conforme se acerca al Volcán Turrialba. La edificación no se encuentra anexa a la calle, sino que está remetida en el lote, a una distancia de 33 m aproximadamente.

La vegetación en el sitio inmediato no es densa. El único factor importante es el sector colindante a la fachada Noreste, en donde existen árboles y palmeras de altura, los cuales afectan la edificación, generando sombra y un ambiente de mayor humedad.

El templo está construído con madera en su estructura interna, colocada sobre un zócalo de concreto de 70 cm que va a todo su alrededor. El exterior está forrado con lámina de hierro galvanizado, incluso la parte donde se encuentra el zócalo. Consta de un campanario central y al frente presenta un gran pórtico, techado a un agua. El resto de la iglesia tiene un cubierta de hierro galvanizado a dos aguas.

Al Suroeste existe un volumen de concreto, la sacristía, la cual se construyó posteriormente.

5.2 ANÁLISIS SOLAR SAN ANTONIO

El templo católico de San Antonio se localiza sobre un eje longitudinal Este-Oeste, con una rotación de 28 grados del Oeste hacia el Norte. De esta manera, su fachada principal queda viendo hacia el Noroeste. Es importante mencionar que el comportamiento de las fachadas del edificio va a responder a dos puntos cardinales debido al grado de rotación que presenta el inmueble.

Durante el solsticio de verano y los meses cercanos, la fachada Norte (Noreste) permanece iluminada en horas de la mañana. Sin embargo, a partir de las 11, el alero de la fachada comienza a funcionar, generando un sombreamiento total que se extiende durante todo el resto del día. La fachada Sur (Suroeste) permanece sombreada hasta las 3 de la tarde cuando empieza a recibir un poco de incidencia solar. El costado Oeste (Noroeste) se mantiene sombreada debido al pórtico frontal y a un árbol anexo a la fachada. Por otro lado, la fachada Este (Sureste) permanece iluminada durante toda la mañana y la cubierta a través de todo el día.

En los meses cercanos al solsticio de invierno (21 de Diciembre), el sol se ubica más hacia el Sur, por lo que la fachada Suroeste recibe luz solar durante todo el día, a excepción de ciertas sombras que genera la vegetación colindante; no obstante, son mínimas. Por el contrario, el costado Noreste permanece sombreado durante todo el día en esta época. En cuanto a la fachada principal, esta percibe luz solar en ciertos momentos de la tarde, sobre todo cuando el sol se encuentra en una posición más horizontal (4-5 p.m.); Sin embargo, tanto el pórtico como el árbol generan sombra en esta época también. Es importante señalar, que el sector de la fachada que se encuentra sobre el pórtico si recibe iluminación constante, sin sombra. Por último, al igual que en la época mencionada anteriormente, la fachada posterior permanece iluminada durante toda la mañana y la cubierta durante todo el día.

En el tiempo de los equinoccios, la fachada Noreste es sombreada mediante el alero existente y solo llega a percibir luz durante un lapso corto en la mañana. Al Suroeste se muestra un comportamiento inverso y es en horas de la tarde donde existe iluminación en la fachada. Los costados Noroeste y Sureste presentan un comportamiento similar al de los solsticios, al igual que la cubierta.

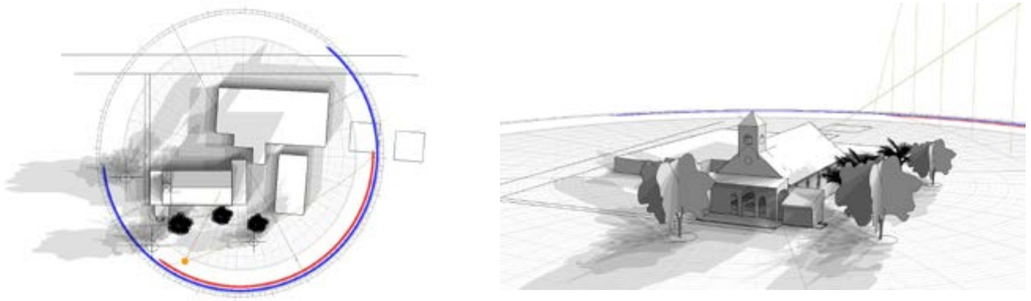


IMAGEN 3.116. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 DIC. Fuente: Autor

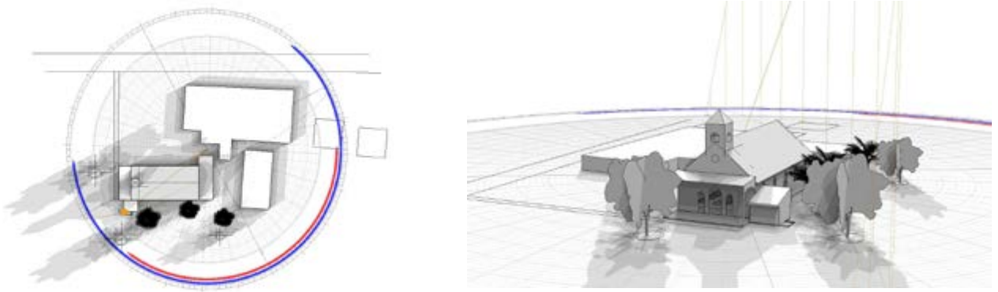


IMAGEN 3.117. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 MAR. Fuente: Autor

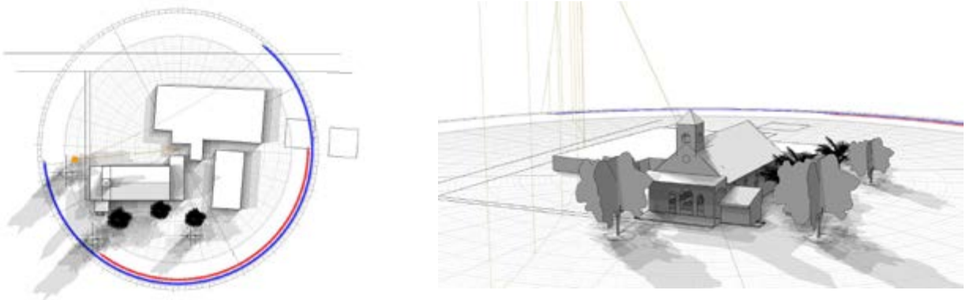
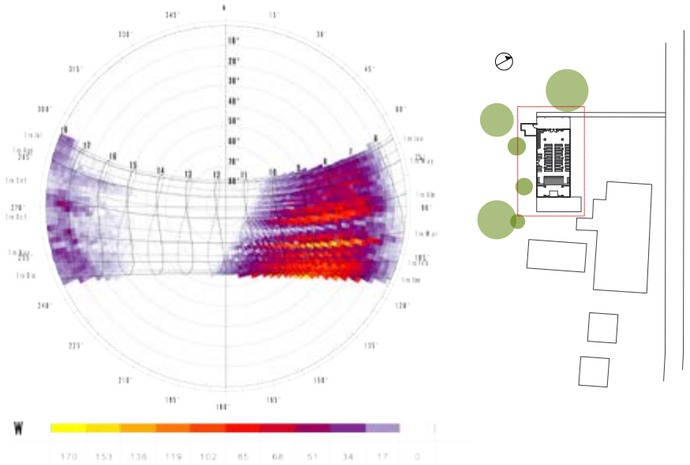


IMAGEN 3.118. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 JUN. Fuente: Autor

5.3 ANÁLISIS RADIACIÓN SAN ANTONIO

IMAGEN 3.122. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



5.3.1 SAN ANTONIO FACHADA ESTE (SE)

En el caso de ésta fachada, es importante mencionar que existe un volúmen anexo a la nave de la iglesia, a lo largo de toda la fachada Este. Sin embargo, debido a la altitud de la edificación, es mayor el área de exposición a la radiación solar en la parte superior que lo que el volúmen sombrea. El comportamiento de la fachada este con respecto a la radiación solar es muy similar a traves del año, en donde siempre se ve afectada en el transcurso de la mañana. En los meses cercanos al solsticio de verano, los promedios son menores, rondando los 3150 Watts por hora. Sin embargo, durante Marzo y Diciembre llegan a alcanzar los 4250 Watts por hora.

IMAGEN 3.119. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 14 DICIEMBRE. Fuente: Autor

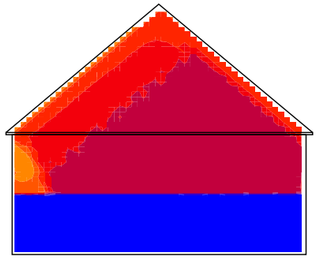


IMAGEN 3.120. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

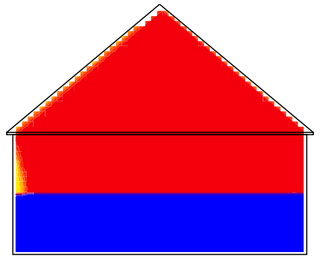
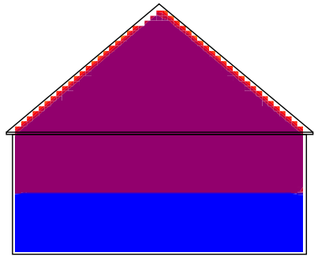


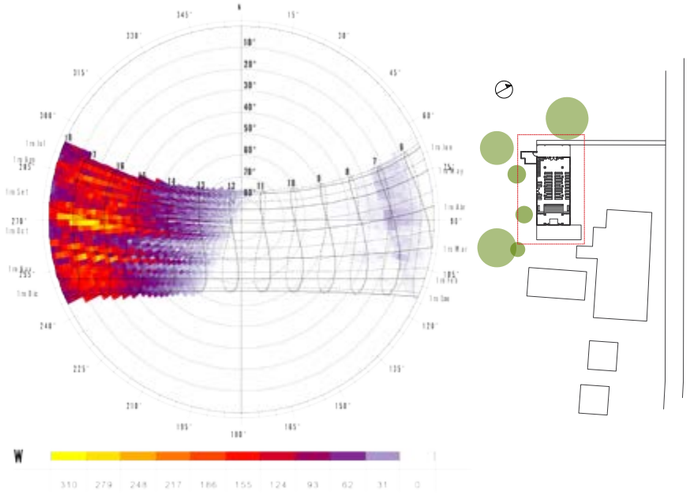
IMAGEN 3.121. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.123. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



5.3.2 SAN ANTONIO FACHADA OESTE (NO)

La característica más importante a mencionar en ésta fachada es el pórtico que se encuentra sobre el corredor de acceso a la iglesia, el cual es responsable de la sombra que se genera sobre la misma y por ende de la disminución de radiación que recibe, en donde los promedios se encuentran por abajo de los 1500 Watts por hora. No obstante, la parte superior al pórtico recibe gran cantidad de radiación solar a través de toda la tarde, en donde los momentos de mayor impacto se observan de las 3 pm en adelante.

El comportamiento de la fachada durante el año es similar. El promedio ronda los 3500 Watts por hora.

IMAGEN 3.124. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 14 DICIEMBRE. Fuente: Autor

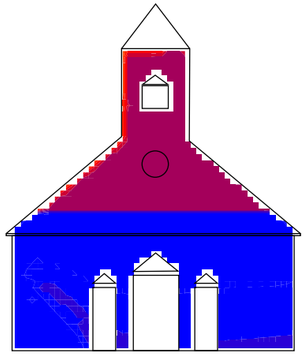


IMAGEN 3.125. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

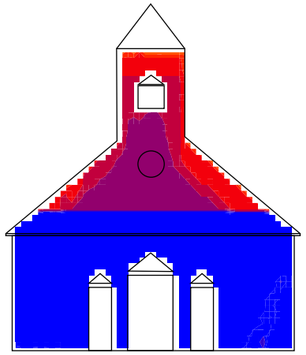
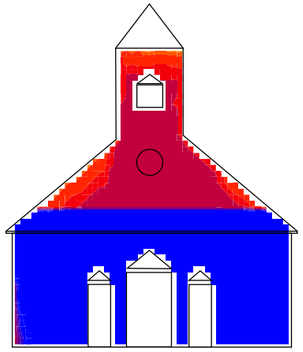


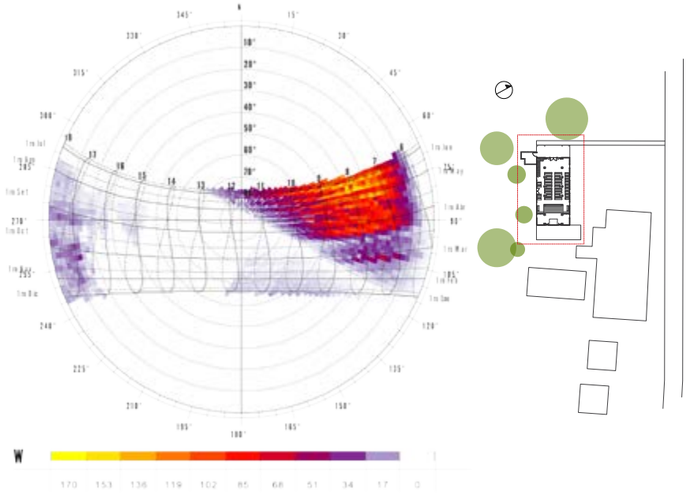
IMAGEN 3.126. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.130. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



5.3.3 SAN ANTONIO FACHADA NORTE (NE)

Como se puede observar en la carta solar, ésta fachada se ve afectada por la radiación directa en el transcurso de la mañana, debido a que su orientación no es completamente hacia el Norte sino responde al Noreste. Sin embargo, no es durante todo el año, sino en los meses cercanos a Junio, en donde se perciben promedios mayores.

A pesar de esto, en comparación con las otras fachadas, ésta es la que recibe menos radiación directa a través de todo el año. Además, las cantidades máximas de radiación no superan los 1500 Watts por hora.

IMAGEN 3.127. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 14 DICIEMBRE. Fuente: Autor

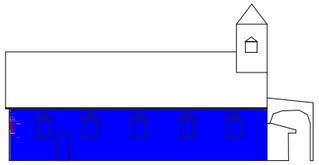


IMAGEN 3.128. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

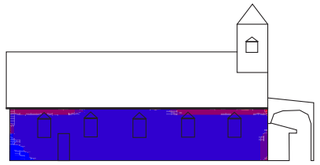
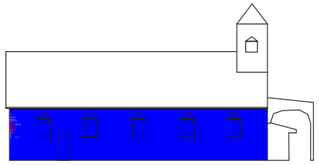


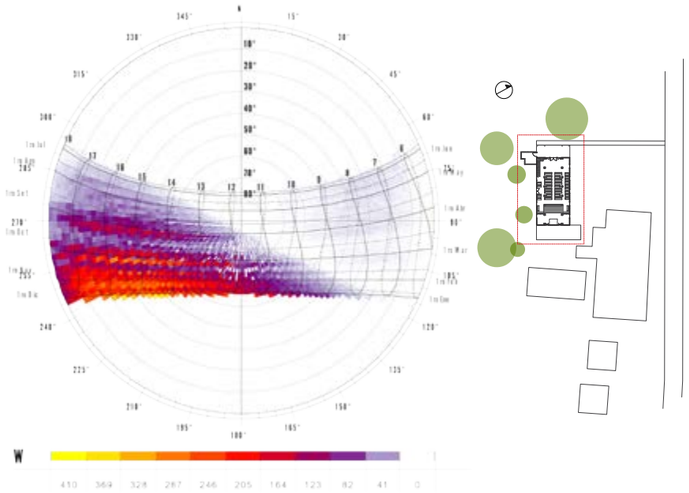
IMAGEN 3.129. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.134. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



5.3.4 SAN ANTONIO FACHADA SUR (SO)

En el caso de la fachada Sur, existe un volúmen anexo a la nave de la iglesia. Sin embargo, es un área muy pequeña, por lo que no genera mayor diferencia. Otro factor importante de mencionar, es la existencia de palmeras anexas a la fachada, las cuales logran generar sombras en ciertos momentos del año, evitando el impacto de la radiación.

Durante los meses cercanos a Diciembre se presentan los mayores promedios de radiación directa, alcanzando en algunos puntos hasta 5900 Watts por hora. En los meses cercanos a Marzo, el promedio baja, ronda los 4250 Watts. Además, durante el mes de Junio recibe poca radiación solar.

IMAGEN 3.131. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 14 DICIEMBRE. Fuente: Autor

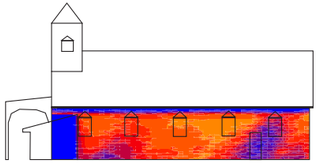


IMAGEN 3.132. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

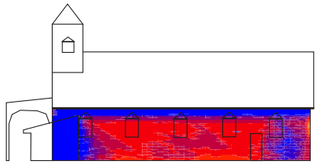
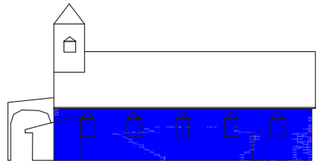


IMAGEN 3.133. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.135. RADIACIÓN ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

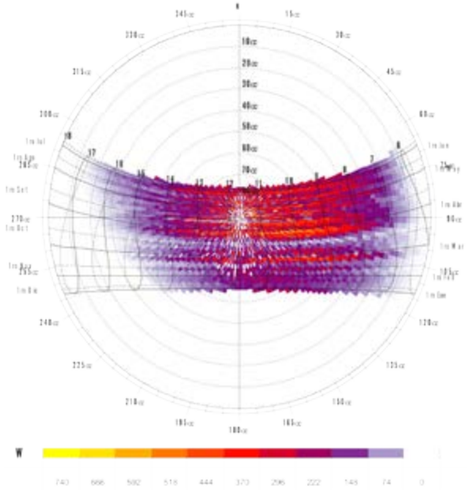


IMAGEN 3.136. SOMBREAMIENTO ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

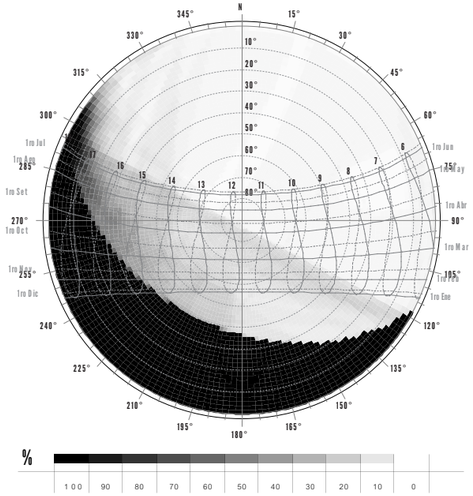
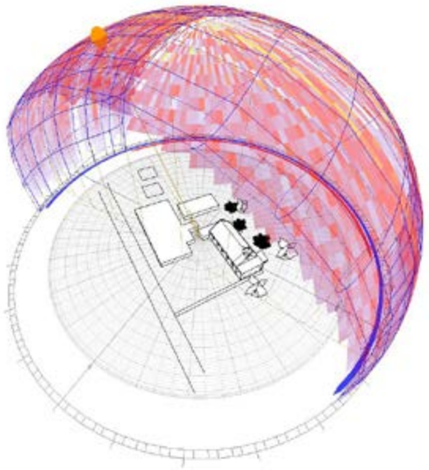


IMAGEN 3.137. ISOMÉTRICO DE RADIACIÓN ANUAL. Fuente: Autor



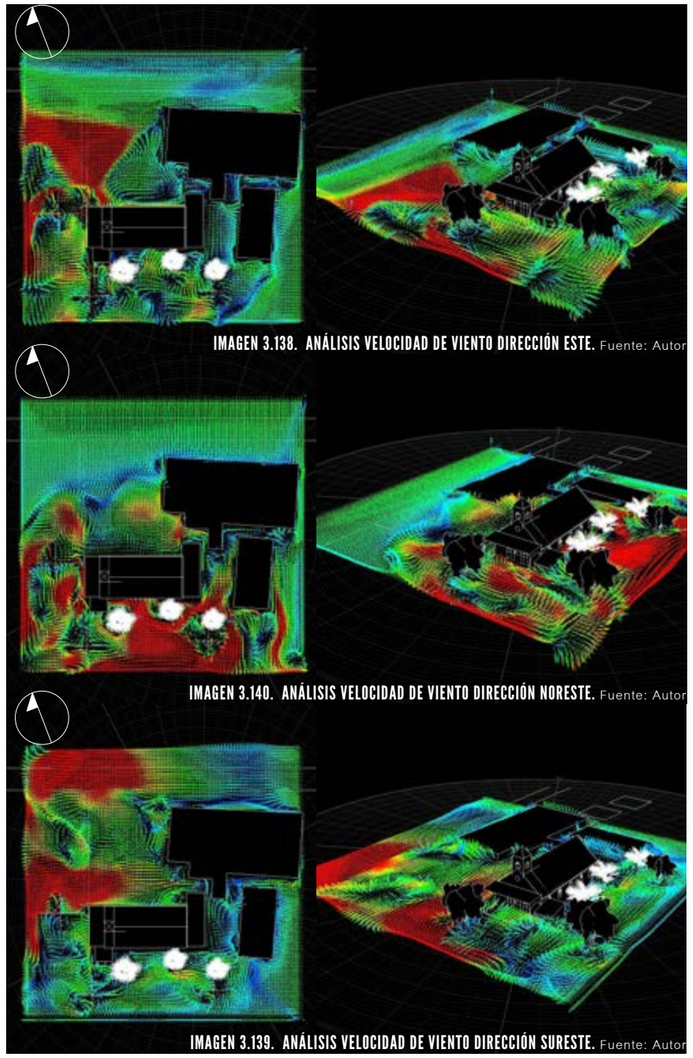


IMAGEN 3.138. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN ESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.140. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN NORESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.139. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN SURESTE. Fuente: Autor

5.4 ANÁLISIS VENTILACIÓN SAN ANTONIO

En el momento en que el viento se mueve con dirección Este, existe un edificio anexo a la iglesia que representa un obstáculo importante, ya que dificulta considerablemente la llegada de aire a la misma, por lo que no es posible lograr una ventilación adecuada en el interior.

El viento que proviene del Noreste funciona de manera distinta, ya que debido a la rotación de la iglesia alcanza la fachada casi de manera perpendicular. No obstante, existe un edificio que obstruye un poco el paso, más que todo en la parte posterior de la iglesia. A pesar de esto, si existieran aberturas, se lograría ventilar por este costado. Cuando el flujo de aire viene del Sureste, existen obstáculos que no permiten el libre movimiento hacia la fachada, por lo que es difícil lograr ventilación al interior por la misma.

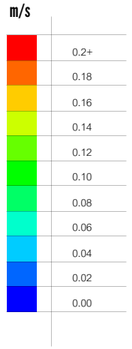


IMAGEN 3.141. IMÁGENES IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor

6.0 LA PASTORA

IMAGEN 3.142. MAPA MICRO DE UBICACIÓN IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor

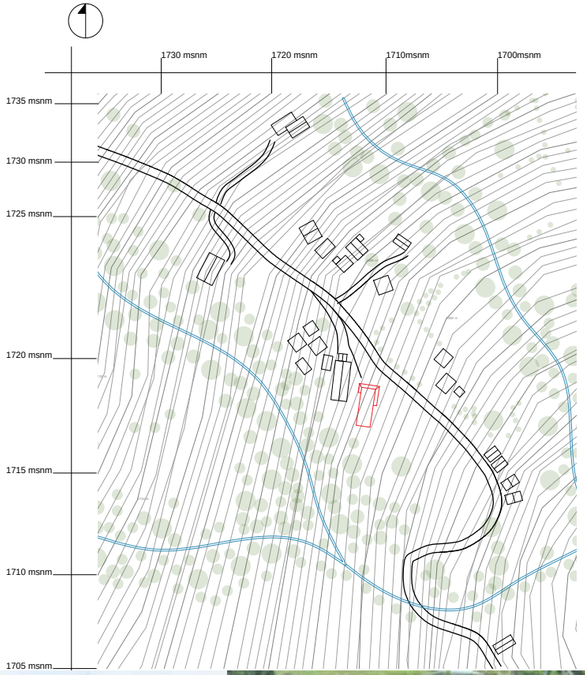


IMAGEN 3.143. IMÁGENES IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor.

6.1 EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

El templo católico de La Pastora es el sitio de mayor altitud dentro de los casos de estudio, ubicado en las faldas del volcán Turrialba. Al igual que en San Antonio, la iglesia no se encuentra al borde de la calle. Además, está localizada una altura superior al nivel del camino. La planicie en en donde se encuentra, está rodeada por dos cuerpos de agua, alrededor de los cuales se densifica la vegetación.

El Río Jesús María es el que tiene más relación con la iglesia, ya que se encuentra colindando con su fachada principal (Sur). A su vez, al costado Oeste del inmueble existe una edificación que genera sombra sobre la fachada en ciertos momentos, sin embargo son pocos.

El templo es una construcción de estructura de madera recubierta de lámina de hierro galvanizado en su exterior, la cual asemeja la tablilla. Presenta un zócalo de bloques de concreto, que fue agregado en 1975. Posee un pórtico de entrada y por sobre el pórtico un balcón que corresponde al campanario. El piso es de terrazo y su cubierta es a dos aguas y de hierro galvanizado.

6.2 ANÁLISIS SOLAR LA PASTORA

La iglesia de La Pastora se encuentra orientada sobre un eje transversal Norte- Sur, con una rotación de 8 grados del Norte hacia el Este. Contrario a todos los casos de estudio anteriores, esta iglesia tiene expuestas sus fachadas longitudinales hacia el Este y el Oeste, mientras que su fachada principal se encuentra hacia el Sur.

Durante los meses cercanos al solsticio de verano, la fachada Oeste permanece iluminada durante las horas de la tarde. El volúmen que se encuentra colindando a la misma no genera ninguna sombra sobre la fachada del templo. Por el contrario, la fachada Este permanece expuesta a la luz durante el transcurso de la mañana. La fachada principal (Sur) permanece sombreada durante todo el día en esta época del año, debido a que el sol se encuentra ubicado al Norte, razón por la cual el costado posterior, permanece iluminado durante todo el día. La cubierta del inmueble se mantiene iluminada siempre durante esta época.

En el solsticio de invierno, la fachada Sur recibe gran cantidad de iluminación a traves del día. Cabe mencionar que el pórtico central genera un poco de sombra en algunas horas. Las fachadas Este y Oeste presentan un compotamiento muy similar al que se da en el solsticio de verano, en donde los aleros son de una dimensión menor, por lo que no generan una sombra considerable en los muros. En cuanto a la fachada posterior (Norte), se mantiene sombreada todo el día. La cubierta permanece expuesta a la luz solar.

En la época de los equinoccios (21 de marzo y 21 de setiembre), las fachadas Este y Oeste presentan un comportamiento similar al mencionado anteriormente. Además, la fachada Norte permanece sombreada durante todo el día y la fachada Sur recibe luz natural en su mayoría a los extremos del pórtico, ya que el mismo genera sombra en el interior.

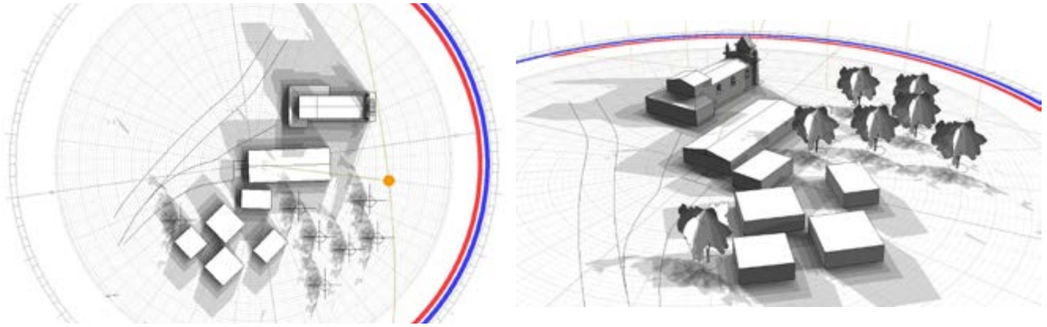


IMAGEN 3.144. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 DIC. Fuente: Autor

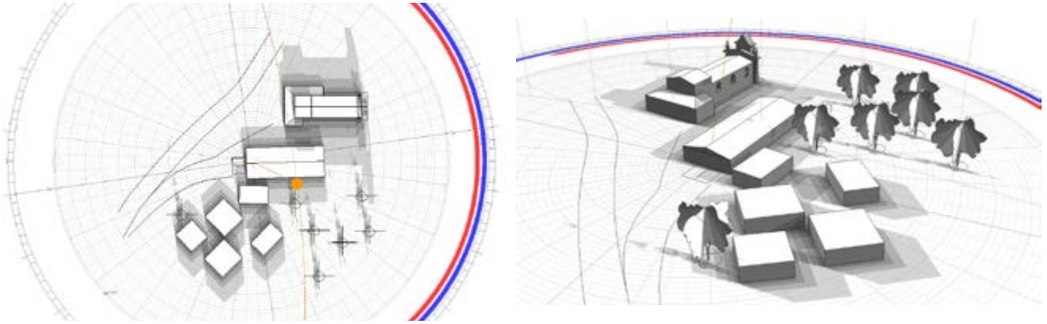


IMAGEN 3.145. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 MAR. Fuente: Autor

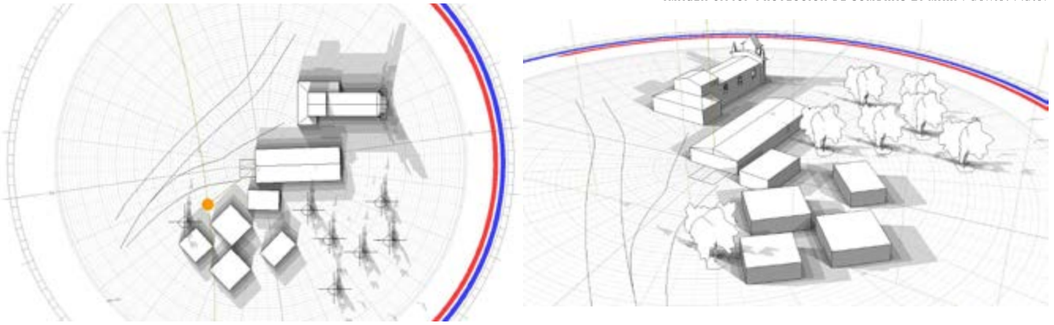
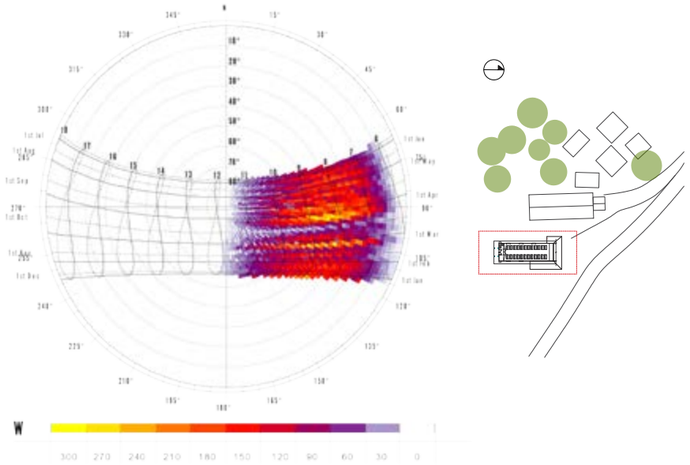


IMAGEN 3.146. PROYECCIÓN DE SOMBRAS 21 JUN. Fuente: Autor

6.3 ANÁLISIS RADIACIÓN LA PASTORA

IMAGEN 3.150. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



6.3.1 LA PASTORA FACHADA ESTE

Como se puede observar en la carta solar, esta fachada recibe radiación solar durante todo el año, en un rango de 7 a 11 am aproximadamente. En este caso, existe un volúmen que se encuentra anexo a la nave de la iglesia, el cual contrarresta los efectos de la radiación directa en un área considerable del muro.

El comportamiento de esta fachada con respecto a la radiación es muy similar a través de todo el año. Durante el mes de Diciembre, la radiación es menor, ronda los 2600 Watts por hora. En el caso de Marzo y Junio, presenta un promedio un poco más alto, de 3150 Watts por hora.

IMAGEN 3.147. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

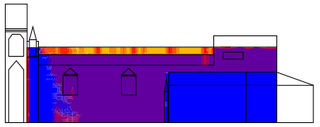


IMAGEN 3.148. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

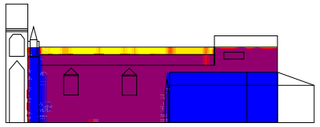
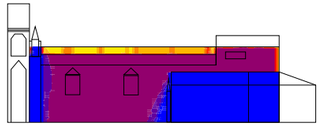


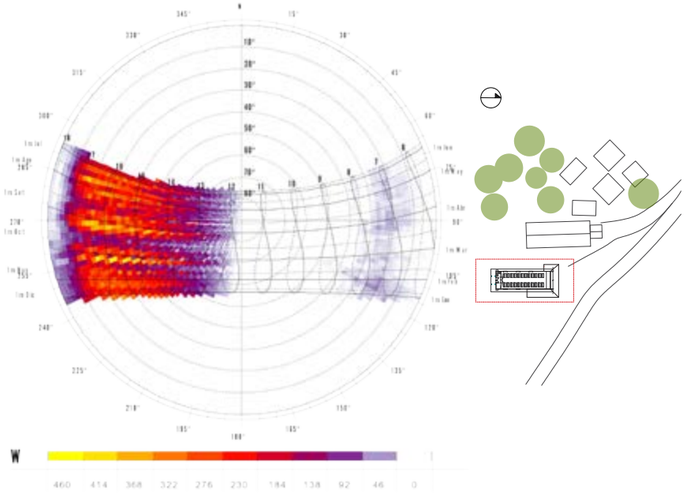
IMAGEN 3.149. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.151. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



6.3.2 LA PASTORA FACHADA OESTE

En el caso de la fachada Oeste, existen dos volúmenes que sobresalen a los lados de la fachada principal, los cuales generan sombra sobre la misma, más que todo en los meses cercanos a Diciembre. Este es el único elemento que genera sombra sobre la fachada, ya que a pesar de que hay una edificación cercana, ésta no llega a afectar.

La conducta en términos de radiación es similar a través de todo el año. La fachada recibe luz solar directa en la tarde, en un rango de 1 a 5 pm aproximadamente. En los meses de Diciembre y Junio el promedio de radiación ronda los 3700 Watts por hora y en el mes de Marzo aumenta a 4800 Watts.

IMAGEN 3.152. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

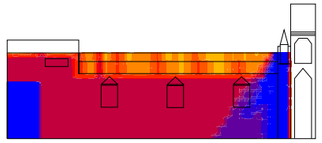


IMAGEN 3.153. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

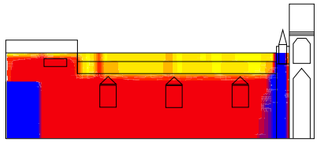
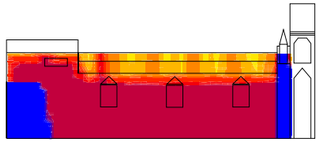


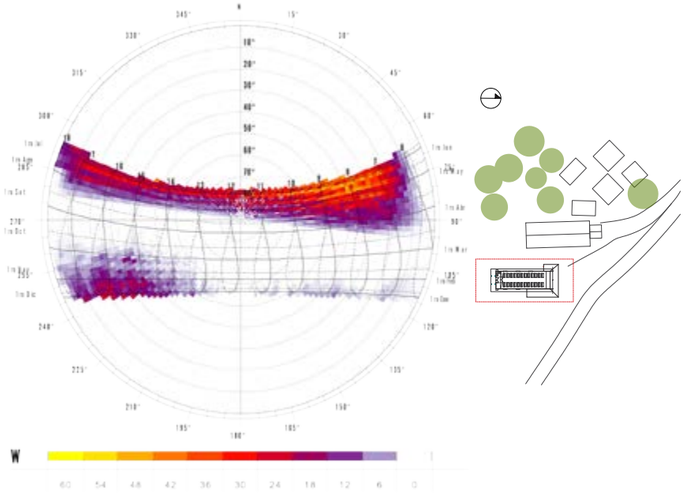
IMAGEN 3.154. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.158. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



6.3.3 LA PASTORA FACHADA NORTE

La fachada Norte de la iglesia de la Pastora se encuentra rodeada por un volúmen ajeno a la nave principal de la edificación. Este elemento se comporta casi como una edificación colindante y por ende contrarresta los efectos directos de la radiación en este costado. De esta manera, además de que ésta es la fachada que recibe menor radiación solar, solo percibe los efectos en la parte superior, debido a la gran altura de la edificación. En este caso, es en los meses cercanos a Junio que recibe mayores niveles de radiación; En los meses de Marzo y Diciembre, recibe muy poco impacto.

IMAGEN 3.155. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

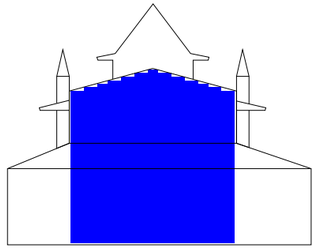


IMAGEN 3.156. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

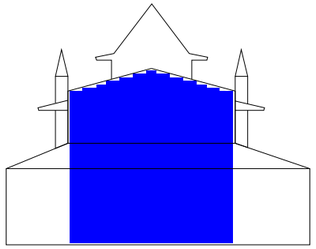
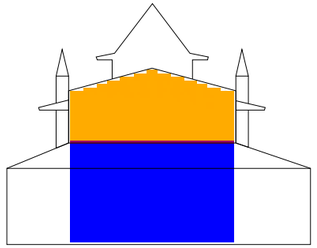


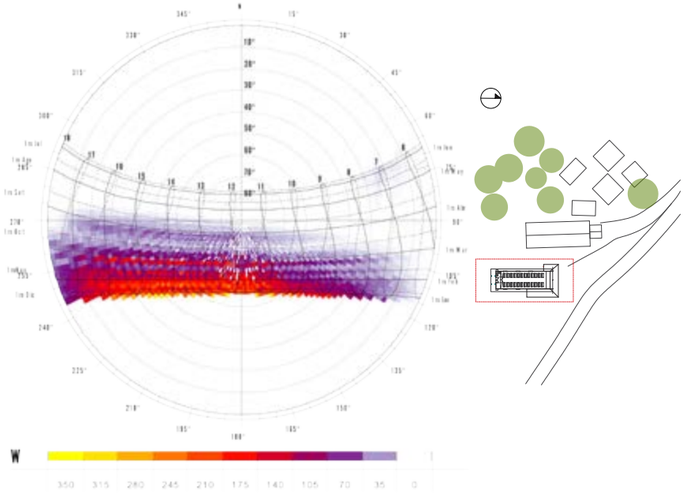
IMAGEN 3.157. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.162. PROYECCIÓN ANUAL DE RADIACIÓN. Fuente: Autor



6.3.4 LA PASTORA FACHADA SUR

La fachada principal de la iglesia tiene una morfología muy particular. Por esta razón, los volúmenes entrantes y salientes de la misma causan que el comportamiento del sol sea muy irregular. El área central de la fachada es el que recibe menor radiación debido a la sombra que le genera el pórtico.

No existe un rango de tiempo definido en el que la radiación afecta esta fachada ya que varía a través del año. Durante el mes de Junio, el promedio de radiación es el menor, no superan los 1500 Watts por hora. Además, en los meses de Marzo y Diciembre, los lados de la fachada llegan a recibir casi 5000 Watts por hora sobre la superficie.

IMAGEN 3.159. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 13 DICIEMBRE. Fuente: Autor

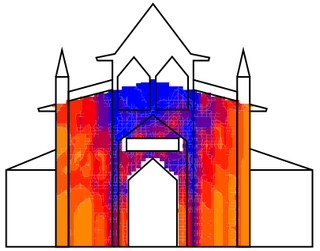


IMAGEN 3.160. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 22 MARZO. Fuente: Autor

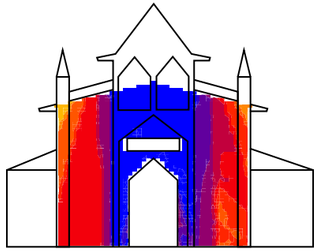
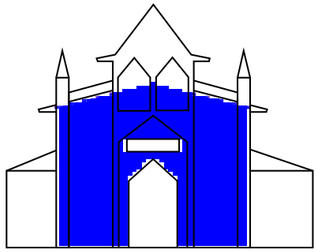


IMAGEN 3.161. PORCENTAJE RADIACIÓN SOBRE FACHADA 23 JUNIO. Fuente: Autor



W día

7000+	6450	5900	5350	4800	4250	3700	3150	2600	2050	1500

IMAGEN 3.163. RADIACIÓN ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

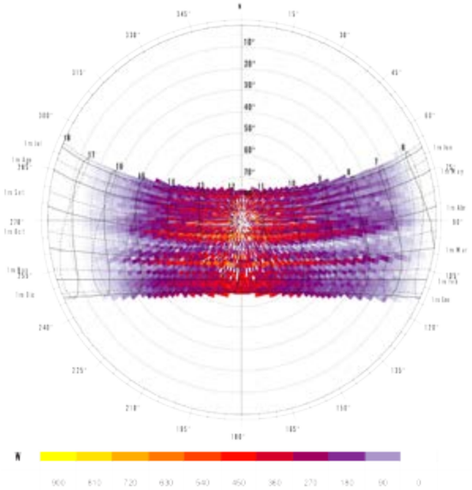


IMAGEN 3.164. SOMBREAMIENTO ANUAL CUBIERTA. Fuente: Autor

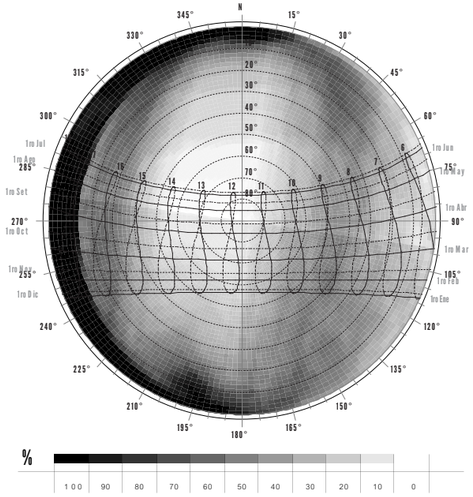
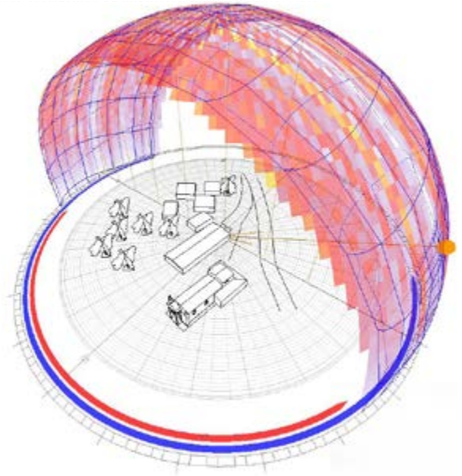


IMAGEN 3.165. ISOMÉTRICO DE RADIACIÓN ANUAL. Fuente: Autor



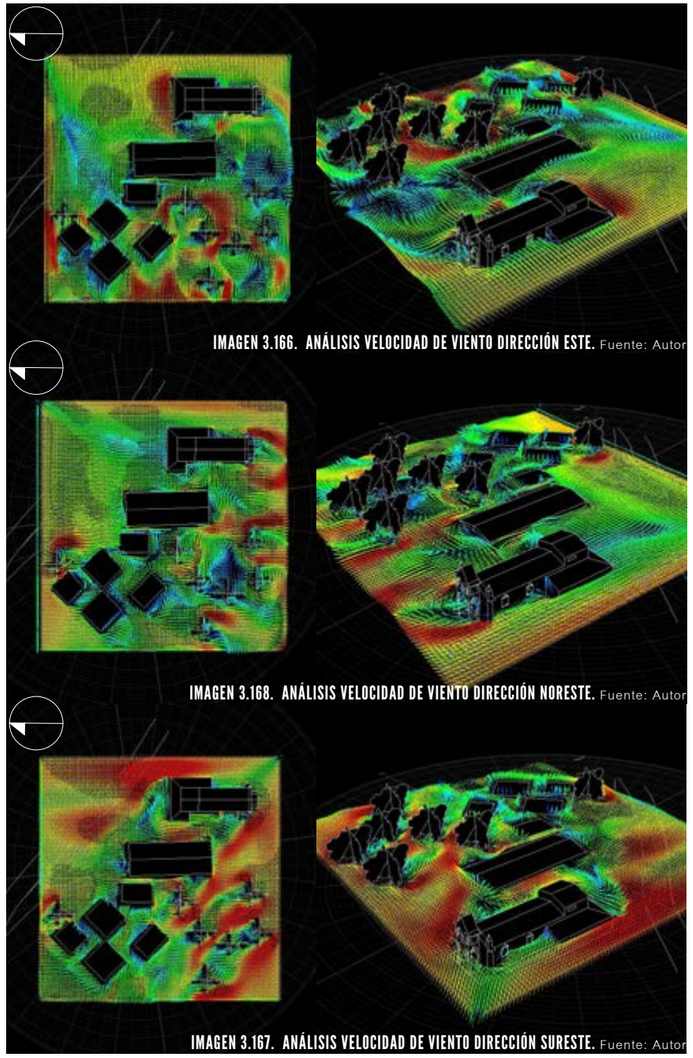


IMAGEN 3.166. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN ESTE. Fuente: Autor

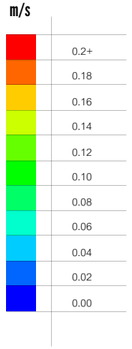
IMAGEN 3.168. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN NORESTE. Fuente: Autor

IMAGEN 3.167. ANÁLISIS VELOCIDAD DE VIENTO DIRECCIÓN SURESTE. Fuente: Autor

6.4 ANÁLISIS VENTILACIÓN LA PASTORA

En el caso de la Iglesia de La Pastora, la orientación es un factor que va a generar un comportamiento distinto a las anteriores. Cuando el viento proviene del Este, no existen obstáculos, por lo que el aire alcanza de manera perpendicular una de las fachadas longituinales de la iglesia, generando una zona de presión alta, en donde es posible realizar aberturas para lograr ventilación en el interior.

Durante los momentos en que el viento tiene dirección Noreste, existe un volúmen que bordea toda la fachada de la Iglesia, lo que hace muy difícil la llegada del viento al interior mediante ese costado del edificio. Contrario a esto, cuando el viento proviente del Sureste, este logra alcanzar el edificio tanto en su fachada principal, como en las laterales, lo que permitiría la ventilación interior si existieran aberturas.



C4

C1 C2 C3 C4 C5 C6

C4. EL EDIFICIO

DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE Y SU COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO INTERIOR-EXTERIOR

1.0 ERMITA GUARDIA, LIBERIA

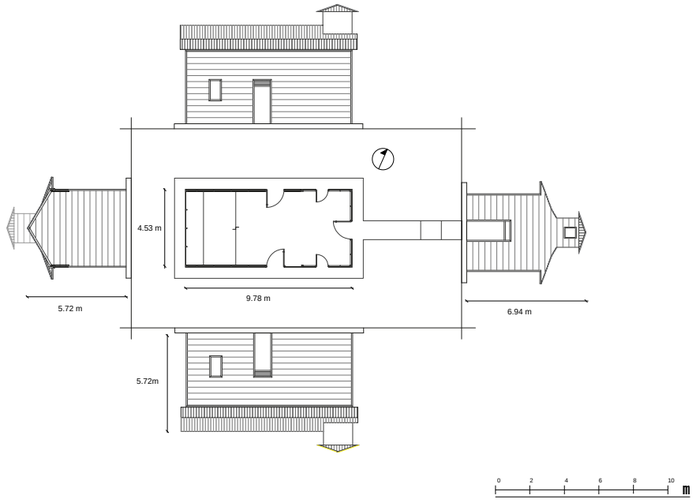


IMAGEN 4.1. FICHA TÉCNICA ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	ENTRE 1921 Y 1922 ÉPOCA CONSTRUCTIVA: 1901-1950
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	LATITUD: 10°34' NORTE ALTITUD: 32 MSNM LONGITUD: 85°35' OESTE
CAPACIDAD DE OCUPACIÓN	10-15 PERSONAS APROXIMADAMENTE (SENTADAS)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAREDES: MADERA PISO: MOSAICO CUBIERTA: HIERRO GALVANIZADO CIELO RASO: MADERA
TEMPORALIDAD DE USO	DESDE 1970 NO SE CELEBRA EL SERVICIO RELIGIOSO

IMAGEN 4.2. LEVANTAMIENTO DE SITIO ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

La ermita de Guardia es el edificio más pequeño de los seis casos de estudio; presenta un área de 43.94 m2 y un volúmen de aire de 191.29 m3. La nave no tiene divisiones internas, tan solo existe un desnivel de 12 cm que demarca la zona donde se ubica el altar. Todas las paredes internas son de tablones de madera y en algunos sectores solo cuenta con el forro externo. La altura del nivel de piso hasta el cielo raso es de 4.60 m. No cuenta con superficie translúcida(vidrio), sino que las ventanas son vanos, las cuales en conjunto con las puertas representan tan solo un 3.43 porciento de toda la superficie del edificio.

1.1 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

IMAGEN 4.3. DESPLIEGUE DE ENVOLVENTE ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

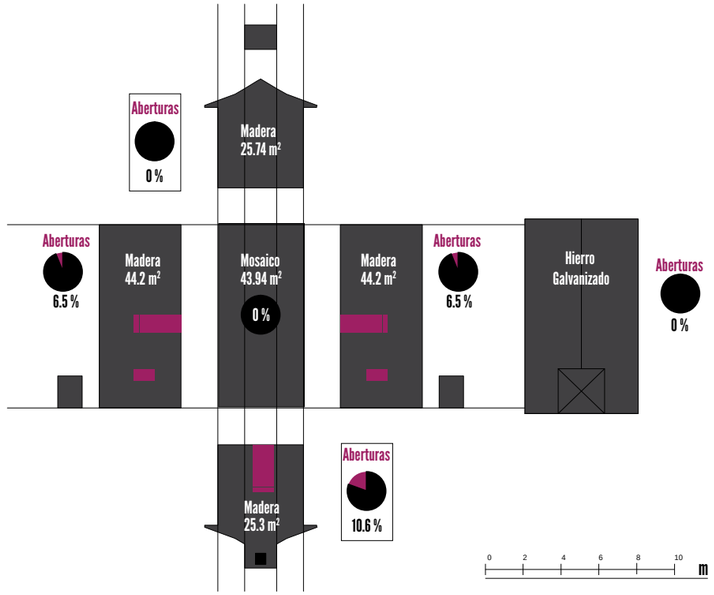
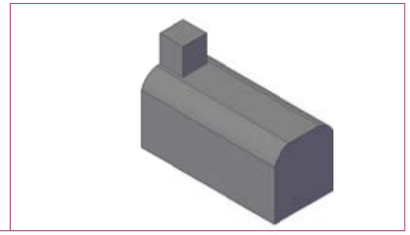


IMAGEN 4.5. RELACIÓN ENTRE SUPERFICIE Y ABERTURAS, ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

IMAGEN 4.4. VOLUMEN DE AIRE ESPACIO PRINCIPAL, ERMITA GUARDIA. Fuente: Autor

VOLÚMEN nave: 185.67 m³
VOLÚMEN torre: 5.62 m³
VOLÚMEN DE AIRE TOTAL: 191.29 m³



1.2 MEDICIONES PROLONGADAS

Con el fin de observar el comportamiento interior de la edificación con respecto a la variación estacional del clima y a su vez evaluar la capacidad térmica de la envolvente para amortiguar las condiciones externas, se registraron datos de humedad relativa y temperatura durante los meses de Octubre 2011 (18-31) y Febrero 2012 (9-20). Se instalaron tres aparatos de medición en la iglesia de Guardia: Uno en el interior, cerca del altar, otro en el exterior, al costado sur de la iglesia, bajo sombra y uno en la ventana al costado

IMAGEN 4.6. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

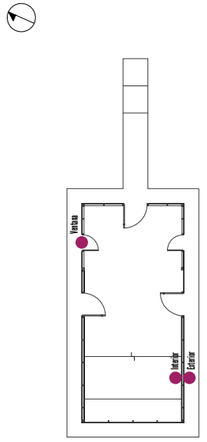


IMAGEN 4.7. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

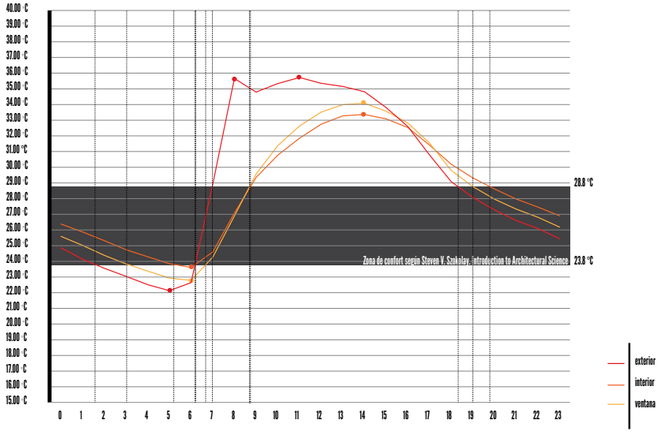


IMAGEN 4.8. DÍA TIPO OCTUBRE, TEMPERATURA. Fuente: Autor

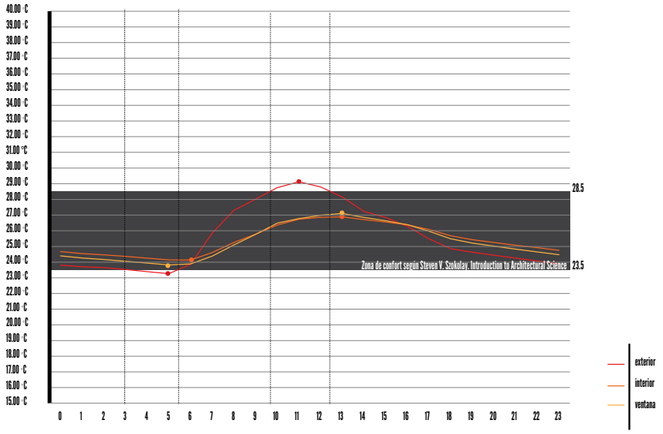


IMAGEN 4.9. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	24.80	26.32	0.88
1	24.06	25.81	0.83
2	23.49	25.25	0.81
3	22.97	24.67	0.84
4	22.44	24.22	0.87
5	22.05	23.78	0.87
6	22.57	23.54	0.28
7	28.87	24.53	-1.24
8	35.64	27.02	-2.04
9	34.77	29.30	-2.24
10	35.32	30.73	-2.38
11	35.71	31.82	-2.39
12	35.33	32.71	-1.94
13	35.13	33.25	-1.26
14	34.79	33.34	-0.53
15	33.78	33.06	-0.29
16	32.56	32.50	0.09
17	30.74	31.37	0.59
18	29.03	30.15	0.82
19	28.03	29.27	0.8
20	27.22	28.56	0.82
21	26.54	27.92	0.83
22	26.04	27.41	0.85
23	25.38	26.85	0.86

DIA TIPO OCTUBRE			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	23.80	24.68	0.87
1	23.71	24.54	0.83
2	23.65	24.46	0.81
3	23.53	24.37	0.84
4	23.39	24.26	0.87
5	23.27	24.14	0.87
6	23.86	24.14	0.28
7	25.85	24.61	-1.24
8	27.30	25.26	-2.04
9	28.01	25.77	-2.24
10	28.75	26.37	-2.38
11	29.12	26.73	-2.39
12	28.80	26.86	-1.94
13	28.15	26.89	-1.27
14	27.24	26.71	-0.53
15	26.85	26.56	-0.29
16	26.29	26.38	0.10
17	25.49	26.08	0.59
18	24.86	25.68	0.82
19	24.63	25.43	0.80
20	24.44	25.26	0.82
21	24.25	25.08	0.83
22	24.07	24.92	0.85
23	23.89	24.75	0.86

Norte(Ver imagen x).
El día de instalación en el sitio se registró una temperatura exterior de 31,1 grados en Febrero (10 am) y 25 grados en Octubre (8 am).

Durante la estación seca los promedios de temperatura se elevan considerablemente.En un lapso de 6 a 8 de la mañana la temperatura exterior aumenta 14 grados y permanece estable hasta las dos de la tarde cuando comienza a descender. Sin embargo, durante todo el día se mantiene fuera de la zona de confort. El comportamiento interior presenta una tendencia similar, no obstante las temperaturas registradas son menores que el exterior en el día y mayores durante la noche, lo cual evidencia un buen comportamiento térmico de la envolvente. La temperatura exterior máxima registrada es 35.71 grados a las 11 de la mañana y la interior 33.34 grados a las 2 de la tarde.

En la estación lluviosa las temperaturas son menores y a excepción del período de 10 am a 12 md, se mantienen dentro del rango de confort térmico. La temperatura exterior máxima registrada es de 29.12 grados a las 11 de la mañana y la interior 26.89 a la 1 de la tarde. En esta época la envolvente sigue presentando un com-

portamiento adecuado, en donde se generan temperaturas menores que el exterior a través del día y mayores durante la noche.

A pesar de que ambas épocas presentan una tendencia similar, cabe mencionar que la época seca cuenta con una oscilación térmica mucho mayor.

La Humedad Relativa se mantiene por debajo del 80 % durante la época seca. En el exterior tiene un comportamiento contrario a la temperatura, en donde a partir de las 8 de la mañana tiende a bajar , alcanzando el mínimo registrado: 37.59 % a las 11 de la mañana. Durante el día se registran mayores niveles de humedad en el interior que en el exterior. Incluso en las primeras horas (8-9 am) existe una diferencia de 20% aproximadamente. No obstante, la mayor parte del día permanece dentro de un rango confortable, solo en las madrugadas sobrepasa el 60% recomendado.

En la época lluviosa los niveles de humedad relativa tienden a elevarse notablemente. La mayor parte del tiempo, el promedio de humedad relativa sobrepasa el 80%. Es importante señalar que el comportamiento de la humedad en el interior tiene poca oscilación a través del día y en el período de 7 de la mañana a 4 de la tarde es mayor que en el exterior. Según Steven V. Szokolay, los niveles medios de humedad (HR 30-65%) son los recomendados para el ambiente confortable de los usuarios. En esta época, el promedio de humedad siempre se mantiene fuera de este rango.

El día de instalación en el sitio se registró una humedad relativa exterior de 48,7% en Febrero (10 am) y 84% en Octubre (8 am).

IMAGEN 4.10. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

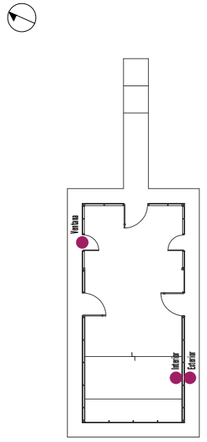


IMAGEN 4.11. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

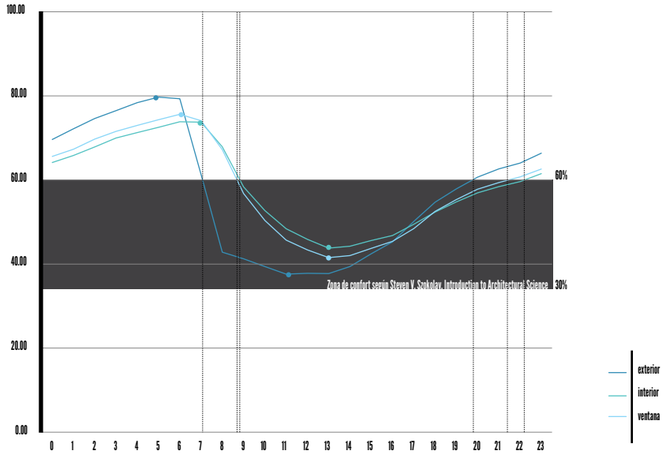


IMAGEN 4.12. DÍA TIPO OCTUBRE, HUMEDAD. Fuente: Autor

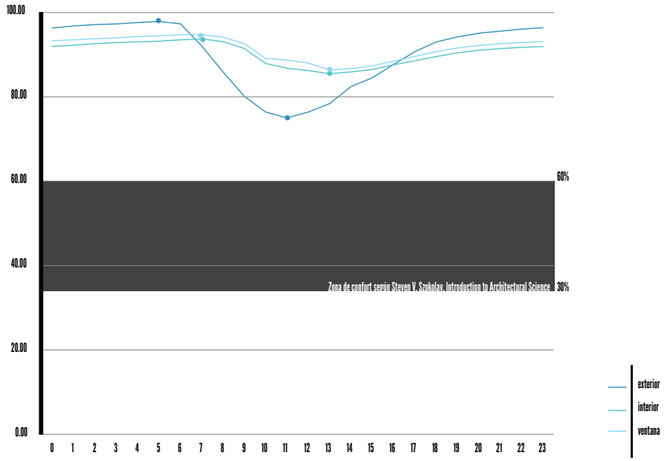


IMAGEN 4.13. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	69,60	64,15	-5,45
1	72,16	65,82	-6,34
2	74,62	67,84	-6,77
3	76,47	69,98	-6,49
4	78,37	71,25	-7,12
5	79,70	72,52	-7,18
6	79,31	73,82	-5,49
7	61,23	73,75	12,52
8	42,82	67,87	25,05
9	41,26	58,34	17,08
10	39,39	52,69	13,30
11	37,59	48,40	10,81
12	37,80	45,87	8,07
13	37,73	43,79	6,07
14	39,41	44,24	4,83
15	42,44	45,57	3,13
16	45,27	46,79	1,52
17	50,13	49,46	-0,66
18	54,72	52,36	-2,36
19	57,87	54,77	-3,11
20	60,66	56,92	-3,74
21	62,63	58,39	-4,23
22	64,02	59,60	-4,42
23	66,36	61,48	-4,87

DIA TIPO OCTUBRE			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	96,15	91,81	-4,35
1	96,65	92,08	-4,57
2	96,97	92,44	-4,52
3	97,12	92,69	-4,43
4	97,43	92,89	-4,55
5	97,68	93,02	-4,67
6	97,14	93,34	-3,80
7	91,95	93,59	1,63
8	85,83	92,94	7,11
9	80,05	91,31	11,27
10	76,30	87,78	11,48
11	74,93	86,66	11,73
12	76,32	86,11	9,80
13	78,30	85,38	7,08
14	82,32	85,79	3,47
15	84,38	86,35	1,96
16	87,54	87,46	-0,08
17	90,58	88,42	-2,17
18	92,87	89,44	-3,44
19	94,05	90,29	-3,75
20	94,92	90,91	-4,01
21	95,42	91,29	-4,13
22	95,90	91,57	-4,33
23	96,20	91,76	-4,45

2.0 IGLESIA DE RÍO SECO, SANTA CRUZ

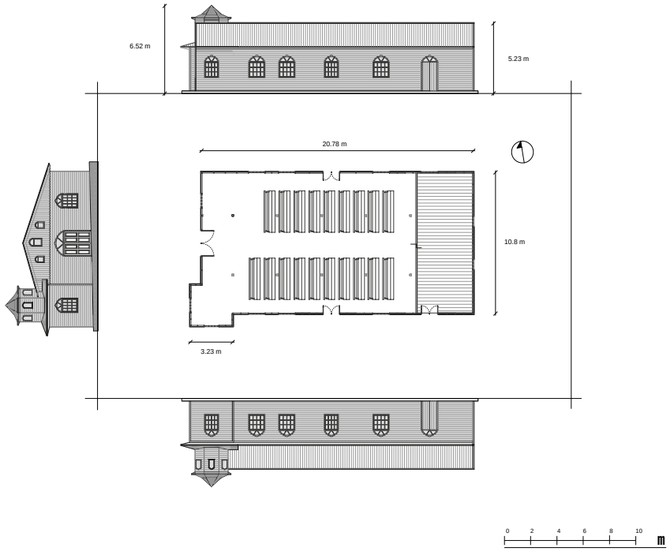


IMAGEN 4.14. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor

IMAGEN 4.15. FICHA TÉCNICA IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	EN 1950 ÉPOCA CONSTRUCTIVA: 1901-1950
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	LATITUD: 10°12' NORTE ALTITUD: 35 MSNM LONGITUD: 85°45' OESTE
CAPACIDAD DE OCUPACIÓN	90 PERSONAS APROXIMADAMENTE (SENTADAS)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAREDES: MADERA PISO: MOSAICO CUBIERTA: HIERRO GALVANIZADO CIELO RASO: MADERA
TEMPORALIDAD DE USO	EL SERVICIO RELIGIOSO SE REALIZA LOS SÁBADOS A LAS 6 DE LA TARDE

La Iglesia de Río Seco, conocida como templo católico La Santísima Trinidad, presenta un área de 234.39 m2 y un volúmen de aire de 757.72 m3. La edificación no presenta divisiones internas, tan solo columnas que marcan la parte central del templo y un pequeño desnivel hacia el altar. Las paredes tanto en el interior como el exterior son de tablones horizontales de madera, ya que no cuenta con doble forro. La altura de nivel de piso hasta el cielo raso es de 3.14 m. Cuenta con superficie translúcida a los costados y las únicas aberturas se encuentran en la parte superior del campanario y las puertas al estar abiertas.

2.1 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

IMAGEN 4.16. IMAGEN X: DESPLIEGUE DE SUPERFICIES DE CERRAMIENTO. Fuente: Autor

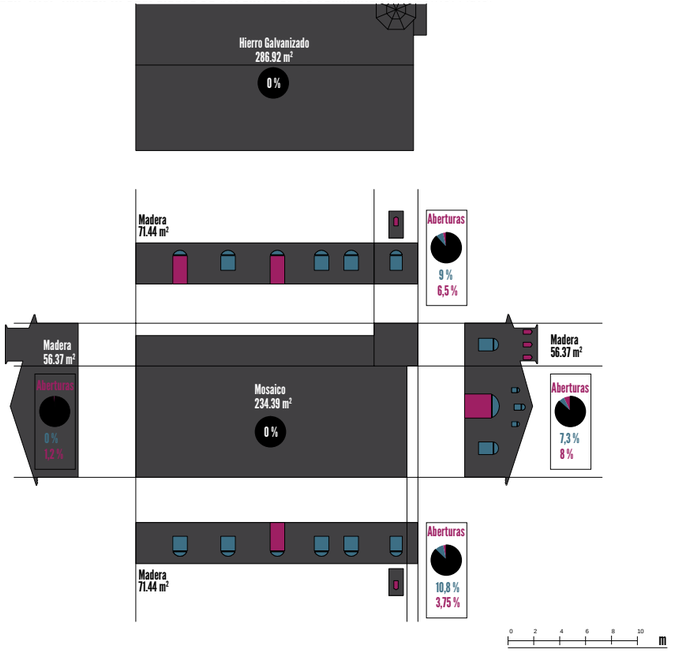
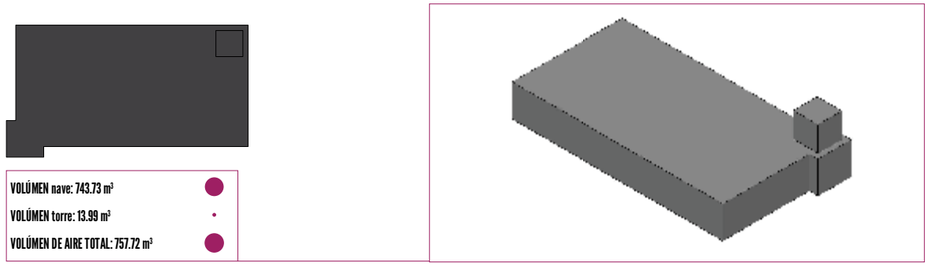


IMAGEN 4.18. RELACIÓN ENTRE SUPERFICIE Y ABERTURAS, IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor

IMAGEN 4.17. VOLUMEN DE AIRE ESPACIO PRINCIPAL, IGLESIA RÍO SECO. Fuente: Autor



2.2 MEDICIONES PROLONGADAS

Para realizar el monitoreo prolongado de la temperatura y humedad relativa en la Iglesia de Río Seco, se instalaron tres registradores de datos en ubicaciones distintas: uno exterior, en la fachada principal (bajo sombra) y dos interiores: uno en el costado sur cerca del altar y otro en la parte Norte, a una altura superior al anterior. Las mediciones fueron realizadas en dos épocas del año: Octubre 2011 (18-31) y Febrero 2012 (9-20).

El día en que se instalaron los aparatos de medición se registró

IMAGEN 4.19. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

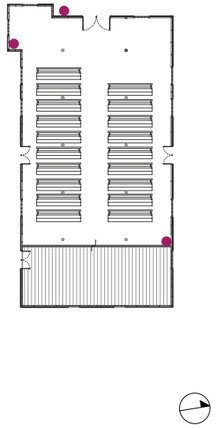


IMAGEN 4.20. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

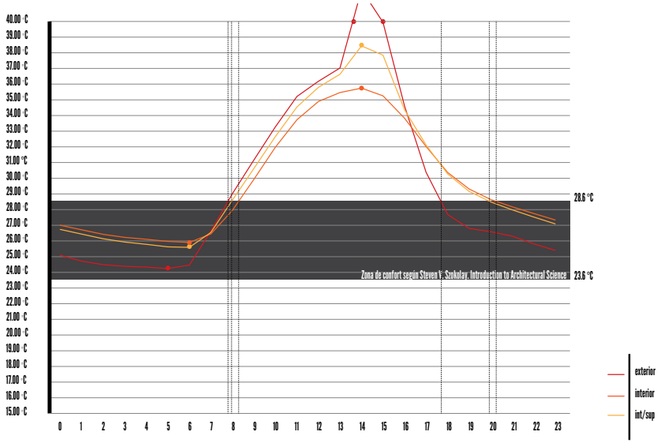


IMAGEN 4.21. DÍA TIPO OCTUBRE, TEMPERATURA. Fuente: Autor

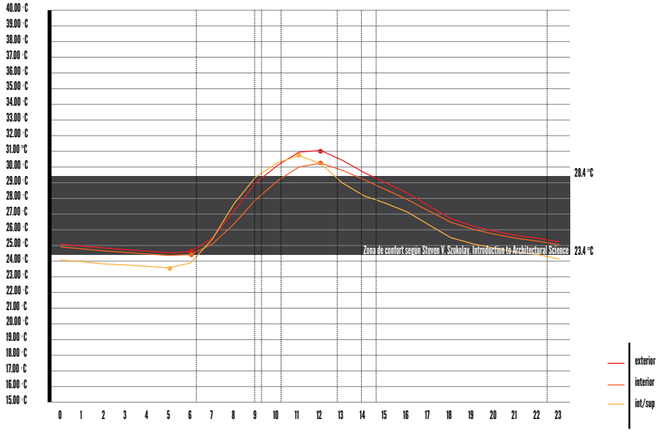


IMAGEN 4.22. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	25.13	27.04	1.90
1	24.75	26.75	2.00
2	24.53	26.47	1.94
3	24.43	26.27	1.84
4	24.38	26.15	1.77
5	24.28	26.01	1.73
6	24.51	25.94	1.44
7	26.67	26.49	-0.18
8	29.04	27.98	-1.06
9	31.19	29.96	-1.23
10	33.31	32.01	-1.30
11	35.25	33.77	-1.48
12	36.22	34.93	-1.29
13	37.06	35.50	-1.56
14	42.05	35.78	-6.27
15	39.97	35.28	-4.69
16	34.64	33.86	-0.78
17	30.42	32.05	1.64
18	27.72	30.41	2.69
19	26.84	29.35	2.51
20	26.63	28.68	2.05
21	26.35	28.22	1.87
22	25.86	27.79	1.94
23	25.44	27.38	1.94

DIA TIPO OCTUBRE			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	25.15	24.97	-0.18
1	25.02	24.84	-0.18
2	24.90	24.72	-0.18
3	24.79	24.62	-0.18
4	24.70	24.52	-0.18
5	24.60	24.42	-0.18
6	24.66	24.48	-0.18
7	25.54	25.15	-0.39
8	27.25	26.43	-0.82
9	29.05	27.99	-1.07
10	30.17	29.18	-0.99
11	31.02	30.07	-0.95
12	31.12	30.31	-0.81
13	30.49	29.85	-0.64
14	29.70	29.26	-0.45
15	29.06	28.62	-0.44
16	28.41	27.98	-0.42
17	27.58	27.25	-0.33
18	26.78	26.54	-0.24
19	26.31	26.10	-0.21
20	25.98	25.79	-0.19
21	25.71	25.52	-0.19
22	25.52	25.34	-0.18
23	25.30	25.11	-0.19

una temperatura exterior de 29,8 grados en Febrero (9 am) y 26 grados en Octubre (9 am).

Durante el mes de Febrero los promedios de temperatura registrados son notablemente altos. A partir de las 6 de la mañana, la temperatura comienza a elevarse, alcanzando su punto máximo de 42.05 grados a las 2 de la tarde. Es importante señalar que debido a la ubicación del aparato de medición exterior, es posible que haya recibido luz directa en la tarde. La curva del comportamiento térmico interior presenta una tendencia similar, sin embargo registra temperaturas menores en el día, y mayores durante la noche. De esta manera, la envolvente logra disminuir el impacto de la temperatura en el ambiente interior; No obstante, se mantiene fuera de la zona de confort durante todo el día.

En la época lluviosa (Octubre), las temperaturas registradas presentan una misma tendencia que en la época seca aunque bajan considerablemente. En este caso el promedio máximo exterior es de 31.12 grados, registrado a las 12 medio día. En el interior se muestran temperaturas menores que en el exterior, sin embargo la diferencia es menor a un grado.

A pesar de que esta edificación se encuentra en la misma zona de vida que la anterior, el período de tiempo que se encuentra fuera de la zona de confort es mayor, se extiende desde las 10 am hasta las 2 pm aproximadamente.

En el caso de la humedad relativa, el comportamiento es similar al de la edificación en Guardia. En la época seca, el promedio de humedad exterior tiende a bajar conforme aumenta la temperatura, alcanzando un porcentaje mínimo de 32.29 a las dos de la tarde y luego asciende nuevamente. En este caso, los promedios se

IMAGEN 4.23. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

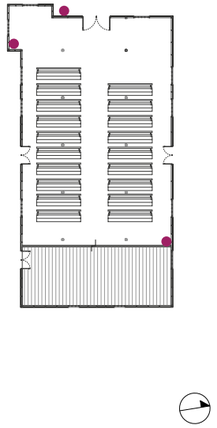


IMAGEN 4.24. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

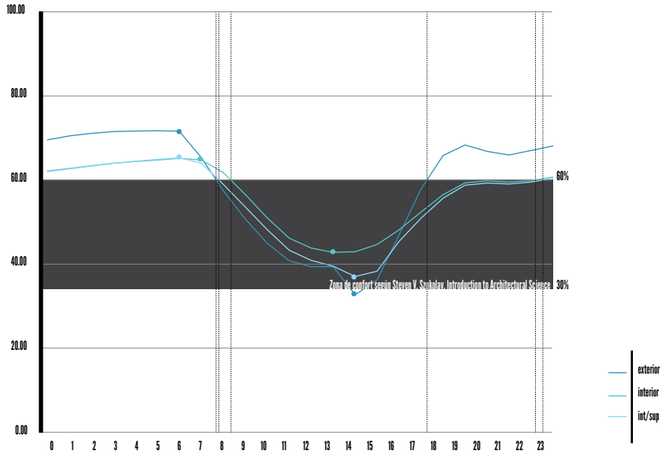


IMAGEN 4.25. DÍA TIPO OCTUBRE, HUMEDAD. Fuente: Autor

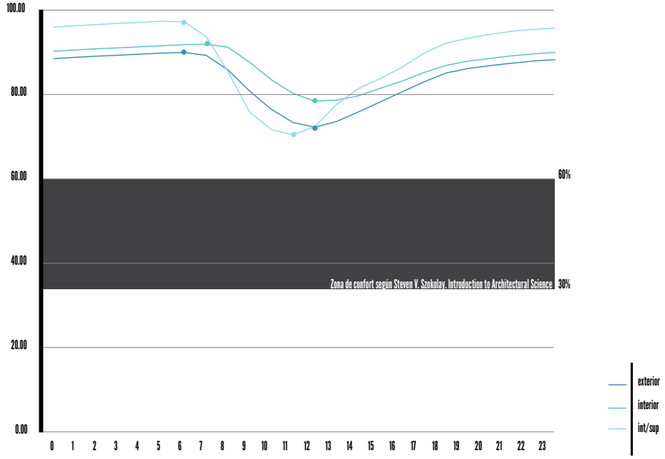


IMAGEN 4.26. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	69,12	61,73	-7,39
1	70,07	62,33	-7,74
2	70,69	62,97	-7,72
3	71,09	63,55	-7,53
4	71,24	63,99	-7,24
5	71,28	64,34	-6,94
6	71,21	64,72	-6,48
7	64,93	64,37	-0,56
8	57,09	61,37	4,28
9	50,32	56,15	5,83
10	44,56	50,57	6,02
11	40,37	45,76	5,39
12	38,96	43,39	4,43
13	38,95	42,38	3,44
14	32,29	42,53	10,23
15	35,83	44,22	8,39
16	46,53	47,70	1,17
17	57,43	51,97	-5,46
18	65,39	56,09	-9,30
19	67,92	58,90	-9,02
20	66,40	59,38	-7,02
21	65,53	59,08	-6,45
22	66,59	59,44	-7,15
23	67,67	60,27	-7,40

DIA TIPO OCTUBRE			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	87,97	89,71	1,74
1	88,27	90,02	1,75
2	88,54	90,28	1,74
3	88,79	90,53	1,74
4	89,04	90,78	1,73
5	89,27	91,00	1,73
6	89,42	91,27	1,85
7	88,76	91,36	2,60
8	85,34	90,67	5,32
9	80,30	87,09	6,80
10	75,96	82,94	6,97
11	72,86	79,72	6,86
12	71,79	77,92	6,13
13	73,16	78,19	5,03
14	75,41	79,22	3,81
15	77,75	80,99	3,25
16	80,14	82,70	2,56
17	82,51	84,70	2,19
18	84,57	86,38	1,80
19	85,61	87,35	1,73
20	86,31	88,00	1,70
21	86,89	88,62	1,73
22	87,38	89,09	1,71
23	87,72	89,43	1,71

mantienen incluso por debajo del 70% de humedad relativa. Cabe señalar que el interior presenta mayores niveles de humedad a través del día y menores durante la noche.

En el mes de Octubre (época lluviosa) los niveles de humedad exterior se encuentran en un rango de 70% a 100% durante todo el día. La curva presenta una misma tendencia que en la época anterior, sin embargo el mínimo registrado es de 71, 79 % a las doce medio día. Además, según los datos registrados, en el interior de la edificación la humedad relativa es mayor que en el exterior durante todo el día. Al igual que en guardia, los promedios se mantienen fuera del rango de confort.

El día de instalación en el sitio se registró una humedad relativa exterior de 55 % en Febrero (9 am) y 83% en Octubre (9 am).

3.0 IGLESIA DE ROSARIO, DESAMPARADOS

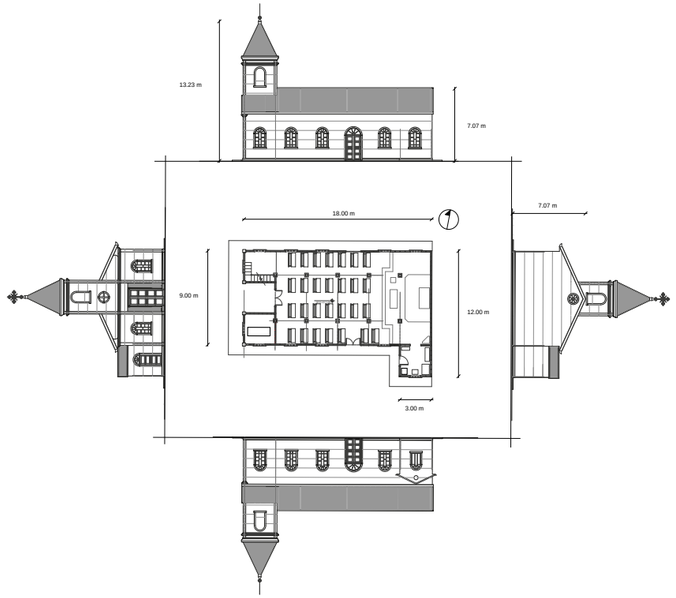


IMAGEN 4.27. FICHA TÉCNICA IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	ENTRE 1947 Y 1949 ÉPOCA CONSTRUCTIVA: 1901-1950
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	LATITUD: 9°47' NORTE ALTITUD: 1320 MSNM LONGITUD: 84°05' OESTE
CAPACIDAD DE OCUPACIÓN	90 PERSONAS APROXIMADAMENTE (SENTADAS)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAREDES: MADERA INT.- HIERRO EXT. PISO: MOSAICO CUBIERTA: HIERRO GALVANIZADO CIELO RASO: MADERA
TEMPORALIDAD DE USO	EL SERVICIO RELIGIOSO SE CELEBRA LOS SÁBADOS A LAS 4 DE LA TARDE.

IMAGEN 4.28. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

La Ermita de Rosario presenta un área de 157.25 m2 y un volúmen de aire de 811.3 m3. La edificación tiene divisiones internas que demarcan dos zonas térmicas distintas a la nave central. La iglesia está construida con estructura de madera y forro exterior de hierro galvanizado liso. La altura de nivel de piso hasta el cielo raso es de 4 m, en el punto máximo. Posee superficie translúcida en los costados y en su fachada principal. Además, cuenta con aberturas en la parte superior del campanario, que en conjunto con las puertas representan un porcentaje de 3.12 de la superficie total del edificio.

3.1 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

IMAGEN 4.29. DESPLIEGUE DE SUPERFICIES DE CERRAMIENTO. Fuente: Autor

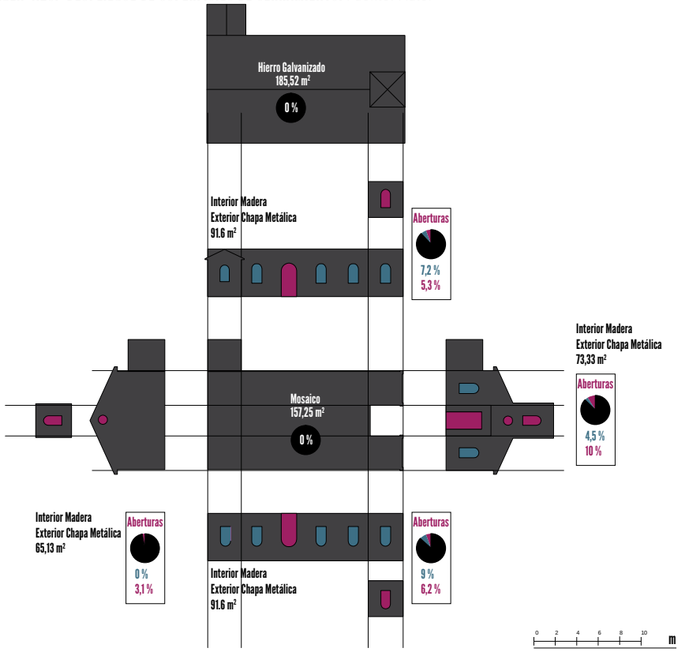
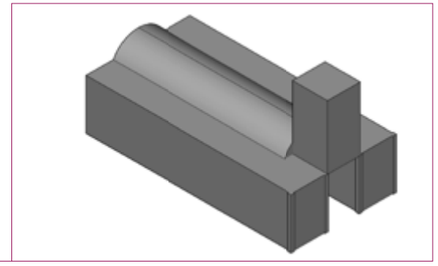


IMAGEN 4.31. RELACIÓN ENTRE SUPERFICIE Y ABERTURAS, IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

IMAGEN 4.30. VOLUMEN DE AIRE ESPACIO PRINCIPAL, IGLESIA ROSARIO. Fuente: Autor

VOLÚMEN nave: 696,6 m³
VOLÚMEN cilindro: 65,3 m³
VOLÚMEN torre: 49,4 m³
VOLÚMEN DE AIRE TOTAL: 811,3 m³



3.2 MEDICIONES PROLONGADAS

Para realizar mediciones prolongadas en la Iglesia de Rosario, se instalaron tres registradores de datos con ubicaciones distintas: uno en el exterior, en el pórtico bajo sombra, otro en el interior, cerca del altar en el costado sur y uno superior, en el mezanine ubicado en la torre del campanario central. Las distintas ubicaciones se determinaron con el fin de identificar que tanto varía el comportamiento de la temperatura del aire y la humedad relativa a mayor altura y menor volúmen de aire.

IMAGEN 4.32. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

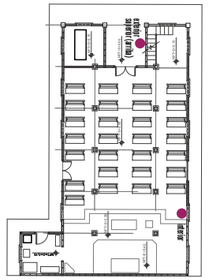


IMAGEN 4.33. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

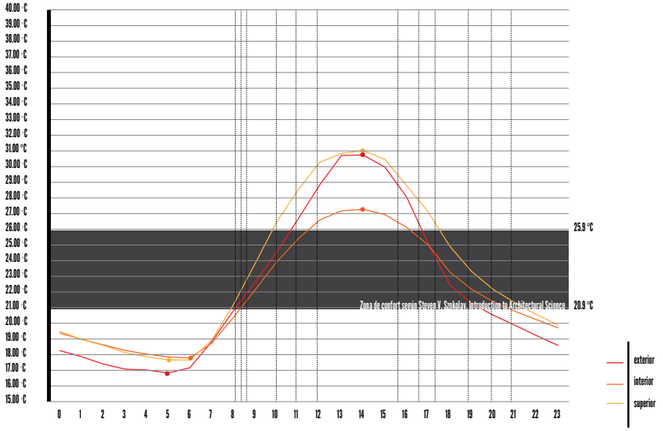


IMAGEN 4.34. DÍA TIPO OCTUBRE, TEMPERATURA. Fuente: Autor

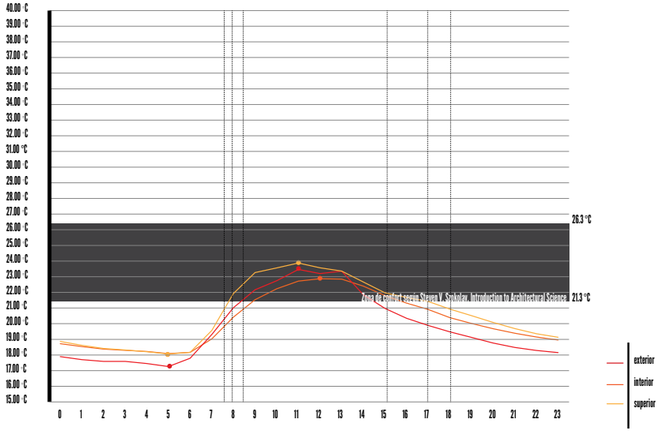


IMAGEN 4.35. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	18.26	19.35	1.10
1	17.88	18.97	1.09
2	17.42	18.62	1.20
3	17.09	18.27	1.18
4	17.04	18.03	0.99
5	16.86	17.86	1.00
6	17.18	17.80	0.62
7	18.80	18.71	-0.10
8	20.72	20.30	-0.42
9	22.50	22.03	-0.47
10	24.40	23.79	-0.61
11	26.49	25.24	-1.25
12	28.62	26.43	-2.19
13	30.47	27.00	-3.46
14	30.49	27.09	-3.40
15	29.74	26.77	-2.97
16	27.88	25.97	-1.91
17	24.95	24.87	-0.08
18	22.36	23.17	0.80
19	21.22	22.10	0.88
20	20.47	21.31	0.85
21	19.84	20.71	0.87
22	19.19	20.19	0.10
23	18.58	19.68	1.10

DIA TIPO OCTUBRE			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	17.94	18.77	0.83
1	17.75	18.59	0.84
2	17.64	18.43	0.79
3	17.64	18.35	0.71
4	17.50	18.27	0.78
5	17.31	18.14	0.83
6	17.84	18.22	0.38
7	19.36	19.08	-0.28
8	21.08	20.47	-0.60
9	22.23	21.59	-0.64
10	22.81	22.29	-0.52
11	23.53	22.78	-0.75
12	23.27	22.93	-0.33
13	23.42	22.91	-0.51
14	21.91	22.46	0.55
15	21.03	21.86	0.82
16	20.40	21.37	0.97
17	19.94	20.96	1.02
18	19.53	20.44	0.91
19	19.18	20.07	0.89
20	18.82	19.73	0.92
21	18.53	19.44	0.90
22	18.34	19.20	0.86
23	18.20	19.01	0.80

El día de instalación en el sitio se registró una temperatura exterior de 22,5 grados en Febrero (9 am) y 17,2 grados en Octubre (3 pm).

En la época seca, los promedios de temperatura de aire exterior alcanzan niveles altos especialmente en el período de 11 de la mañana a 3 de la tarde, donde se encuentra fuera de la zona de confort. El comportamiento del elemento superior es muy similar al exterior, debido a que las aberturas permiten la entrada de aire. En el caso del interior, se ve el funcionamiento adecuado de la envolvente, ya que siempre permanece a una temperatura menor durante el día y mayor en las noches. En el momento de temperatura máxima exterior (30.49), el interior presenta una diferencia de 3.5 grados. En este caso es importante señalar que durante las noches y las madrugadas (9 pm-6 am) el ambiente térmico no se mantiene confortable debido a las bajas temperaturas registradas.

En el mes de Octubre, los promedios de temperatura bajan, generando un ambiente más frío. A través del día la temperatura exterior se mantiene dentro del rango de confort, sin embargo a partir de las dos de la tarde comienza a descender. Durante la noche,la

temperatura llega a disminuir hasta alcanzar los 17 grados, cuando el límite de confort para esta zona se establece a una temperatura de 21.3 grados. La envolvente permite que el ambiente interior tenga temperaturas mayores, incluso cuando en el exterior baja la temperatura, en el interior el descenso es más lento. En esta época la oscilación de temperatura exterior-interior es menor.

La humedad relativa presenta un comportamiento muy similar al de la zona de vida anterior. En la época seca se encuentra por debajo del 80 % durante todo el día,

IMAGEN 4.36. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

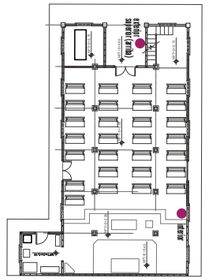


IMAGEN 4.37. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

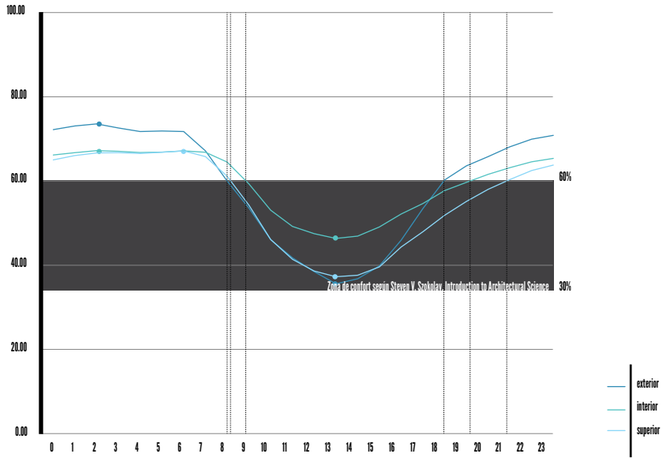


IMAGEN 4.38. DÍA TIPO OCTUBRE, HUMEDAD. Fuente: Autor

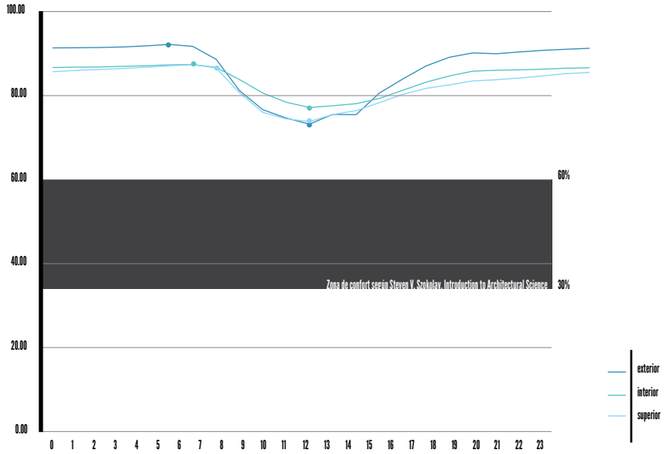


IMAGEN 4.39. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	71,76	65,78	-5,98
1	72,64	66,32	-6,33
2	73,13	66,81	-6,37
3	72,15	66,66	-5,48
4	71,33	66,35	-4,98
5	71,45	66,45	-5,01
6	71,33	66,73	-4,60
7	66,76	66,43	-0,33
8	59,63	64,10	4,47
9	53,26	58,95	5,70
10	45,77	52,75	6,98
11	41,49	48,90	7,40
12	38,23	47,19	8,96
13	35,36	46,09	10,73
14	36,55	46,62	10,07
15	39,56	48,78	9,22
16	45,64	51,84	6,20
17	53,13	54,31	1,18
18	59,88	57,36	-2,52
19	63,19	59,30	-3,89
20	65,40	61,21	-4,19
21	67,71	62,79	-4,92
22	69,51	64,17	-5,34
23	70,43	64,99	-5,45

DIA TIPO OCTUBRE			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	91,05	86,35	-4,70
1	91,06	86,45	-4,61
2	91,13	86,50	-4,64
3	91,26	86,66	-4,60
4	91,50	86,77	-4,74
5	91,87	87,02	-4,85
6	91,39	87,08	-4,31
7	88,33	86,40	-1,93
8	80,89	83,53	2,63
9	76,35	80,31	3,96
10	74,35	78,10	3,75
11	72,90	76,86	3,96
12	75,22	77,27	2,05
13	75,14	77,76	2,62
14	80,32	79,02	-1,29
15	83,64	80,94	-2,69
16	86,76	82,87	-3,89
17	88,81	84,36	-4,45
18	89,83	85,48	-4,35
19	89,65	85,73	-3,91
20	90,07	85,80	-4,27
21	90,47	85,98	-4,49
22	90,69	86,19	-4,51
23	90,95	86,31	-4,64

alcanzando un mínimo de 35.36% a la 1 de la tarde. El comportamiento interior tiene una tendencia similar, sin embargo durante el día se mantiene más humedo que el exterior. El espacio superior tiene un comportamiento muy parecido al exterior.

Durante la época lluviosa, la humedad permanece sobre el 70% durante todo el día y la noche. La oscilación es menor en este momento del año. Al igual que anteriormente, el interior se mantiene un poco más húmedo a través del día y tiene un comportamiento contrario en horas de la noche. Sin embargo, los promedios se encuentran todo el día fuera del rango recomendado.

El día de instalación en el sitio se registró una humedad relativa exterior de 58% en Febrero (9 am) y 92% en Octubre (3 pm).

4.0 LOMA LARGA, CARTAGO

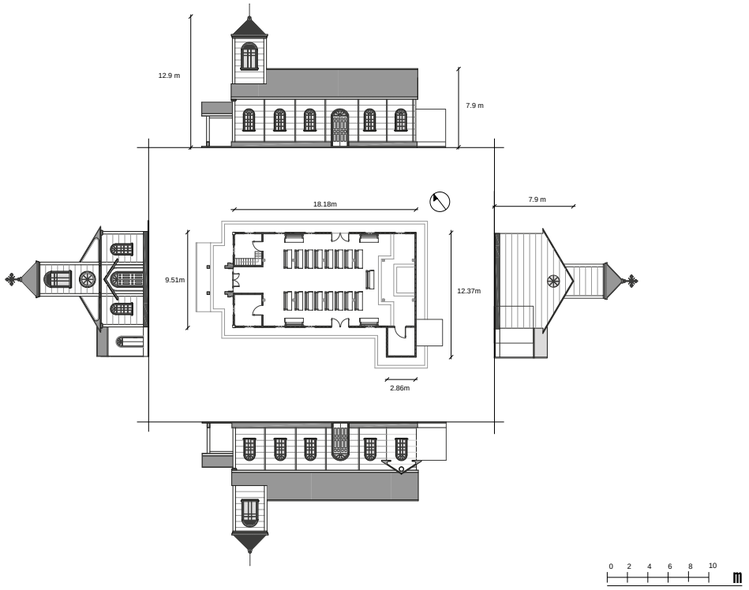


IMAGEN 4.40. FICHA TÉCNICA I. LOMA LARGA. Fuente: Autor

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	EN 1951 ÉPOCA CONSTRUCTIVA: 1901-1950
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	LATITUD: 9°47' NORTE ALTITUD: 1320 MSNM LONGITUD: 84°05' OESTE
CAPACIDAD DE OCUPACIÓN	90 PERSONAS APROXIMADAMENTE (SENTADAS)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAREDES: MADERA INT.- HIERRO EXT. PISO: MOSAICO CUBIERTA: HIERRO GALVANIZADO CIELO RASO: MADERA
TEMPORALIDAD DE USO	EL SERVICIO RELIGIOSO SE CELEBRA LOS SÁBADOS A LAS 3 DE LA TARDE

IMAGEN 4.41. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor

La Iglesia posee un área de 175,17 m2 y un volúmen de aire de 961,5 m3. Esta edificación también cuenta con divisiones internas que demarcan tres zonas térmicas distintas a la nave central. Al igual que la ermita de Rosario, el templo está construido con estructura de madera y forro exterior de hierro galvanizado liso. La altura de nivel de piso hasta el cielo raso es de 4.60 m, en el punto máximo. Las paredes cuentan con superficie translúcida en todos los costados y en la parte superior (torre). No existen salidas de aire, tan solo cuando las puertas se encuentran abiertas, las cuales corresponden a un 2 % de la superficie total del edificio.

4.1 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

IMAGEN 4.42. DESPLIEGUE DE SUPERFICIES DE CERRAMIENTO, IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor

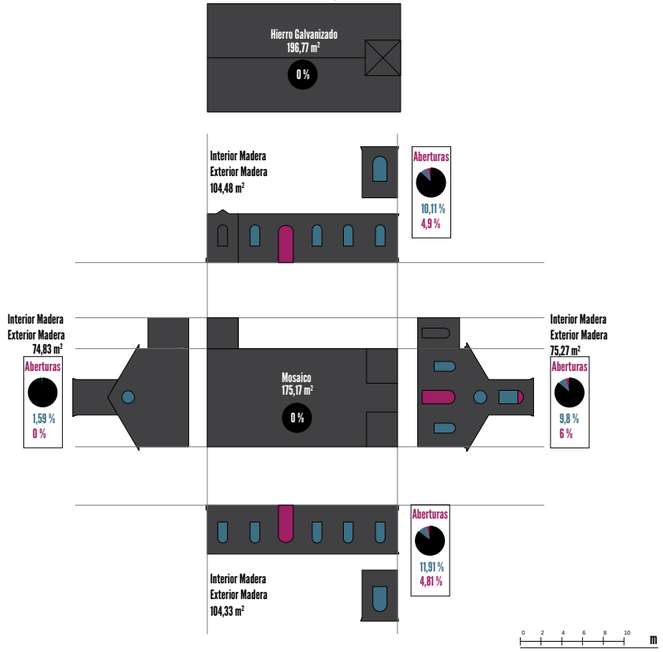
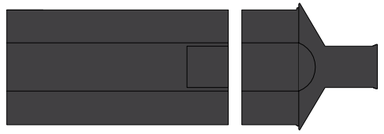
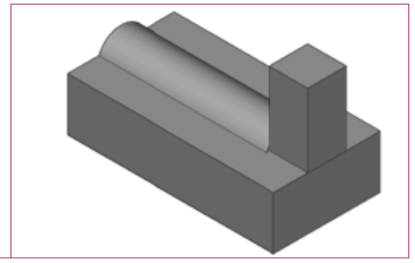


IMAGEN 4.44. RELACIÓN ENTRE SUPERFICIE Y ABERTURAS, IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor

IMAGEN 4.43. VOLUMEN DE AIRE ESPACIO PRINCIPAL, IGLESIA LOMA LARGA. Fuente: Autor



VOLÚMEN nave: 825,5 m³
VOLÚMEN cilindro: 59,91 m³
VOLÚMEN torre: 76,59 m³
VOLÚMEN DE AIRE TOTAL: 961,5 m³



4.2 MEDICIONES PROLONGADAS

Al igual que en los casos anteriores, los datos de temperatura y humedad relativa del monitoreo prolongado en la Iglesia de Loma Larga fueron tomados durante la época seca y la época lluviosa. De igual manera que en la Iglesia de Rosario, se instalaron tres registradores de datos: uno en el exterior, ubicado en la fachada principal bajo sombra, otro en el interior, al costado sur cerca del altar y uno superior en la torre del campanario.

El día de instalación en el sitio se

IMAGEN 4.45. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

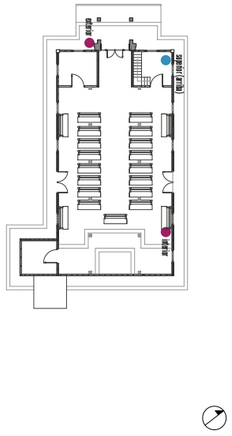


IMAGEN 4.46. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

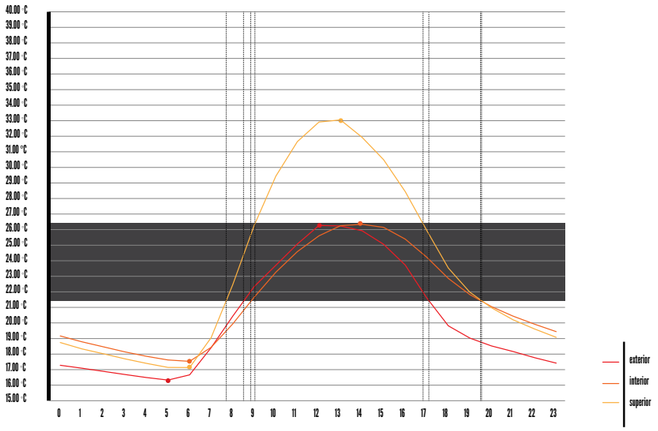


IMAGEN 4.47. DÍA TIPO OCTUBRE, TEMPERATURA. Fuente: Autor

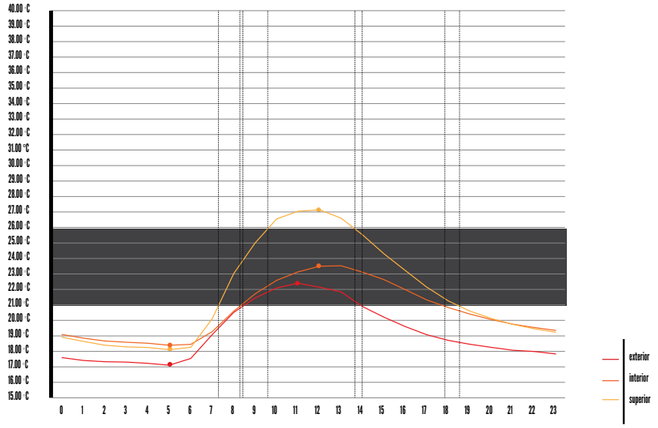


IMAGEN 4.48. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO				
	TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	SUPERIOR	
0	17.22	19.09	18.68	1.87
1	17.04	18.73	18.28	1.68
2	16.84	18.41	17.96	1.56
3	16.64	18.08	17.63	1.44
4	16.45	17.80	17.34	1.35
5	16.28	17.56	17.09	1.28
6	16.61	17.48	17.08	0.86
7	18.34	18.37	18.98	0.03
8	20.35	19.86	22.35	-0.50
9	22.24	21.57	26.14	-0.67
10	23.59	23.15	29.27	-0.44
11	24.95	24.47	31.47	-0.48
12	26.13	25.47	32.72	-0.67
13	26.10	26.12	32.85	0.02
14	25.79	26.20	31.74	0.41
15	24.93	26.01	30.32	1.08
16	23.61	25.26	28.29	1.65
17	21.52	24.11	25.82	2.59
18	19.74	22.76	23.42	3.02
19	18.96	21.73	21.88	2.77
20	18.46	20.96	20.89	2.50
21	18.10	20.36	20.12	2.26
22	17.71	19.84	19.53	2.13
23	17.36	19.37	19.00	2.00

DIA TIPO OCTUBRE				
	TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	SUPERIOR	
0	17.53	19.02	18.85	1.49
1	17.35	18.79	18.58	1.44
2	17.27	18.60	18.33	1.33
3	17.24	18.52	18.23	1.28
4	17.16	18.46	18.18	1.30
5	17.04	18.33	18.04	1.29
6	17.47	18.39	18.19	0.92
7	19.01	19.21	20.04	0.19
8	20.45	20.53	22.95	0.08
9	21.38	21.64	24.93	0.26
10	22.03	22.52	26.48	0.49
11	22.33	23.06	26.98	0.73
12	22.07	23.42	27.06	1.35
13	21.77	23.46	26.53	1.69
14	20.83	23.05	25.46	2.22
15	20.14	22.56	24.23	2.42
16	19.53	21.91	23.14	2.38
17	19.01	21.25	22.07	2.24
18	18.64	20.76	21.19	2.12
19	18.40	20.34	20.54	1.94
20	18.19	19.99	20.06	1.79
21	18.01	19.69	19.68	1.68
22	17.93	19.47	19.39	1.54
23	17.77	19.29	19.16	1.52

registró una temperatura exterior de 22,4 grados en Febrero (10 am) y 16,9 grados en Octubre (4 pm).

Durante el mes de Febrero, las temperaturas exteriores registradas son menores que en la iglesia de Rosario. En el caso de Loma Larga, para esta época el promedio de temperatura permanece durante todo el día en el rango de confort. El exterior se encuentra más caliente que el interior en un periodo de 7 de la mañana a 1 de la tarde, cuando alcanza la temperatura máxima de 26.10 grados. Sin embargo, a partir de este momento comienza a enfriarse el ambiente externo, mientras que en el interior de la edificación se siguen manteniendo temperaturas confortables hasta las 8 de la noche, lo que muestra un comportamiento adecuado de la envolvente. En el lapso de 9 de la noche a 8 de la mañana se encuentra fuera del confort.

En este caso de estudio es particularmente importante mencionar el comportamiento de la temperatura registrada en la parte superior de la edificación, ya que la misma alcanza niveles incluso 6 grados superiores al exterior. En esta parte de la iglesia no existe ventilación, por lo que el aire caliente no tiene ningún medio para

poder salir o renovarse.

En la época lluviosa (Octubre), los promedios de temperatura son menores aunque su comportamiento es similar a la época anterior. Sin embargo, en este caso el interior siempre se mantiene más caliente que el exterior. El periodo de 6 de la tarde a 7 de la mañana se encuentra fuera del rango de confort, debido a las bajas temperaturas registradas. Además, al igual que en la época anterior, las temperaturas del nivel superior son considerablemente mayores que el exterior durante el día.

IMAGEN 4.49. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

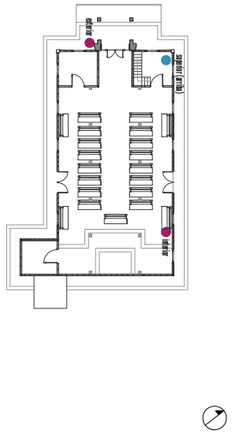


IMAGEN 4.50. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

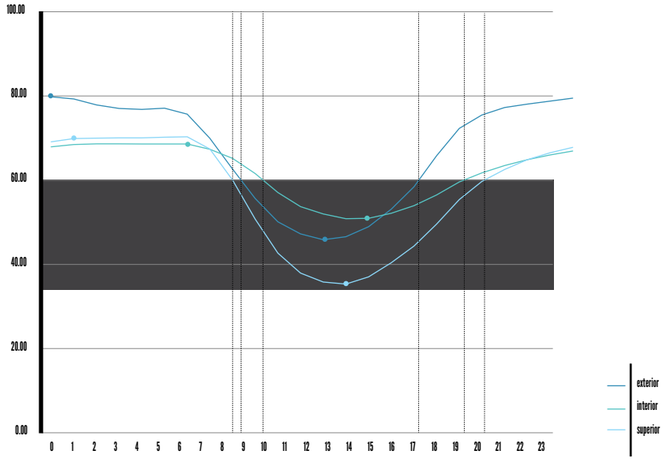


IMAGEN 4.51. DÍA TIPO OCTUBRE, HUMEDAD. Fuente: Autor

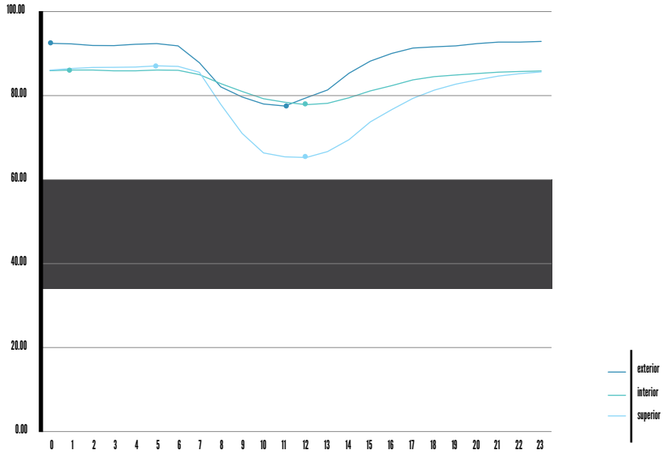


IMAGEN 4.52. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO					DIA TIPO OCTUBRE				
TEMPERATURAS PROMEDIO					TEMPERATURAS PROMEDIO				
H	EXTERIOR	INTERIOR	SUPERIOR		H	EXTERIOR	INTERIOR	SUPERIOR	
0	79,67	67,76	68,98	-10,69	0	92,54	86,00	86,14	-6,39
1	79,16	68,34	69,74	-9,42	1	92,41	86,17	86,53	-5,87
2	77,74	68,50	69,85	-7,89	2	92,02	86,18	86,79	-5,23
3	76,89	68,48	69,90	-6,98	3	92,00	85,98	86,83	-5,17
4	76,68	68,45	69,92	-6,76	4	92,34	85,97	86,87	-5,46
5	76,96	68,47	70,06	-6,90	5	92,48	86,18	87,18	-5,30
6	75,53	68,46	70,17	-5,36	6	91,94	86,09	87,05	-4,89
7	69,82	67,20	67,27	-2,55	7	87,91	85,08	85,63	-2,28
8	62,51	65,03	59,88	-2,63	8	82,13	82,92	77,96	-4,17
9	55,50	61,42	50,62	-4,88	9	79,74	81,05	71,04	-8,69
10	49,97	56,94	42,51	-7,46	10	78,04	79,31	66,37	-11,67
11	47,11	53,59	37,80	-9,31	11	77,58	78,46	65,44	-12,14
12	45,72	51,84	35,66	-10,06	12	79,54	77,89	65,26	-14,28
13	46,44	50,70	35,18	-11,26	13	81,41	78,21	66,70	-14,71
14	48,82	50,82	36,90	-11,92	14	85,38	79,54	69,52	-15,86
15	52,97	52,00	40,24	-12,73	15	88,29	81,17	73,75	-14,54
16	58,27	53,80	44,20	-14,07	16	90,14	82,43	76,70	-13,44
17	65,65	56,33	49,42	-16,23	17	91,40	83,80	79,40	-12,01
18	72,15	59,43	55,23	-16,92	18	91,72	84,59	81,37	-10,34
19	75,36	61,61	59,57	-15,79	19	91,92	84,98	82,80	-9,12
20	77,11	63,33	62,40	-14,72	20	92,47	85,33	83,82	-8,65
21	77,92	64,71	64,72	-13,20	21	92,83	85,65	84,70	-8,12
22	78,63	65,83	66,36	-12,27	22	92,83	85,83	85,29	-7,54
23	79,33	66,79	67,65	-11,68	23	93,00	85,93	85,70	-7,30

La Humedad Relativa se mantiene bajo el 80% durante la época seca. En el día el ambiente interior se mantiene más húmedo que el exterior debido a las temperaturas, mientras que en la noche y la madrugada el índice de humedad es mucho mayor en el exterior, alcanzando incluso el 80%.

El comportamiento es distinto en la época lluviosa, ya que los índices de humedad permanecen altos y fuera del rango de confort, aún cuando tienden a bajar en los momentos de mayor temperatura. Sin embargo, contrario a la época seca, el ambiente interior se mantiene menos húmedo que el exterior.

El día de instalación en el sitio se registró una humedad relativa exterior de 62 % en Febrero (10 am) y 93.3% en Octubre (4 pm).

5.0 IGLESIA DE SAN ANTONIO, TURRIALBA

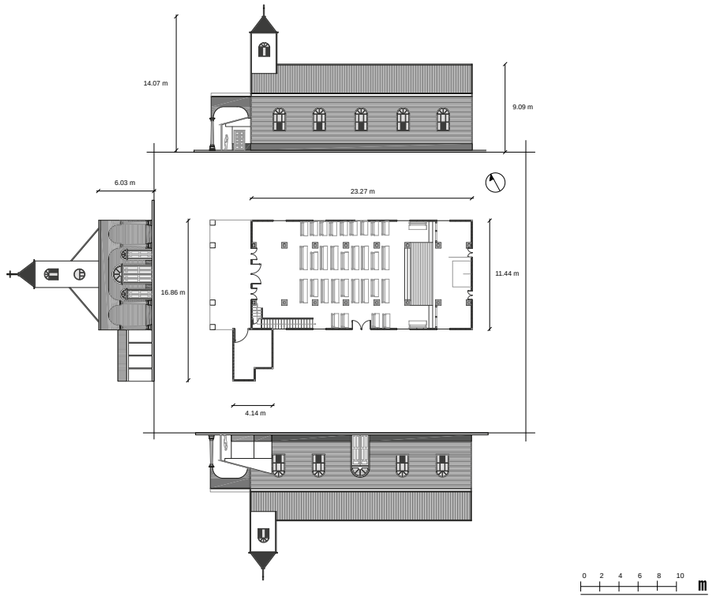


IMAGEN 4.53. FICHA TÉCNICA I. SAN ANTONIO. Fuente: Autor

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	DÉCADA DE 1940 ÉPOCA CONSTRUCTIVA: 1901-1950
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	LATITUD: 9°57' NORTE ALTITUD: 1260 MSNM LONGITUD: 83°42' OESTE
CAPACIDAD DE OCUPACIÓN	125 PERSONAS APROXIMADAMENTE (SENTADAS)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAREDES: MADERA INT.- HIERRO EXT. PISO: MOSAICO CUBIERTA: HIERRO GALVANIZADO CIELO RASO: MADERA ZÓCALO: CONCRETO
TEMPORALIDAD DE USO	EL SERVICIO RELIGIOSO SE CELEBRA LOS DOMINGOS A LAS 9 DE LA MAÑANA

IMAGEN 4.54. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor

La Iglesia de San Antonio es la más grande de los 6 casos de estudio. Ésta posee un área de 270, 97 m2 y un volúmen de aire 1315,83 m3. La edificación no presenta divisiones internas, tan solo existen columnas que demarcan el espacio central y un desnivel que delimita el altar. La misma está construida con estructura de madera y un forro externo de hierro galvanizado, sobre un zócalo de concreto. La altura de nivel de piso hasta el cielo raso es de 5.30 m en el punto máximo. Las paredes cuentan con superficie translúcida y un pequeño porcentaje de abertura (celosías), que con las puertas representan 2.16 % de toda la superficie.

5.1 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

IMAGEN 4.55. DESPLIEGUE DE SUPERFICIES DE CERRAMIENTO, IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor

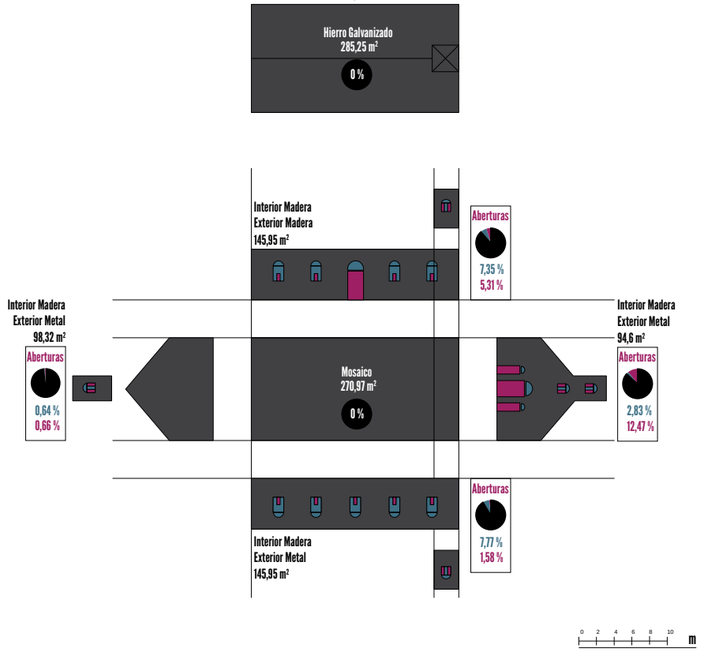
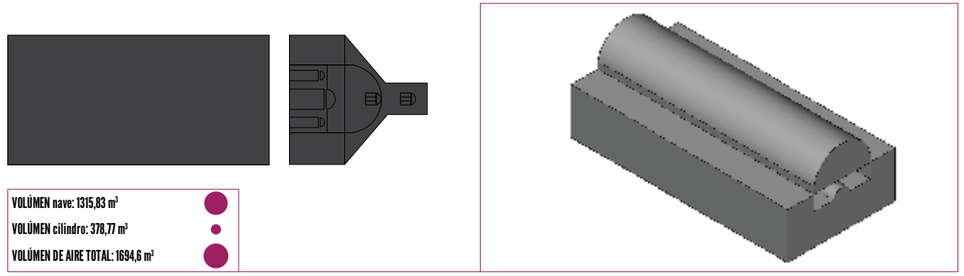


IMAGEN 4.57. RELACIÓN ENTRE SUPERFICIE Y ABERTURAS, IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor

IMAGEN 4.56. VOLUMEN DE AIRE ESPACIO PRINCIPAL, IGLESIA SAN ANTONIO. Fuente: Autor



5.2 MEDICIONES PROLONGADAS

En la iglesia de San Antonio se instalaron tres aparatos para monitorear el comportamiento de la temperatura y humedad relativa durante dos épocas del año: Octubre 2011 y Febrero 2012. Se ubicaron en distintos lugares: uno exterior, en la fachada principal bajo sombra, otro interior en el costado Noreste y el último en la parte superior de la iglesia.

El día de instalación en el sitio se registró una temperatura exterior de 23,6 grados en Febrero (4 pm) y 25,5 grados en Octubre (10 am).

IMAGEN 4.58. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

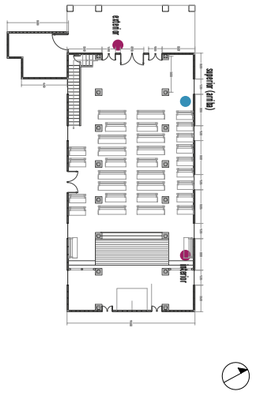


IMAGEN 4.59. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

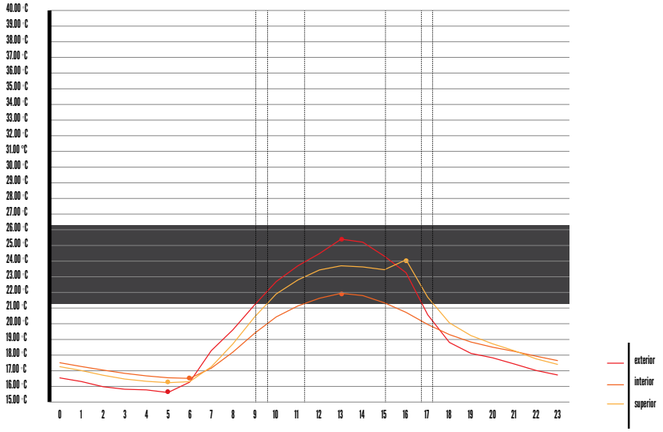


IMAGEN 4.60. DÍA TIPO OCTUBRE, TEMPERATURA. Fuente: Autor

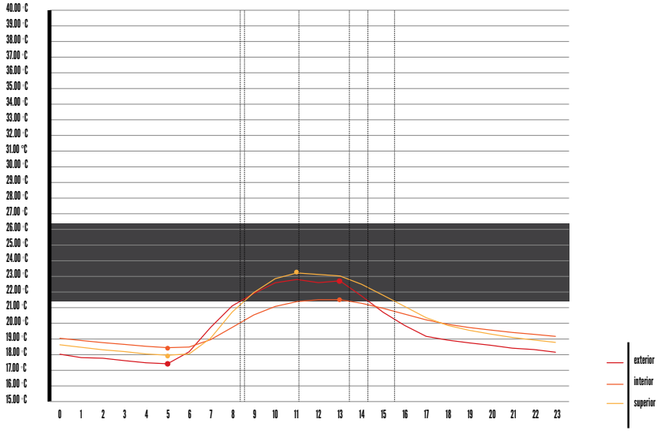


IMAGEN 4.61. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	16.49	17.45	0.96
1	16.26	17.21	0.96
2	15.93	16.99	1.06
3	15.76	16.78	1.02
4	15.72	16.62	0.90
5	15.55	16.50	0.95
6	16.21	16.46	0.24
7	18.23	17.11	-1.12
8	19.55	18.13	-1.43
9	21.15	19.33	-1.81
10	22.63	20.38	-2.26
11	23.64	21.08	-2.56
12	24.42	21.57	-2.85
13	25.34	21.88	-3.46
14	25.14	21.74	-3.40
15	24.25	21.28	-2.97
16	23.20	20.67	-2.53
17	20.51	19.89	-0.62
18	18.75	19.25	0.50
19	18.05	18.78	0.72
20	17.77	18.44	0.68
21	17.38	18.18	0.81
22	16.96	17.87	0.91
23	16.67	17.59	0.92

DIA TIPO OCTUBRE			
	TEMPERATURAS PROMEDIO		
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	17.99	19.01	1.02
1	17.77	18.87	1.09
2	17.73	18.73	0.10
3	17.58	18.61	1.04
4	17.44	18.49	1.05
5	17.38	18.41	1.03
6	18.14	18.45	0.31
7	19.71	18.92	-0.79
8	21.08	19.70	-1.38
9	21.88	20.50	-1.38
10	22.56	21.04	-1.51
11	22.77	21.35	-1.41
12	22.57	21.47	-1.10
13	22.68	21.47	-1.21
14	21.71	21.25	-0.47
15	20.68	20.93	0.25
16	19.83	20.55	0.72
17	19.13	20.18	1.05
18	18.89	19.90	1.01
19	18.71	19.69	0.98
20	18.56	19.53	0.97
21	18.37	19.38	1.00
22	18.28	19.26	0.98
23	18.12	19.13	1.02

En la época seca (Febrero), la temperatura exterior se mantiene dentro del rango de confort durante el día (9 am- 5 pm), mientras que en la noche y en la madrugada llega a ser un ambiente frío, alcanzando un mínimo de 15.55 grados. Sin embargo, la temperatura interior se mantiene más baja durante el día y más alta en los momentos de mayor frío, lo que demuestra un comportamiento adecuado de la envolvente. En cuanto a la temperatura del aire superior, ésta es mayor que la del interior pero menor que la del ambiente externo.

Durante el mes de Octubre, las temperaturas exteriores registradas son notablemente menores, en donde el máximo es 22.77 grados a las 11 de la mañana. Sin embargo, el mínimo de temperatura registrada es 17.38 grados, lo cual es mayor que la época anterior. Las temperaturas registradas en el interior indican que se encuentra fuera de la zona de confort durante todo el día y la noche.

La oscilación térmica de Octubre es menor que la de Febrero, el rango de temperatura se extiende de 17.38 a 22.77 grados, mientras que en Febrero es de 15.55 a 25.34 grados. Es importante señalar que esta zona de vida regis-

tra las temperaturas más bajas de las tres zonas estudiadas.

La zona de vida 3 se caracteriza por ser muy húmeda. Las mediciones prolongadas comprueban este comportamiento. Durante la época seca esta se mantiene fuera del rango recomendado casi completamente, a excepción de el periodo de 11am a 2 pm. Además, existen momentos del día en los que supera el 80%. En el exterior presenta un mínimo de 60.91% y un máximo de 85.20%. El interior presenta mayores niveles de humedad que el exterior en el día y menores durante la noche.

IMAGEN 4.62. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

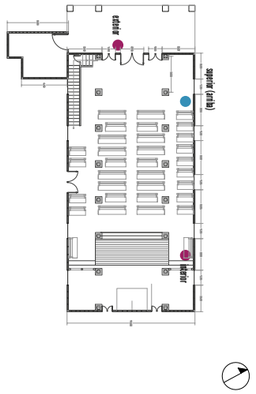


IMAGEN 4.63. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

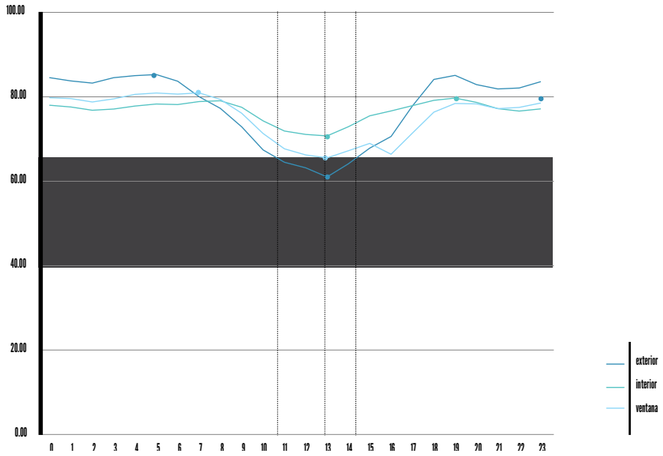


IMAGEN 4.64. DÍA TIPO OCTUBRE, HUMEDAD. Fuente: Autor

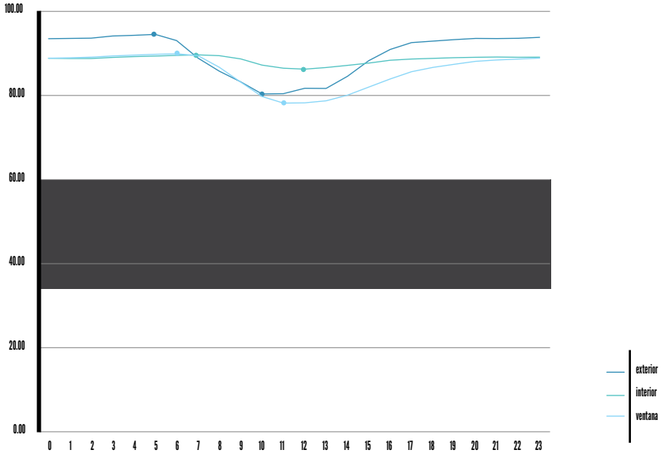


IMAGEN 4.65. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	84,48	77,93	-6,55
1	83,68	77,52	-6,17
2	83,16	76,73	-6,43
3	84,45	77,04	-7,41
4	84,94	77,73	-7,22
5	85,20	78,20	-7,00
6	83,62	78,10	-5,52
7	79,97	78,80	-1,16
8	77,17	78,98	1,81
9	72,79	77,45	4,66
10	67,32	74,20	6,88
11	64,40	71,80	7,40
12	63,07	71,00	7,93
13	60,91	70,66	9,75
14	64,06	72,84	8,78
15	67,75	75,40	7,65
16	70,50	76,56	6,06
17	77,75	77,83	0,08
18	84,06	79,07	-4,98
19	85,00	79,63	-5,38
20	82,81	78,61	-4,20
21	81,77	77,11	-4,66
22	82,00	76,54	-5,46
23	83,51	77,06	-6,45

DIA TIPO OCTUBRE			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	93,75	89,08	-4,67
1	93,81	89,00	-4,81
2	93,86	89,00	-4,86
3	94,37	89,25	-5,12
4	94,55	89,45	-5,10
5	94,77	89,59	-5,18
6	93,29	89,76	-3,53
7	89,10	89,87	0,76
8	85,97	89,69	3,73
9	83,44	88,90	5,46
10	80,54	87,44	6,90
11	80,60	86,68	6,08
12	81,88	86,47	4,59
13	81,87	86,83	4,97
14	84,74	87,37	2,63
15	88,50	87,92	-0,58
16	91,15	88,57	-2,58
17	92,80	88,88	-3,92
18	93,16	89,02	-4,14
19	93,50	89,19	-4,30
20	93,80	89,29	-4,52
21	93,76	89,35	-4,41
22	93,83	89,30	-4,54
23	94,05	89,33	-4,72

En la época lluviosa los niveles de humedad se elevan más. Estos se mantienen en un rango de 80 a 100 porciento de humedad durante todo el día y toda la noche. El mínimo registrado en el exterior es de 80.54% a las diez de la mañana y el máximo de 94.77% a las cinco de la mañana. El interior tiende a comportarse muy uniformemente, casi siempre cercano a 89 %. Cuando se comparan las dos ubicaciones, se determina que el interior permanece más húmedo en un periodo de 6 de la mañana a 3 de la tarde aproximadamente. En ésta época, según los rangos de humedad, el edificio se encuentra fuera de la zona de confort.

El día de instalación en el sitio se registró una humedad relativa exterior de 64.5 % en Febrero (4 pm) y 70% en Octubre (10 am).

6.0 IGLESIA LA PASTORA, TURRIALBA

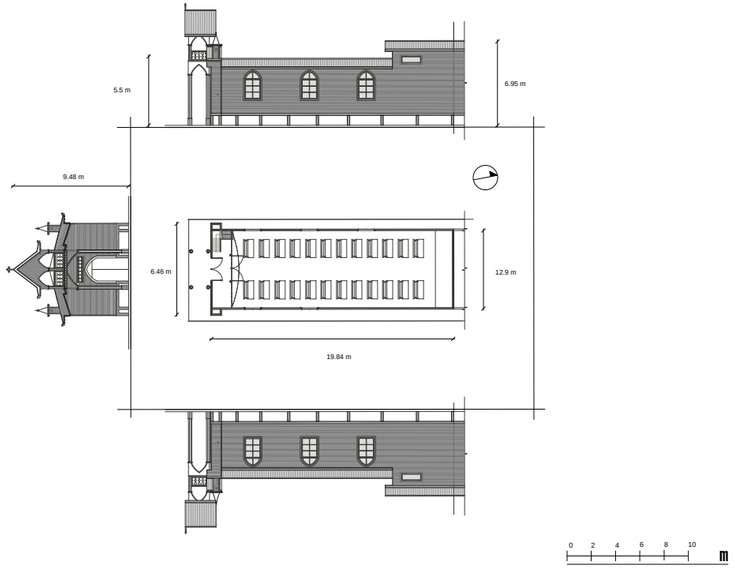


IMAGEN 4.66. FICHA TÉCNICA IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	EN 1880, ANEXOS EN 1935. ÉPOCA CONSTRUCTIVA: 1901-1950
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	LATITUD: 9°57' NORTE ALTITUD: 1475 MSNM LONGITUD: 83°45' OESTE
CAPACIDAD DE OCUPACIÓN	70 PERSONAS APROXIMADAMENTE (SENTADAS)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAREDES: MADERA INT.- HIERRO EXT. PISO: MOSAICO CUBIERTA: HIERRO GALVANIZADO CIELO RASO: MADERA ZÓCALO: CONCRETO (POSTERIOR: 1975)
TEMPORALIDAD DE USO	EL SERVICIO RELIGIOSO SE REALIZA LOS SÁBADOS A LAS 3 DE LA TARDE

IMAGEN 4.67. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor

La iglesia de La Pastora presenta un área de 132,26 m2 y un volúmen de aire de 774,98 m3. En ella no existen divisiones internas ni desniveles. Se encuentra construída con estructura de madera, forro interno en madera y externo en hierro galvanizado. Además, la pared posee un zócalo de bloques de concreto que fue agregado posteriormente. La altura de nivel de piso hasta el cielo raso es de 5.40 m, en el punto máximo. Las paredes cuentan con superficie translúcida en los costados y no existen aberturas,tan solo la puerta principal, que corresponde a un 1% del total de la superficie del edificio.

6.1 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

IMAGEN 4.68. DESPLIEGUE DE SUPERFICIES DE CERRAMIENTO, IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor

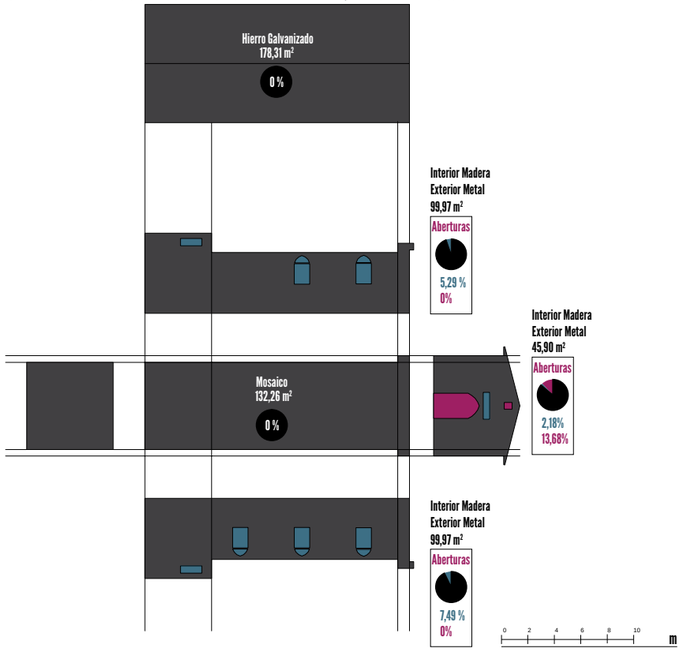
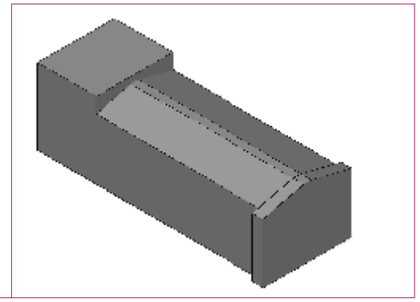


IMAGEN 4.70. RELACIÓN ENTRE SUPERFICIE Y ABERTURAS, IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor

IMAGEN 4.69. VOLUMEN DE AIRE ESPACIO PRINCIPAL, IGLESIA LA PASTORA. Fuente: Autor



VOLÚMEN DE AIRE TOTAL: 774,98 m³

6.2 MEDICIONES PROLONGADAS

Para registrar la humedad relativa y la temperatura del aire en la iglesia de La Pastora se instalaron 3 aparatos: uno exterior, en la fachada principal, bajo sombra, otro en el interior, al costado oeste y el último en la parte superior. Se realizaron mediciones en dos épocas del año: Octubre 2011 y Febrero 2012.

El día de instalación en el sitio se registró una temperatura exterior de 19,7 grados en Febrero (3 pm) y 19,2 grados en Octubre (9 am).

IMAGEN 4.71. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

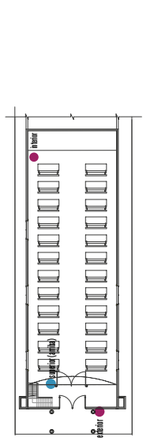


IMAGEN 4.72. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

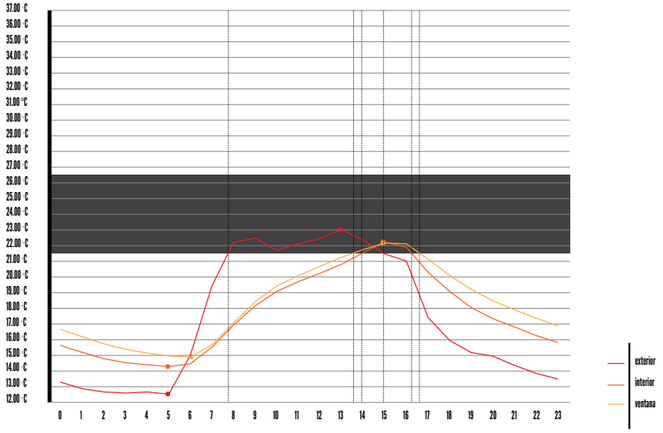


IMAGEN 4.73. DÍA TIPO OCTUBRE, TEMPERATURA. Fuente: Autor

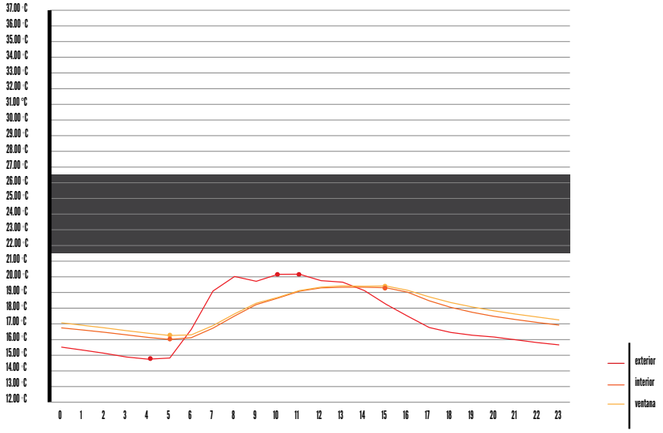


IMAGEN 4.74. DÍA TIPO FEBRERO, TEMPERATURA. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	13.26	15.61	2.35
1	12.84	15.16	2.32
2	12.64	14.76	2.12
3	12.56	14.50	1.95
4	12.63	14.37	1.74
5	12.48	14.26	1.78
6	14.97	14.43	-0.54
7	19.41	15.50	-3.91
8	22.19	16.91	-5.29
9	22.46	18.14	-4.32
10	21.69	19.06	-2.62
11	22.12	19.68	-2.43
12	22.44	20.22	-2.22
13	23.01	20.79	-2.21
14	22.34	21.53	-0.81
15	21.46	22.22	0.76
16	20.99	21.88	0.89
17	17.40	20.29	2.89
18	15.92	19.05	3.13
19	15.15	18.02	2.88
20	14.92	17.32	2.39
21	14.34	16.80	2.46
22	13.82	16.24	2.42
23	13.46	15.79	2.34

DIA TIPO OCTUBRE			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	15.45	16.67	1.22
1	15.26	16.54	1.28
2	15.06	16.39	1.33
3	14.82	16.23	1.41
4	14.69	16.07	1.39
5	14.76	15.94	1.18
6	16.59	16.05	-0.54
7	19.02	16.66	-2.36
8	19.95	17.43	-2.52
9	19.64	18.16	-1.48
10	20.08	18.56	-1.52
11	20.09	19.01	-1.09
12	19.68	19.21	-0.47
13	19.58	19.26	-0.32
14	19.05	19.26	0.21
15	18.18	19.23	1.05
16	17.42	18.95	1.52
17	16.70	18.40	1.70
18	16.38	17.98	1.59
19	16.20	17.67	1.46
20	16.09	17.40	1.31
21	15.92	17.20	1.29
22	15.74	17.02	1.28
23	15.59	16.85	1.25

En la época seca (Febrero), la temperatura exterior se mantiene en un rango de 12.48 grados a 23 grados, lo cual es bajo en comparación con las zonas de vida anteriores. Existe una oscilación térmica de casi once grados y es importante señalar que la temperatura cambia abruptamente de 5 a 7 de la mañana. El comportamiento interior es ciertamente distinto. A excepción del momento en que se alcanza la temperatura máxima (22.22 grados a las 3 pm), se encuentra fuera del confort por las bajas temperaturas, las cuales son menores que el exterior en el día y mayores en la noche. En este caso particular, la envolvente funciona adecuadamente, no obstante sería mejor conservar las temperaturas internas más altas para lograr el confort. Las medición superior tiene un comportamiento similar al interior.

En la época lluviosa (Octubre), las temperaturas máximas son menores que en la época anterior y las temperaturas mínimas son mayores. La oscilación térmica es menor, 5.5 grados. Sin embargo, en este caso, tanto el interior como el exterior se mantienen fuera del rango de confort siempre. La tendencia de la curva térmica es muy similar a la época anterior, en donde el interior se mantiene más frío

que el exterior en un rango de 6 am a 2 pm aproximadamente. De igual forma, en esta época es necesario aumentar las temperaturas internas para mejorar la sensación de bienestar internamente.

Durante la época seca, la humedad relativa exterior sobrepasa el 60% e incluso llega a alcanzar un máximo de 84.40 %, superando el límite de 80% que no ocurría en las zonas de vida anteriormente estudiadas. En cuanto al comportamiento interior, este es muy regular a traves del día, manteniéndose en un rango entre 65% y 75%. Durante el día, se mantiene

IMAGEN 4.75. UBICACIÓN DE HOBOS. Fuente: Autor

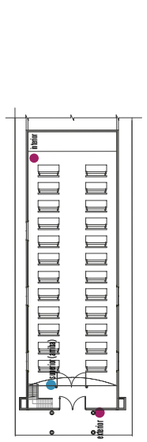


IMAGEN 4.76. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

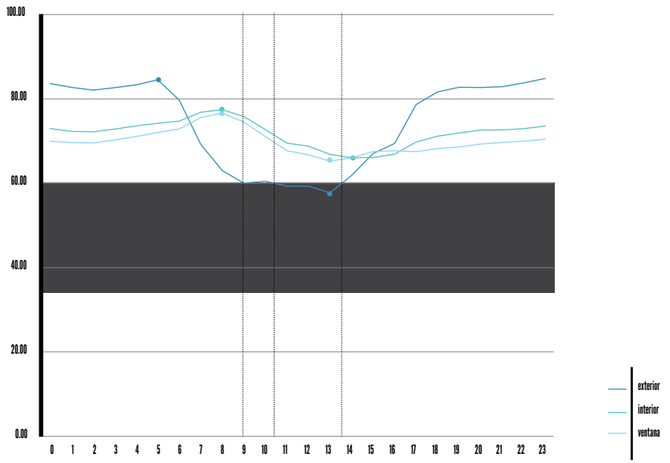


IMAGEN 4.77. DÍA TIPO OCTUBRE, HUMEDAD. Fuente: Autor

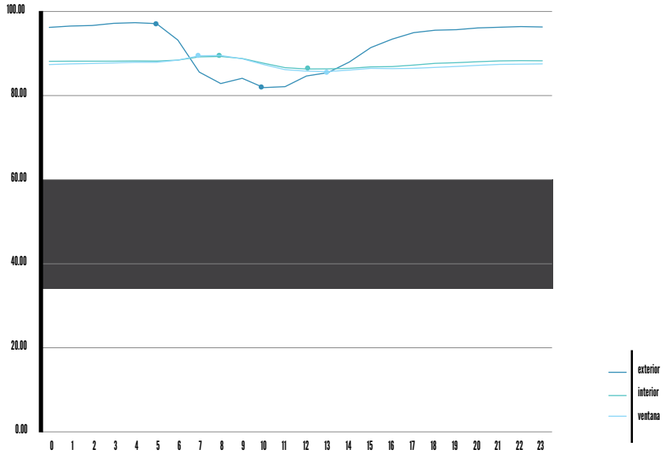


IMAGEN 4.78. DÍA TIPO FEBRERO, HUMEDAD. Fuente: Autor

DIA TIPO FEBRERO			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	83,50	72,84	-10,66
1	82,59	72,16	-10,43
2	81,96	72,06	-9,90
3	82,53	72,72	-9,81
4	83,22	73,48	-9,74
5	84,40	74,10	-10,29
6	79,57	74,60	-4,97
7	69,05	76,70	7,64
8	62,84	77,31	14,47
9	59,89	75,68	15,79
10	60,33	72,57	12,24
11	59,17	69,37	10,20
12	59,19	68,63	9,44
13	57,59	66,72	9,13
14	61,68	65,92	4,24
15	66,90	65,97	-0,92
16	69,30	66,79	-2,51
17	78,53	69,65	-8,88
18	81,54	71,02	-10,52
19	82,62	71,78	-10,84
20	82,56	72,49	-10,07
21	82,76	72,52	-10,24
22	83,64	72,79	-10,85
23	84,73	73,45	-11,27

DIA TIPO OCTUBRE			
TEMPERATURAS PROMEDIO			
H	EXTERIOR	INTERIOR	
0	96,48	88,36	-8,12
1	96,78	88,40	-8,39
2	96,93	88,38	-8,55
3	97,44	88,40	-9,04
4	97,59	88,45	-9,15
5	97,38	88,43	-8,95
6	93,46	88,65	-4,81
7	85,80	89,44	3,64
8	83,05	89,53	6,48
9	84,30	89,04	4,74
10	82,09	87,92	5,83
11	82,31	86,84	4,53
12	84,85	86,52	1,67
13	85,66	86,55	0,89
14	88,18	86,70	-1,48
15	91,63	87,02	-4,61
16	93,67	87,09	-6,58
17	95,21	87,46	-7,75
18	95,80	87,88	-7,92
19	95,92	88,04	-7,88
20	96,33	88,26	-8,07
21	96,49	88,47	-8,02
22	96,67	88,51	-8,16
23	96,58	88,50	-8,08

más húmedo el ambiente interior que el exterior.

En la época lluviosa, se elevan todavía más los niveles de humedad relativa. En el exterior, el rango va de 82% a casi 98%, mientras que en el interior se comporta de manera homogénea, casi siempre entre 86% y 89%. En ambas épocas se mantienen los rangos de humedad fuera del ámbito recomendado, definiéndose como un sitio con altos niveles de humedad.

El día de instalación en el sitio se registró una humedad relativa exterior de 63.1 % en Febrero (3 pm) y 85.9% en Octubre (9 am).

C5

C5. DIAGNÓSTICO COMPARATIVO

DIAGNÓSTICO COMPARATIVO

Macro-entorno

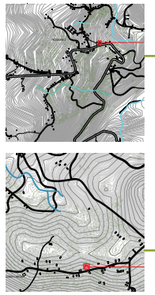
- Z1 BOSQUE SECO TROPICAL
  - LIBERIA
  - SANTA CRUZ

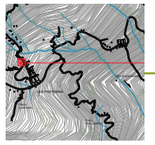
- Z2 BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO
  - DESAMPARADOS
  - CARTAGO

- Z3 BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO
  - TURRIALBA
  - TURRIALBA

Capítulo 2

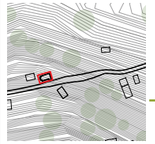
Meso-entorno





Micro-entorno

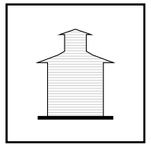
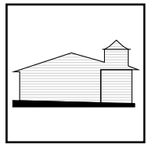
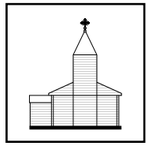
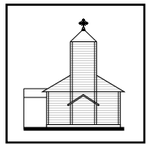
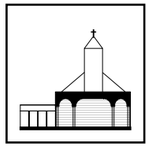
- GUARDIA
- RÍO SECO
- ROSARIO
- LOMA LARGA
- SAN ANTONIO
- LA PASTORA



Capítulo 3

Edificio

- ERMITA DE LAS MERCEDES — i.G
- IGLESIA DE RÍO SECO — i.S
- IGLESIA DE ROSARIO — i.R
- IGLESIA DE LOMA LARGA — i.L
- IGLESIA DE SAN ANTONIO — i.A
- LA PASTORA — i.P

Capítulo 4

1.0 MACRO-ENTORNO: ZONA DE VIDA

ESCALA MACRO ENTORNO
ZONA DE VIDA

	RANGO DE ALTITUD	PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL
Z1 BOSQUE SECO TROPICAL	0-700 msnm	Menor valor de precipitación (1100 mm a 1500 mm promedio anual) 6.5 meses efectivamente secos al año	24-27.8 grados
Z2 BOSQUE HÚMEDO PREMONTANO	1000-1500 msnm	Precipitación de 1000 a 2000 mm promedio anual Periodo seco efectivo de 3.5 meses al año	18-24 grados
Z3 BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO	1000-2000 msnm	Promedio anual de precipitación: de 2000 a 4000 mm. Excesiva precipitación y alta tasa de humedad	18-24 grados

2.0 MESO-ENTORNO: PROVINCIAS, CANTONES, PUEBLOS

R1 LIBERIA / GUARDIA

- La variación topográfica del sitio es poca. (35-40 msnm)
- Cobertura vegetal no densa, concentrada en la cercanía a quebradas y Río Tempisque
- Sitio rural, poca densidad de ocupación
- Construcciones de 1 solo nivel en su mayoría

- Época seca (F,M):
Temp prom: 28 grados.
Temp máx: 35.4
Precipitación: 4.8 mm/mes
HR: 61-63%

- Época lluviosa (S,O):
Temp prom 26 grados.
Temp máx 31.3
Precipitación: 366.9 mm/mes
HR: 86-87%

-Datos Anuales
Temp máx anual: 35.9, en abril.
Temp mín anual: 20.7, en enero
Oscilación térmica: 14.7 grados
Fuera de la zona de confort. Altas temperaturas y humedades (Enero-Mayo)

-El ábaco psicométrico: utilización de ventilación natural
-El cba: clima fuera del área de bienestar saludable producto de las altas temperaturas, principalmente época seca de 2 a 6 de la tarde.
-Terreno: no influye en el movimiento del flujo de aire.
-VIENTO E: se dirige de manera perpendicular sobre la fachada, existen arboles que no permite la llegada de manera directa.
-VIENTO NE-SE: se acerca a los costados laterales de la iglesia, hay vegetación que funciona como barrera poco densa que disminuye la velocidad del aire, pero permite su llegada.

R2 SANTA CRUZ / RÍO SECO

-Terreno plano, altitud promedio 40 msnm
-El nivel de terreno cercano al nivel del río, provoca inundaciones.
-Sitio rural, de poca población y densidad de ocupación.
-Mayor vegetación y altitud en la parte oeste.
-Construcciones de 1 nivel en su mayoría.

- Época seca (F,M):
Temp prom: 29 grados.
Temp máx: 35
Precipitación: 8.2 mm/mes
HR: 57-58%

- Época lluviosa (S,O):
Temp prom: 27 grados.
Temp máx 31.7
Precipitación: 378.6 mm/mes
HR: 87-88%

-Datos Anuales
Temp máx anual: 35.7, en abril
Temp mín anual: 22, en diciembre
Oscilación térmica: 15.7 grados
Fuera de la zona de confort. Altas temperaturas y humedades (Enero- Julio)

-El ábaco psicométrico: utilización de ventilación natural
-El cba: clima fuera del área de bienestar saludable producto de las altas temperaturas, principalmente época seca de 2 a 6 de la tarde. Marzo y abril un período de calor excesivo de 1 a 5 pm
-Terreno: no influye en el movimiento del flujo de aire.
-VIENTOS E-NE: vegetación y 2 edificaciones obstaculizan el aire, impidiendo la entrada por la fachada posterior.
-VIENTOS SE: mayor velocidad y no existen obstáculos.

GEOGRÁFICAMENTE

CLIMÁTICAMENTE

R3 DESAMPARADOS / ROSARIO CARTAGO / LOMA LARGA

GEOGRÁFICAMENTE

-Pocas zonas planas la altitud promedio ronda los 1320 msnm.
-Topografía quebrada (20%) con cobertura vegetal abundante
-Asentamiento poco denso, de carácter rural
Rosario
-Construcciones de 1-2 niveles. El pueblo rodeado por montañas
Loma Larga
-Terreno llano, en la parte superior de una pequeña sierra. Poblado con desarrollo lineal.

- Época seca (F,M):
Temp prom: 19 °C. Temp máx: 25 °C
Precipitación: 16.3 mm/mes. HR: 80-82%

- Época lluviosa (S,O):
Temp prom: 19°C. Temp máx: 24.6°C
Precipitación: 327.3 mm/mes. HR: 87-89%

-Datos Anuales
Temp máx anual: 25 °C, en abril. Temp mín anual: 13.8°C, en febrero.
Oscilación térmica: 11.2°C
Dentro de zona de confort salvo cuando las temperaturas mínimas se encuentran con altos niveles de humedad.

-El ábaco psicométrico: uso de ventilación natural en temp altas. La masa térmica logra aumentar el confort de un 20 a un 70%.
-El cba: Mayor parte del tiempo es un clima apto para bienestar.
Necesidad de ventilación de mayo a setiembre, de 2 a 5 de la tarde.
Movimiento del aire.
LOMA LARGA. -El terreno influye en el flujo de aire, el viento no sigue el curso de la pendiente y tiende a elevarse, lo que dificulta su llegada a nivel de edificaciones.

CLIMÁTICAMENTE

R4 TURRIALBA / PASTORA / SAN ANTONIO

-Topografía muy quebrada, cuerpos de agua descienden a las zonas bajas. La vía pública bordea la montaña
-Altitud promedio de 1250 msnm. (SAN ANTONIO) Altitud promedio de 1475 msnm (LA PASTORA)
-Cobertura vegetal densa alrededor de ríos
-Zona rural, edificaciones en 1 solo nivel
-Volcán Turrialba se ubica en la parte Norte.

-Época seca (F,M):
Temp prom: 19 °C. Temp máx: 24.8°C
Precipitación: 76.3 mm/mes. HR: 89-90%

- Época lluviosa (S,O):
Temp prom: 19 °C. Temp máx: 24.5°C
Precipitación: 269 mm/mes. HR: 91-92%

-Datos Anuales
Temp máx anual: 24.8°C, abril. Temp mín anual:14.26°C, en enero
Oscilación térmica: 10.5°C
No existe época lluviosa marcada, de mayo a diciembre las fuertes precipitaciones son constantes.
Confort solo en temp máx y algunas temp medias registradas.
Marcada influencia del Caribe, los vientos alisios NE llevan la humedad generando disconfort. También afecta precipitación.

-El ábaco psicométrico: ventilación natural y el efecto de masa térmica aumentar la sensación de bienestar casi todo el año.
-El cba: Zona térmicamente aceptable pero excesivamente húmeda para la salud. De mayo a setiembre aumento de insatisfacción.
Movimiento del aire
SAN ANTONIO y PASTORA -La pendiente tiende a elevar el curso del viento, pero igual alcanza la edificación

3.0 MICRO-ENTORNO

E1 GUARDIA

Rodeada de árboles de altura que generan sombra al edificio.
No presenta edificaciones colindantes
Río Tempisque a 40 m de la fachada oeste
No se encuentra en uso

MOVIMIENTO SOLAR Y RADIACIÓN

Eje longitudinal E-O , 22° de O al S.

Fachada Este

Recibe menor radiación debido a árbol anexo.
Incidencia solar en la mañana durante los equinoccios.

Fachada oeste

Beneficiada por la sombra de la vegetación.
Mayor radiación en la parte superior.
Incidencia solar toda la tarde.

Fachada norte

Solsticio de verano: sombreada la mayoría del tiempo (alero).
Solsticio de invierno: sombreada todo el día.
Equinoccios:sombreada todo el día.

Fachada sur

Solsticio de verano: no percibe iluminación natural.
Solsticio de invierno: época en que recibe mayor iluminación, el alero sombrea la parte superior.
Equinoccios:alero evita incidencia desde las 11 am en adelante.

Cubierta

Iluminada todo el año, la vegetación logra generar sombras en la tarde.

VENTILACIÓN

El contexto afecta el movimiento del aire.
Idealmente captar los vientos por fachadas E y N.

E2 RÍO SECO

Planicie al borde de la calle principal del pueblo
La fachada Oeste presenta una relación directa con la carretera asfaltada.
Pequeños arbustos anexos a fachadas laterales.
No presenta colindancias

MOVIMIENTO SOLAR Y RADIACIÓN

Eje longitudinal E-O , 9° de O al N

Fachada Este

Radiación solar durante toda la mañana. Solo generan sombra ciertos árboles anexos, en los meses cercanos al solsticio de invierno.

Fachada oeste

Radiación solar durante toda la mañana. El volumen que sobresale y su alero generan sombra. No existe elementos ajenos a la iglesia q generen sombra sobre la misma.

Fachada norte

Solsticio de verano: sombreada la mayoría del tiempo (alero)
Solsticio de invierno: sombreada todo el día
Equinoccios:sombreada todo el día.

Fachada sur

Solsticio de verano: no percibe iluminación natural.
Solsticio de invierno: época en que recibe mayor iluminación, el alero sombrea la parte superior.
Equinoccios: sombreada mayor parte del tiempo.

Cubierta

Iluminada todo el año.

VENTILACIÓN

Los obstáculos afectan el movimiento del aire.
Captar viento por fachadas E, N y S.

E3 ROSARIO

El terreno plano, alrededores montañosos.
Poca vegetación. Existe un único árbol de gran tamaño al Noroeste.
Colinda con dos cuerpos sencillos en el costado posterior. (Sacristía y confesionario).

MOVIMIENTO SOLAR Y RADIACIÓN

Eje longitudinal E-O, 9° de E al N.

Fachada Este

Radiación solar durante toda la mañana.
Volumen anexo a la iglesia disminuye impacto de luz y radiación.

Fachada oeste

Radiación en la tarde. El pórtico de entrada percibe menor radiación. Existe un árbol que genera sombra en los meses cercanos a Junio.

Fachada norte

Solsticio de verano: sombreada la mayoría del tiempo (alero y árbol anexo).
Solsticio de invierno: sombreada todo el día
Equinoccios:sombreada todo el día.

Fachada sur

Solsticio de verano: sombreada la mayor parte del tiempo.
Solsticio de invierno: expuesta a la luz solar y radiación durante todo el día. El alero y volumen que sobresale generan poca sombra.
Equinoccios: alero evita incidencia desde las 12 am en adelante.

Cubierta

Iluminada todo el año.

VENTILACIÓN

- No existen obstáculos ajenos a la edificación.
Ventilar por fachadas N y S. (Este=superior)

GEOGRÁFICAMENTE

CLIMÁTICAMENTE

E4 LOMA LARGA

Costado de la carretera. Poca relación por diferencia de nivel.
El lote es aislado, el único inmueble cercano es el salón comunal. Alrededores montañosos.
Pocos arbustos y agregado a la fachada Oeste.

MOVIMIENTO SOLAR Y RADIACIÓN

Eje longitudinal E-O, 20° de E al N.

Fachada Este

Radiación solar durante toda la mañana.
Volumen anexo a la nave genera un menor impacto de la radiación en el edificio.

Fachada oeste

Mayor incidencia solar que la fachada Este, en horas de la tarde.
Pórtico central y el árbol disminuyen el impacto.

Fachada norte

Solsticio de verano: sombreada gracias al alero hasta la 1 pm.
Solsticio de invierno: sombreada la mayor parte del tiempo.
Equinoccios:sombreada en la mañana.

Fachada sur

Solsticio de verano: sombreada la mayor parte del tiempo.
Solsticio de invierno: expuesta a la luz solar y radiación durante todo el día. El árbol anexo genera sombra después de las 3 de la tarde.
Equinoccios: sombreada en la tarde por aleros.

Cubierta

Iluminada todo el año.

VENTILACIÓN

La colindancia afecta la ventilación E. Ventilar por fachada N o S.

E5 SAN ANTONIO

Terreno plano, a las faldas de una colina que aumenta la altitud hacia el Volcán Turrialba.
Remetida en el lote
No existe vegetación densa, salvo al Noreste
Volumenes anexos a lo largo de la fachada Este y un pequeño volumen anexo al Suroeste.

MOVIMIENTO SOLAR Y RADIACIÓN

Eje longitudinal E-O, 28° de O al N. Su fachada principal se orienta hacia el NO. El comportamiento de las fachadas responde a dos puntos cardinales.

Fachada Este

Existe un volumen anexo. Debido a la altitud del edificio, es mayor el área de exposición a la radiación solaren la parte superior

Fachada oeste

Percibe luz solar en momentos de la tarde ya que normalmente se encuentra sombreada debido al pórtico principal y a un árbol anexo.

Fachada norte

Solsticio de verano: iluminada en horas de la mañana. Alero genera sombra a partir de las 11.
Solsticio de invierno: sombreado todo el día.
Equinoccios:sombreada por alero.

Fachada sur

Solsticio de verano: sombreada hasta las 3 pm.
Solsticio de invierno: recibe luz solar durante todo el día.
Equinoccios: percibe iluminación y radiación en horas de la tarde.

Cubierta

Iluminada todo el año.

VENTILACIÓN

Existen obstáculos que impiden el movimiento del aire. Ventilar por fachada N(NE), mucha humedad al sur

E6 PASTORA

Ubicado en las faldas del volcán Turrialba.
Remetida en el lote, ubicada a una altura superior al nivel del camino
Rodeada por dos cuerpos de agua donde se intensifica la vegetación. Río Jesus María el que tiene relación con la Iglesia, fachada sur.

MOVIMIENTO SOLAR Y RADIACIÓN

Eje transversal N-S, 8° de N al E. Contrario a todos los casos de estudio, presenta las fachadas longitudinales expuestas al este y el oeste.

Fachada Este

Radiación solar durante todo el año en un rango de 7 a 11 am. El volumen anexo a la iglesia contrarresta los efectos de la radiación.

Fachada oeste

Los volúmenes que sobresalen generan un poco de sombra, mas que todo en el mes de diciembre. Recibe luz solar directa en la tarde, mayores niveles de radiación que el Este.

Fachada norte

Solsticio de verano: iluminada todo el día.
Solsticio de invierno: sombreado todo el día.
Equinoccios:sombreada todo el día.

Fachada sur

Solsticio de verano: sombreada todo el día
Solsticio de invierno: iluminación a través del día.
Pòrtico genera sombras sobre la misma
Equinoccios: luz natural a los extremos del pórtico, el mismo genera sombra en el interior.

Cubierta

Iluminada todo el año.

VENTILACIÓN

La colindancia afecta la ventilación NE. Ventilar por fachada E , O y S.

4.0 EDIFICIO

I.G GUARDIA

Fecha construcción: 1921-1922

Época constructiva: 1901-1950

Latitud: 10°34' Norte

Longitud: 85°35' Oeste

Altitud: 32 msnm

Temporalidad de uso: No se celebra servicio religioso

Capacidad de ocupación: 10-15 personas

Materiales:
Paredes externas: madera
Paredes internas: madera
Cubierta: hierro galvanizado
Piso: mosaico
Cielo raso: madera

Altura de piso a cielo: 4.60 m

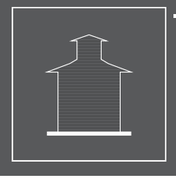
Aberturas: 3.43%

Área: 43.49 m2

Volumen de aire: 191.29 m3

Temperatura de confort: 23.8 -28.8 grados

Temperatura de confort e.lluviosa: 23.5-28.5 grados.



I.S RÍO SECO

Fecha construcción: 1950

Época constructiva: 1901-1950

Latitud: 10°12' Norte

Longitud: 85°5' Oeste

Altitud: 35 msnm

Temporalidad de uso: Sábados 6 pm

Capacidad de ocupación: 90 personas

Materiales:
Paredes externas: madera
Paredes internas: madera
Cubierta: hierro galvanizado
Piso: mosaico
Cielo raso: madera

Altura de piso a cielo: 3.14 m

Aberturas : 1.29%

Superficie translúcida: 2.34 %

Área: 234.39 m2

Volumen de aire: 757.72 m3

Temperatura de confort e.seca: 23.6 -28.6 grados

Temperatura de confort e.lluviosa: 23.4-28.4 grados

I.R ROSARIO

Fecha construcción: 1947-1949

Época constructiva: 1901-1950

Latitud: 9°47' Norte

Longitud: 84°05' Oeste

Altitud: 1320 msnm

Temporalidad de uso: sábados 4pm

Capacidad de ocupación: 90 personas

Materiales:
Paredes externas: hierro galvanizado
Paredes internas: madera
Cubierta: hierro galvanizado
Piso: mosaico
Cielo raso: madera

Altura de piso a cielo: 4 m

Aberturas : 3.12%

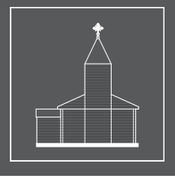
Superficie translúcida: 2.73%

Área: 157.25 m2

Volumen de aire de: 811.3 m3

Temperatura de confort e.seca: 20.9-25.9 grados

Temperatura de confort e.lluviosa: 21.3-26.3 grados



I.L LOMA LARGA

Fecha construcción: 1951

Época constructiva: 1901-1950

Latitud: 9°47' Norte

Longitud: 84°05' Oeste

Altitud: 1320 msnm

Temporalidad de uso: sábados 3 pm

Capacidad de ocupación: 90 personas

Materiales:
Paredes externas: hierro galvanizado
Paredes internas: madera
Cubierta: galvanizado
Piso: mosaico
Cielo raso: madera

Altura de piso a cielo: 4.60 m

Aberturas: 2.01 %

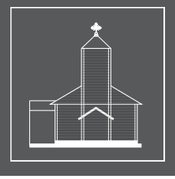
Superficie translúcida: 4.31 %

Área: 175.17 m2

Volumen de aire: 961.5 m3

Temperatura de confort e.seca: 20.9-25.9 grados

Temperatura de confort e.lluviosa: 21.3-26.3 grados



I.A SAN ANTONIO

Fecha construcción: 5342545254234

Época constructiva: 1901-1950

Latitud: 9°57' Norte

Longitud: 83°42' Oeste

Altitud: 1260 msnm

Temporalidad de uso: domingos 9 am

Capacidad de ocupación: 125 personas

Materiales:
Paredes externas: hierro galvanizado
Paredes internas: madera
Zócalo: concreto
Cubierta: hierro galvanizado
Piso: mosaico
Cielo raso: madera

Altura de piso a cielo: 5.30 m

Aberturas: 2.16%

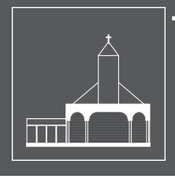
Superficie translúcida: 2.43%

Área: 270.97 m2

Volumen de aire de: 1694,6 m3

Temperatura de confort e.seca: grados

Temperatura de confort e.lluviosa: grados



I.P PASTORA

Fecha construcción: 1880, anexos en 1935

Época constructiva: 1901-1950

Latitud: 9°57' Norte

Longitud: 83°45' Oeste

Altitud: 1475 msnm

Temporalidad de uso: sábados 3 pm

Capacidad de ocupación: 70 personas

Materiales:
Paredes externas: hierro galvanizado
Paredes internas: madera
Zócalo: concreto
Cubierta: galvanizado
Piso: mosaico
Cielo raso: madera

Altura de piso a cielo: 5.40m

Aberturas: 1.04 %

Superficie translúcida: 2.29 %

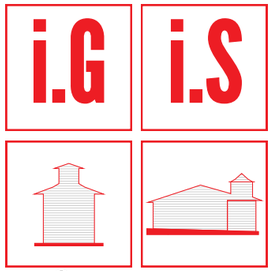
Área: 132.26 m2

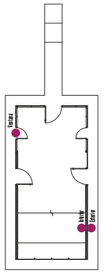
Volumen de aire: 774.98 m3

Temperatura de confort e.seca: grados

Temperatura de confort e.lluviosa: grados

ZONA DE VIDA 1





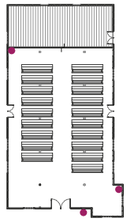


IMAGEN 5.1. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURA Z1 FEBRERO. Fuente: Autor

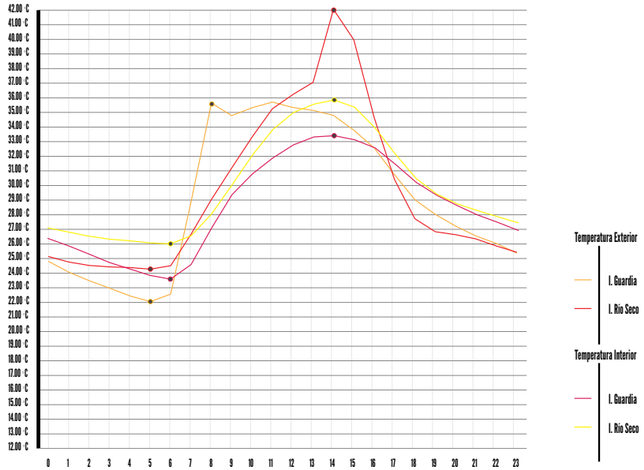


IMAGEN 5.2. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURA Z1 FEBRERO. Fuente: Autor

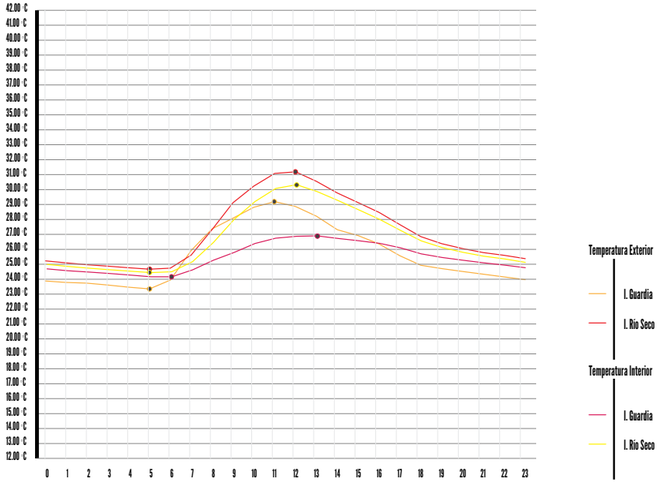


IMAGEN 5.3. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE HUMEDAD Z1 FEBRERO. Fuente: Autor

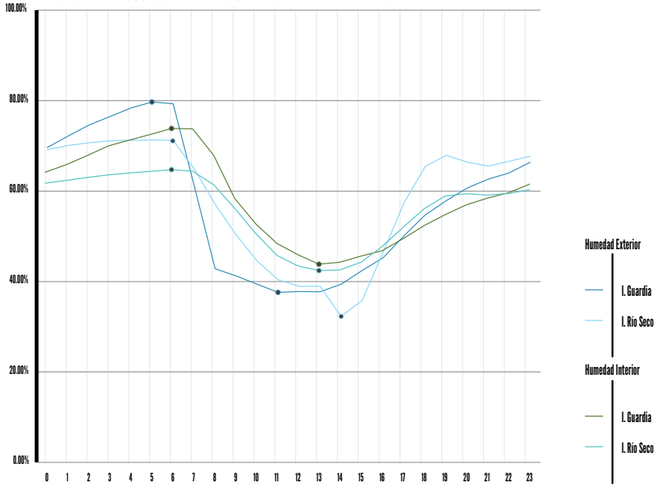
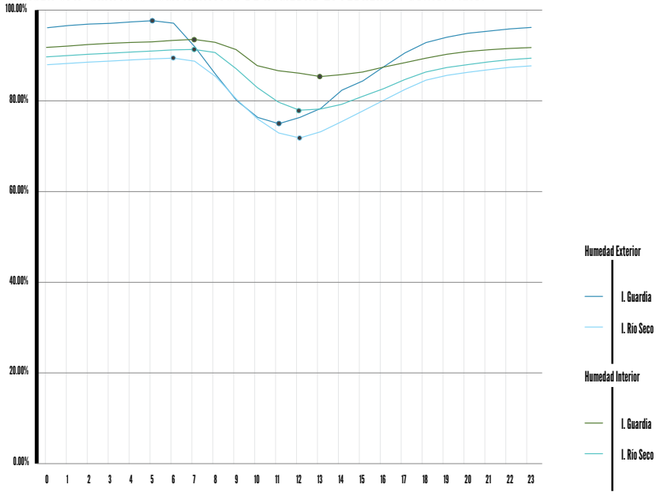


IMAGEN 5.4. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE HUMEDAD Z1 FEBRERO. Fuente: Autor



4.1 GRÁFICOS COMPARATIOS Z1

4.1.1 ÉPOCA SECA (FEBRERO)

Durante la época seca, tanto en Guardia como en Río Seco presentan promedios de temperatura elevados. En ambos casos la envolvente disminuye el impacto en el interior, sin embargo permanecen fuera del confort la mayor parte del día (9:00 a 18:00). Es necesario deisminuir la temperatura del aire interior del edificio por debajo de los 29 grados.

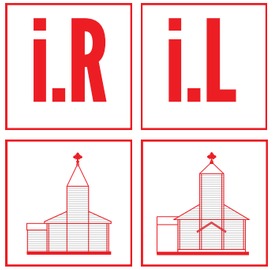
La humedad se eleva en las madrugadas. El interior permanece más húmedo que el exterior en el transcurso del día.

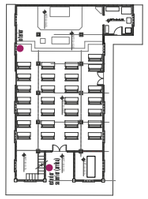
4.1.2 ÉPOCA LLUVIOSA (OCTUBRE)

En Guardia, el ambiente interior se mantiene dentro de la zona de confort, gracias al funcionamiento de la envolvente y probablemente de los árboles anexos al edificio. No es necesario hacer adaptaciones. Sin embargo, en Río Seco, se deben disminuir las temperaturas en el lapso de 10:00 a 14:00. En ambos casos es beneficioso disminuir la temperatura.

La humedad siempre se mantiene fuera del rango de confort. El Interior permanece más húmedo que el exterior en el transcurso del día.

ZONA DE VIDA 2





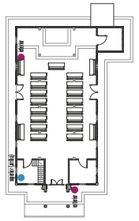


IMAGEN 5.5. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURA Z2 FEBRERO. Fuente: Autor

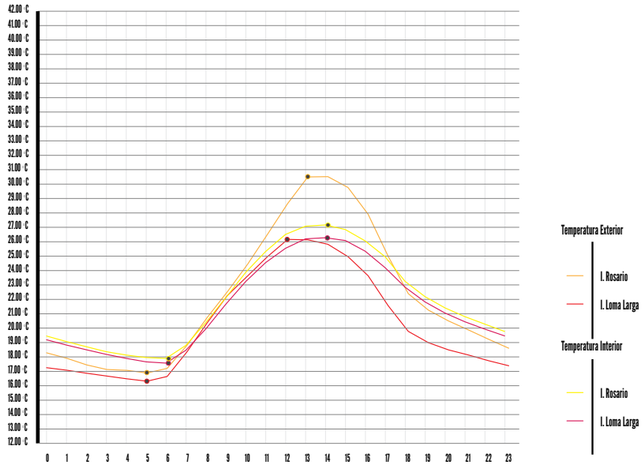


IMAGEN 5.6. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURA Z2 FEBRERO. Fuente: Autor

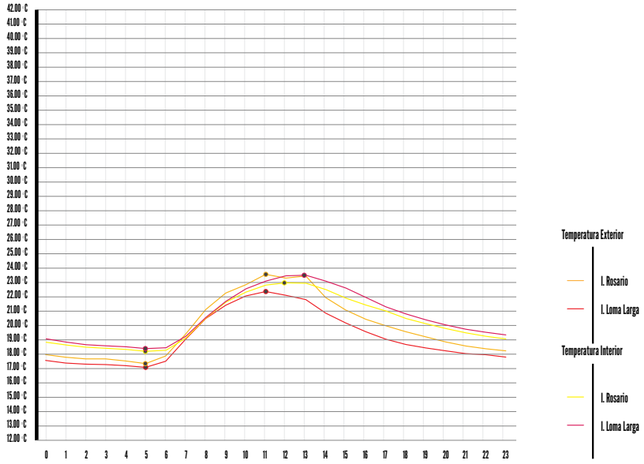


IMAGEN 5.7. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE HUMEDAD Z2 FEBRERO. Fuente: Autor

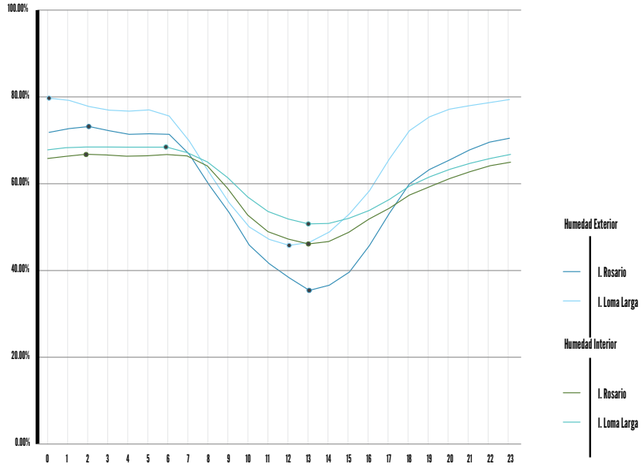
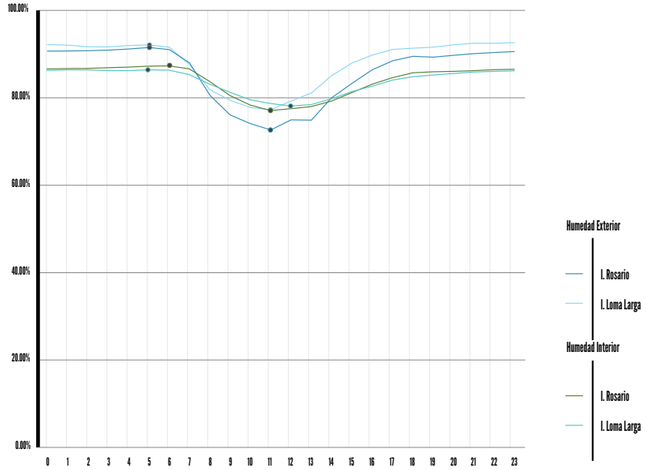


IMAGEN 5.8. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE HUMEDAD Z2 FEBRERO. Fuente: Autor



4.2 GRÁFICOS COMPARATIVOS Z2

4.2.1 ÉPOCA SECA (FEBRERO)

El comportamiento interior de ambas iglesias es similar, en donde la envolvente permite tener temperaturas menores en el interior durante el día y mayores en la noche. El ambiente exterior de Rosario es ligeramente más caliente que en Loma Larga. Es necesario aumentar las temperaturas de la noche para mejorar la sensación de bienestar en el interior.

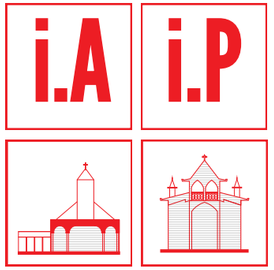
Durante la noche y la mañana se eleva el nivel de humedad. El interior es más húmedo que el exterior en el día.

4.2.2 ÉPOCA LLUVIOSA (OCTUBRE)

En esta época, es en el período de 18:00 a 8:00 que el ambiente se torna menos confortable por las bajas temperaturas. En ambos casos, la envolvente amortigua la temperatura externa. Sin embargo, En en Rosario, existe un retardo térmico que disminuye la velocidad con la que baja la temperatura en el interior, permitiendo extender la sensación de bienestar un lapso de tiempo mayor.

Existen altos niveles de humedad, el interior se mantiene más húmedo que el exterior durante el día.

ZONA DE VIDA 3



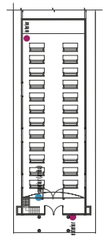


IMAGEN 5.9. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURA Z3 FEBRERO. Fuente: Autor

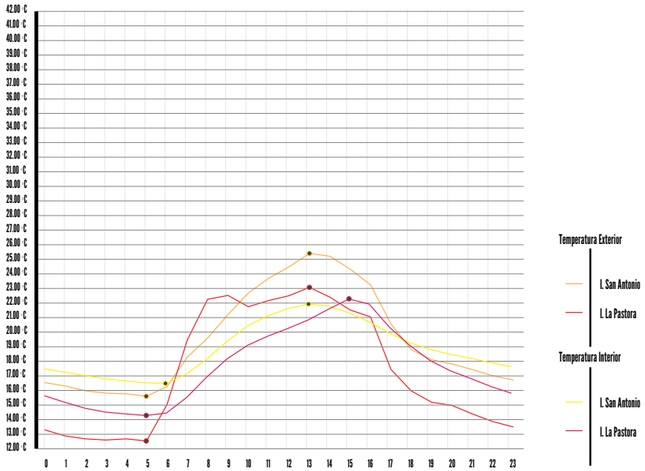


IMAGEN 5.10. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE TEMPERATURA Z3 FEBRERO. Fuente: Autor

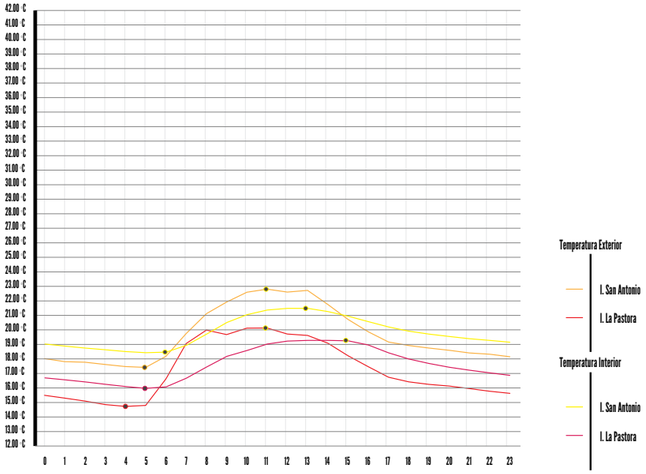


IMAGEN 5.11. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE HUMEDAD Z3 FEBRERO. Fuente: Autor

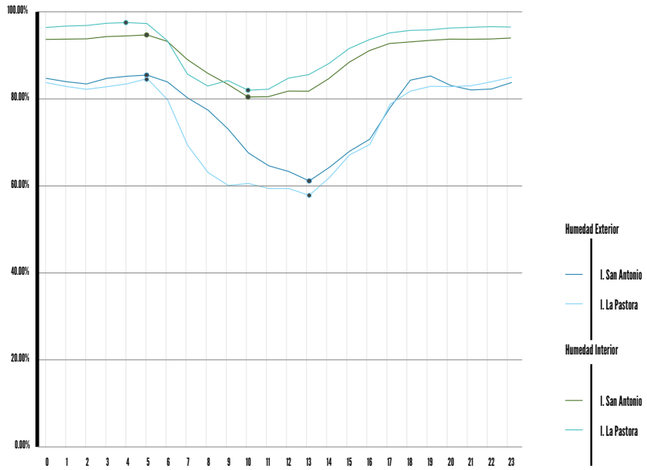
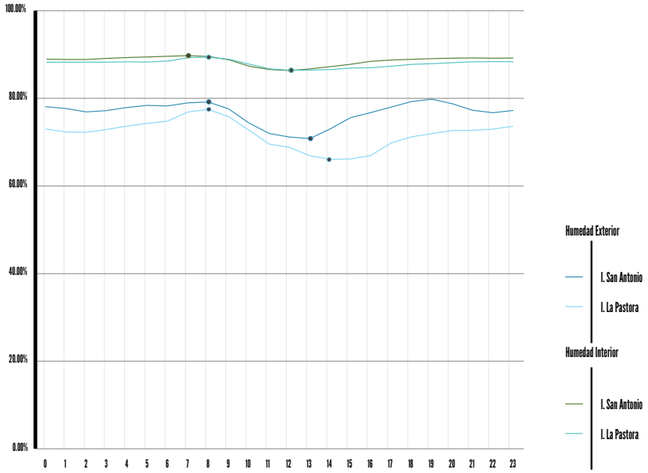


IMAGEN 5.12. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE HUMEDAD Z3 FEBRERO. Fuente: Autor



4.3 GRÁFICOS COMPARATIVOS Z3

4.3.1 ÉPOCA SECA (FEBRERO)

En ambos casos, los promedios de tempertura exteriores son mayores durante el día y en la noche menores, evidenciando el amortiguamiento térmico de la envolvente. Además, en la Pastora existe un retardo térmico en donde la temperatura interior sigue aumentando hasta las 16:00 horas. Sin embargo, aún las temperaturas registradas internamente son bajas, especialmente en La Pastora.

Ambiente muy húmedo.La humedad relativa interior es mayor en el día y menor en la noche.

4.3.2 ÉPOCA LLUVIOSA (OCTUBRE)

En esta época las temperaturas promedio son bajas. El ambiente interior se encuentra fuera del área de confort a través de todo el día y la noche. La envolvente permite que el ambiente interno tenga mayores temperaturas a partir de las 2 de la tarde. Se sigue evidenciando que La Pastora presenta un clima mucho más frío.

Existen altos niveles de humedad durante todo el día. La humedad interior es mayor que el exterior durante el día y menor en la noche.

5.0 CONCLUSIONES

Macro Escala

Según la clasificación de zonas de vida, el bioclima que tiene mayor confort para el ser humano es el bh-P. Por esta razón, edificaciones en las otras dos zonas de vida deben implementar más técnicas para readaptarse y tener condiciones de mayor bienestar. Se establece que la zona 1 es un sitio muy seco y caluroso y la zona 2 es excesivamente húmeda y ligeramente fría.

Meso Escala

En este nivel de análisis geográfico se evidencia la diferencia de altitud de las 3 zonas y la topografía, lo cual influye en el movimiento del aire, el rango de temperatura y humedad en los sitios.

También se aprecia que los 6 sitios escogidos son zonas rurales, donde no hay mayor densidad de ocupación.

Se mantiene la premisa que existen dos polos opuestos (R1/R2 Y R4) como zonas que requieren mayor adaptación para el confort, las primeras por presentar un calor excesivo y la última por el ambiente frío y húmedo. La R3 continúa siendo el intermedio donde es menor el reacondicionamiento requerido

Micro Escala

En general el comportamiento de las edificaciones en respuesta a la luz y la radiación solar es similar según la orientación. En las fachadas Este y Oeste se da un mayor impacto que las fachadas Norte y Sur. Sin embargo, cinco edificaciones de estudio se encuentran orientadas longitudinalmente, por lo que presentan la menor área de exposición hacia estos puntos cardinales. La única iglesia que tiene una orientación transversal es la de La Pastora; no obstante, el clima en el que se encuentra puede beneficiarse de recibir sol ya que el exterior registra temperaturas frías. Además, la cubierta recibe mucha radiación, por lo que se necesita utilizar técnicas de aislamiento o sombreamiento.

En esta escala lo que influye en el comportamiento es la presencia de elementos anexos como vegetación o edificios cercanos. Además, la morfología juega un papel importante, ya que dependiendo de la forma, se pueden generar sombras en las fachadas por medio de volumetrías, pórticos, cubiertas. De esta manera, ya se encuentran diferencias dentro de la misma zona de vida. Por ejemplo, en Guardia los árboles disminuyen el impacto de la radiación en la iglesia, mientras que en Río Seco no existe protección de este tipo, sumado el entorno con la carretera de asfalto.

En el tema de ventilación, lo más importante a tomar en cuenta son los obstáculos cercanos, las colindancias y la orientación del edificio, para poder determinar previamente cual es la mejor fachada para poder generar una ventilación adecuada, tomando en cuenta el estudio previo de radiación. En este caso, la opción más adecuada en la mayoría de los casos es percibir el viento por la fachada norte.

Edificio

En esta escala los factores que genera un comportamiento climático distinto en edificaciones dentro de una misma zona de vida, son la cantidad de volumen de aire, los materiales y la relación entre la superficie y las aberturas en cada una.

Cada zona de vida presenta materiales específicos, los cuales si responden a las características propias del clima.

Ninguna edificación tiene elementos de sombra en las ventanas y la relación entre aberturas y superficie en los edificios es muy poca, por lo que el intercambio de aire entre el exterior y el interior es muy lento. (Pocas renovaciones de aire por hora)

La zona de vida que presenta las temperaturas más altas registradas es las Z1 y la que presenta las temperaturas más bajas registradas es la Z3.

Conclusiones de diagnóstico

ZV1/ En general, la zona de vida tiende a registrar temperaturas muy altas durante la época seca, generando un ambiente muy caliente para el confort, de poco bienestar. El comportamiento en la otra época crítica (Octubre) es de menor impacto, sin embargo, en la iglesia de Río Seco todavía se registran temperaturas elevadas. Ambas zonas presentan altos valores de humedad relativa, lo que llama la atención al ser una zona denominada “seca”. Además, ambas presentan un ambiente interno más húmedo que el externo. La iglesia de Río Seco es más caliente que la de Guardia, de donde se concluye que es el contexto y la superficie translúcida lo que causa esta diferencia entre las dos.

ZV2/ En general, la zona de vida presenta un clima confortable durante el día y ligeramente frío durante las noches. En la primera época crítica, la iglesia de Rosario requiere bajar un poco las temperaturas del día, ya que sus temperaturas exteriores son mayores. No obstante, el comportamiento interior de ambas es muy similar. En este caso, es necesario aumentar la temperatura interna en las noches y madrugadas en ambas edificaciones. Su comportamiento tan homogéneo obedece a que ambas se encuentran orientadas de igual manera, tienen casi el mismo volumen de aire y un contexto muy similar.

ZV3/ La zona de vida presenta un clima fuera de la zona de confort debido a las bajas temperaturas y humedad excesiva. En la Iglesia de San Antonio, las temperaturas son levemente mayores que en la Pastora, esto debido a la altitud del sitio. Ambas presentan un comportamiento similar, ya que necesitan aumentar la temperatura interior para mejorar las condiciones de confort. No obstante, a pesar de que la envolvente es del mismo material, se comportan distinto. En San Antonio existe solamente un amortiguamiento térmico, mientras que en la Pastora además hay retardo térmico. Se concluye que la diferencia de comportamiento se debe a la orientación que presentan las iglesias ya que una es longitudinal y la otra transversal.

C6

C6. SIMULACIONES Y CONCLUSIONES

1.0 PROTOCOLO DE SIMULACIÓN I. GUARDIA

1.1 DEFINICIÓN DE ZONA TÉRMICAS

IMAGEN 6.1. VOLUMEN DE AIRE TOTAL. Fuente: Autor

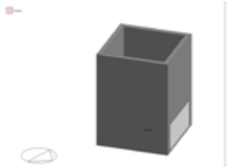


IMAGEN 6.2. VOLUMEN DE AIRE TORRE. Fuente: Autor

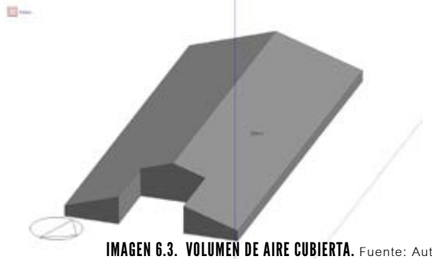


IMAGEN 6.3. VOLUMEN DE AIRE CUBIERTA. Fuente: Autor

IMAGEN 6.4. VOLUMEN DE AIRE EDIFICIO. Fuente: Autor

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL

CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	GROSOR	CONDUCTIVIDAD	VALOR R	VALOR U
PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)				
MADERA	0.13	0.05	2.77	0.36
DIVISIONES INTERNAS				
NO EXISTEN				
CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
PISOS EXTERNOS O INTERNOS				
CONCRETO	0.15	0.16	0.89	1.12
CIELO RASO				
MADERA	0.02	0.12	0.43	2.29
COMPONENTES				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
HERMETICIDAD				
INFILTRACIÓN: 1 AC/H				

SITIO	
LATITUD (°)	10,34
LONGITUD (°)	-85,35
ALTITUD (MSNM)	30
ZONA HORARIA	GMT-06:00
EXPOSICIÓN AL VIENTO	NORMAL
ORIENTACIÓN (°)	340
INFO. CLIMÁTICA HORARIA	GUARDIA, LIBERIA

ACTIVIDADES	
ÁREAS OCUPADAS (M2)	44.4
DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M2)	0
TASA METABÓLICA (MET)	1
ARROPAMIENTO (CLO)	0.7
HORARIO DE OCUPACIÓN	0
EQUIPOS	0

1.3 ARCHIVO DE CLIMA (INTRODUCCION DE DATOS)

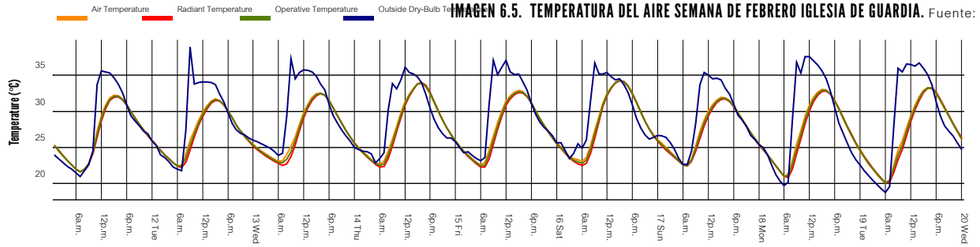


IMAGEN 6.5. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE FEBRERO IGLESIA DE GUARDIA. Fuente: Autor

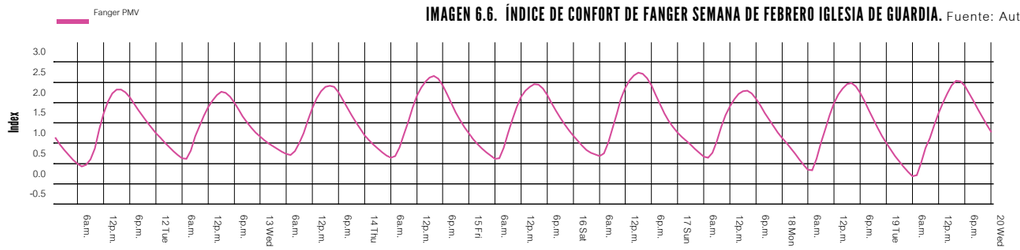


IMAGEN 6.6. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE FEBRERO IGLESIA DE GUARDIA. Fuente: Autor

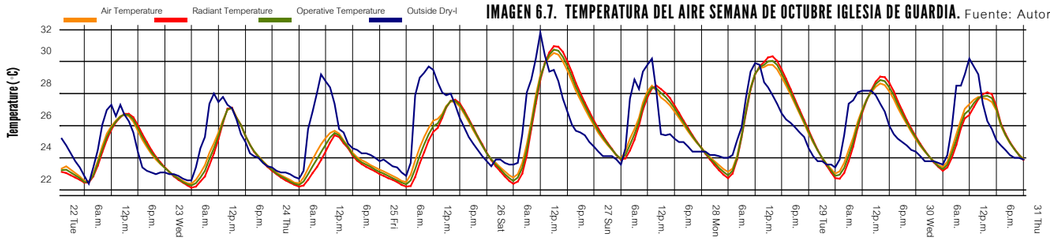


IMAGEN 6.7. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE OCTUBRE IGLESIA DE GUARDIA. Fuente: Autor

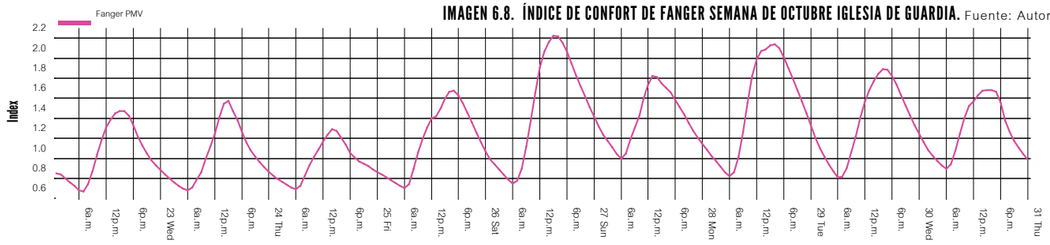


IMAGEN 6.8. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE OCTUBRE IGLESIA DE GUARDIA. Fuente: Autor

1.4 SIMULACIÓN DE CALIBRACIÓN POR ZONA TÉRMICA (SEGÚN DIA TIPO)

Después de haber indicado la ubicación específica del edificio, se realizó un modelo de análisis térmico en el cual se establecieron 3 zonas térmicas importantes:

ZT1- El cuerpo de la iglesia, en el cual se establecieron las aberturas existentes en las fachadas Este, Norte y Sur. Se indicaron los materiales y grosores de las paredes, piso y cielo raso así como la inexistencia de superficie translúcida.

ZT2- El volúmen de aire que comprende la cubierta de la iglesia, en la cual se especificaron los materiales de la superficie exterior. No existen aberturas en la misma.

ZT3- La torre del campanario, en donde no se establecen aberturas, solamente un vano que comunica el volúmen de aire de la iglesia con el de la torre.

De esta manera, se realizaron simulaciones en la Zona Térmica 1 para calibrar el comportamiento del ambiente interior según los datos tomados anteriormente, tanto en Febrero como en Octubre. En el caso de Guardia, juega un papel importante la infiltración del aire, ya que debido al material de la iglesia, esta permite que el mismo entre, aumentando las temperaturas internas. En la imagen 6.9 se puede observar el comportamiento calibrado, en donde la curva térmica exterior es la misma que se generó con las mediciones prolongadas y la curva térmica interior fue simulada mediante computador, logrando la misma tendencia que tuvo en las mediciones reales.

Después de calibrado el modelo, se obtienen las temperaturas internas en las otras dos zonas térmicas, así como un gráfico de balance térmico. Para poder identificar cuáles

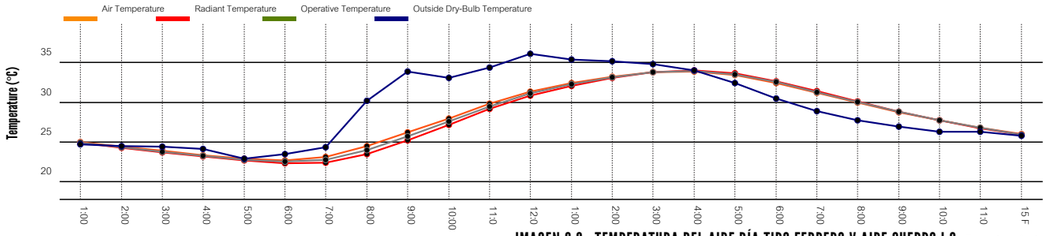


IMAGEN 6.9. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G. Fuente: Autor

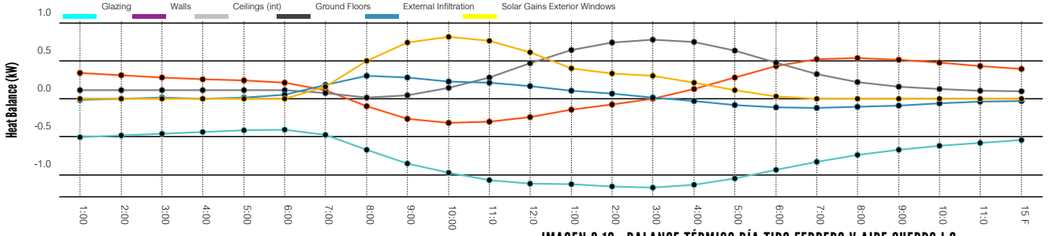


IMAGEN 6.10. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G. Fuente: Autor

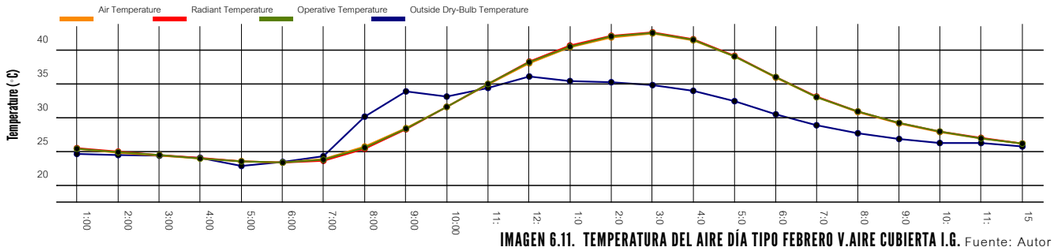


IMAGEN 6.11. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.G. Fuente: Autor

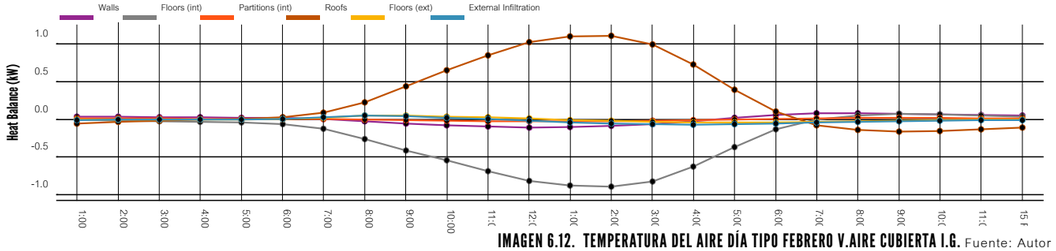


IMAGEN 6.12. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.G. Fuente: Autor

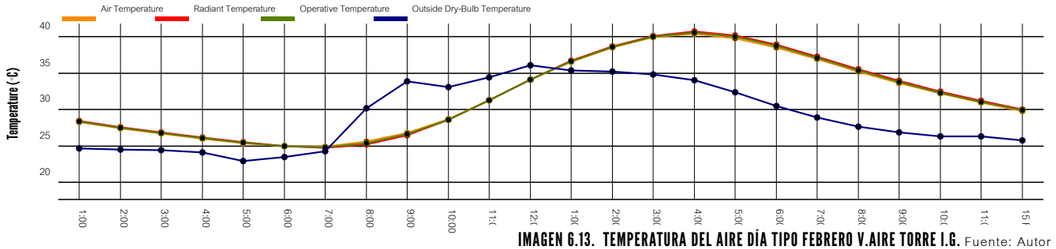


IMAGEN 6.13. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.G. Fuente: Autor

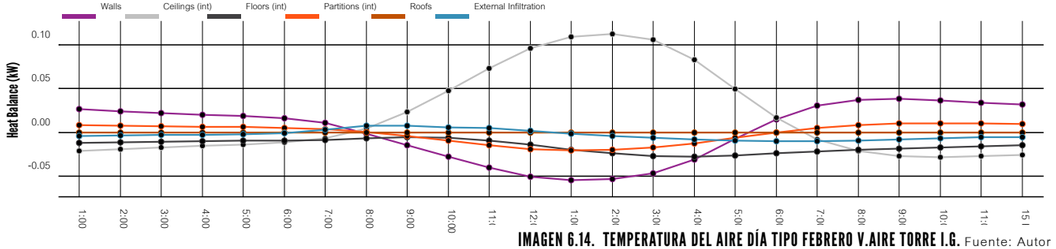


IMAGEN 6.14. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.G. Fuente: Autor

son las superficies por las que se dan ya sea ganancias o pérdidas térmicas. Durante el mes de Febrero (en este caso el más critico entre las dos mediciones), la zona térmica 1 obtiene la mayor cantidad de ganancias por el cielo raso, esto debido al contacto existente entre el volumen de aire de la cubierta y el interior de la iglesia. Por otro lado, el volúmen de aire de la cubierta llega a ser incluso más caliente que el ambiente exterior, en donde todas las ganancias se dan a través del techo. La zona térmica 3 (torre) presenta un comportamiento similar al de la cubierta.

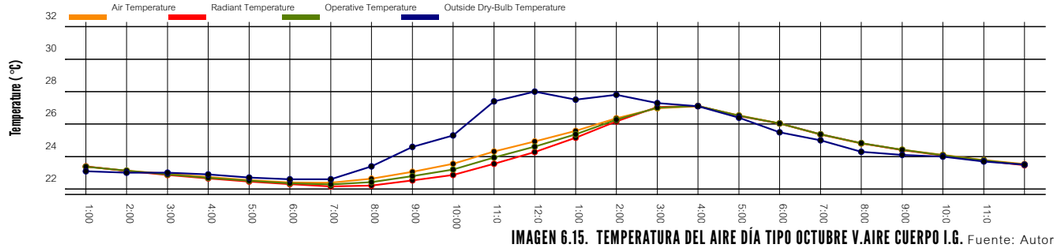


IMAGEN 6.15. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.G. Fuente: Autor

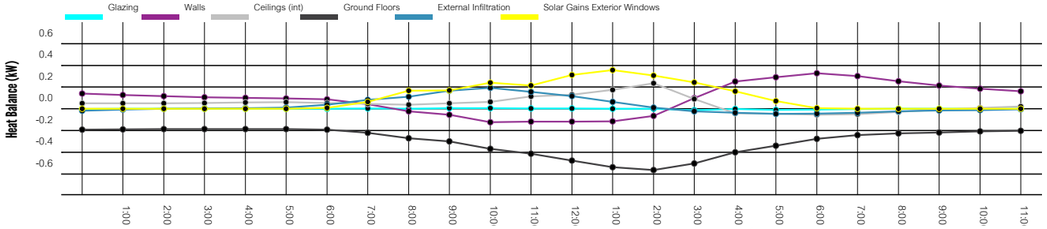


IMAGEN 6.16. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.G. Fuente: Autor

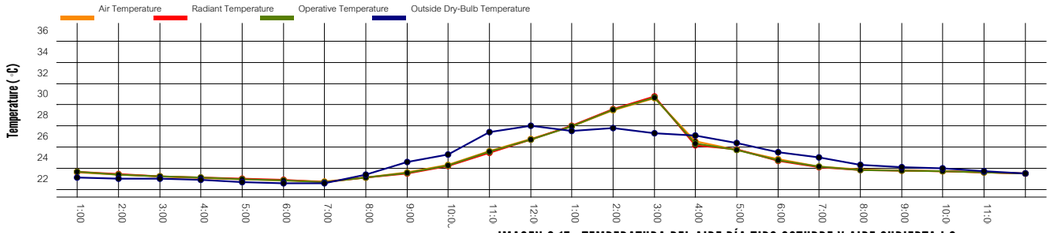


IMAGEN 6.17. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.G. Fuente: Autor

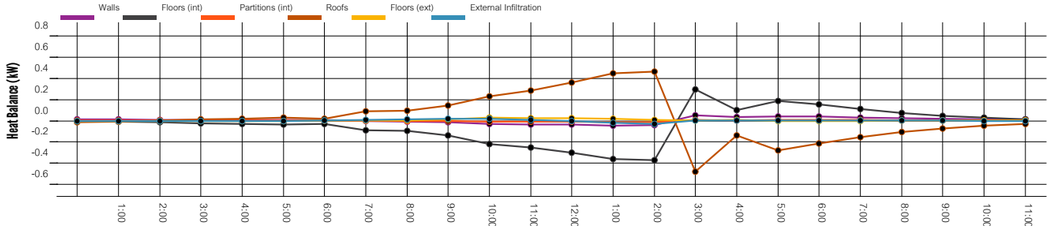


IMAGEN 6.18. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.G. Fuente: Autor

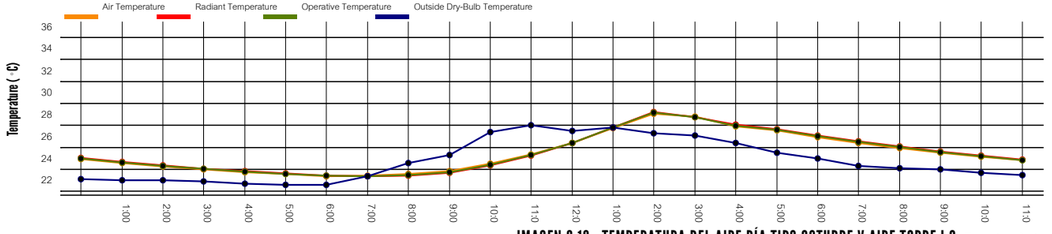


IMAGEN 6.19. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.G. Fuente: Autor

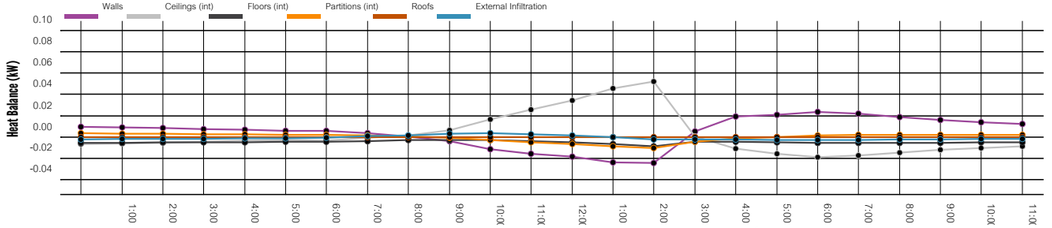


IMAGEN 6.20. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.G. Fuente: Autor

2.0 PROTOCOLO DE SIMULACIÓN I. RÍO SECO

2.1 DEFINICIÓN DE ZONA TÉRMICAS

IMAGEN 6.21. VOLUMEN DE AIRE TOTAL I.S. Fuente: Autor

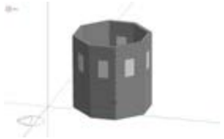


IMAGEN 6.22. VOLUMEN DE AIRE TORRE I.S. Fuente: Autor

IMAGEN 6.23. VOLUMEN DE AIRE CUBIERTA I.S. Fuente: Autor

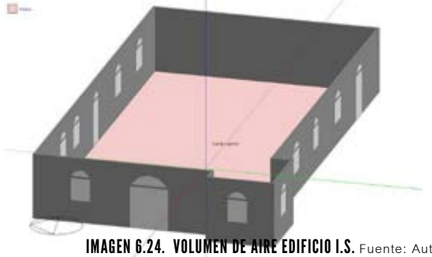


IMAGEN 6.24. VOLUMEN DE AIRE EDIFICIO I.S. Fuente: Autor

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL

CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	GROSOR	CONDUCTIVIDAD	VALOR R	VALOR U
PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)				
MADERA	0.13	0.05	2.77	0.36
DIVISIONES INTERNAS				
NO EXISTEN				
CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
PISOS EXTERNOS O INTERNOS				
CONCRETO	0.2	0.16	0.89	1.12
CIELO RASO				
MADERA	0.02	0.12	0.43	2.29
COMPONENTES				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
HERMETICIDAD				
INFILTRACIÓN: 0.7 AC/H				

SITIO	
LATITUD (°)	10,13
LONGITUD (°)	-85,45
ALTITUD (MSNM)	35
ZONA HORARIA	GMT-06:00
EXPOSICIÓN AL VIENTO	NORMAL
ORIENTACIÓN (°)	189
INFO. CLIMÁTICA HORARIA	RÍO SECO, SANTA CRUZ

ACTIVIDADES	
ÁREAS OCUPADAS (M2)	44.4
DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M2)	0
TASA METABÓLICA (MET)	1
ARROPAMIENTO (CLO)	0.7
HORARIO DE OCUPACIÓN	0
EQUIPOS	0

2.3 ARCHIVO DE CLIMA (INTRODUCCION DE DATOS)

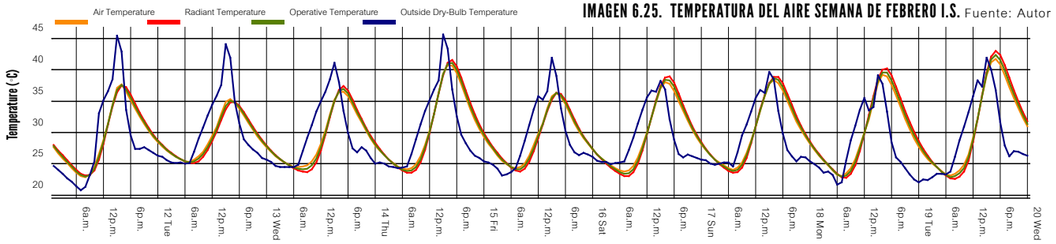


IMAGEN 6.25. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE FEBRERO I.S. Fuente: Autor

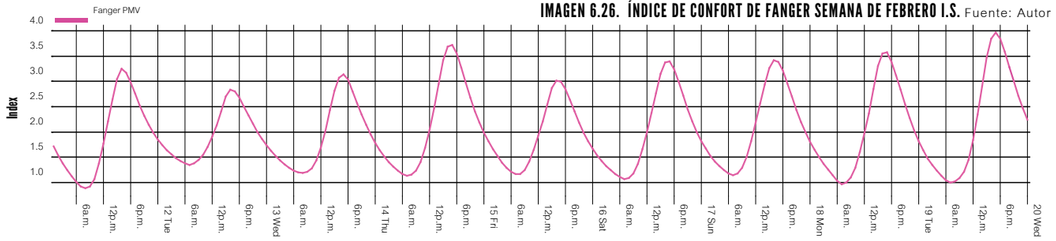


IMAGEN 6.26. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE FEBRERO I.S. Fuente: Autor

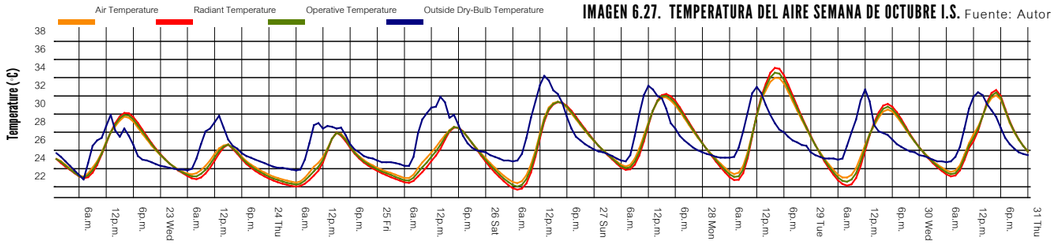


IMAGEN 6.27. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE OCTUBRE I.S. Fuente: Autor

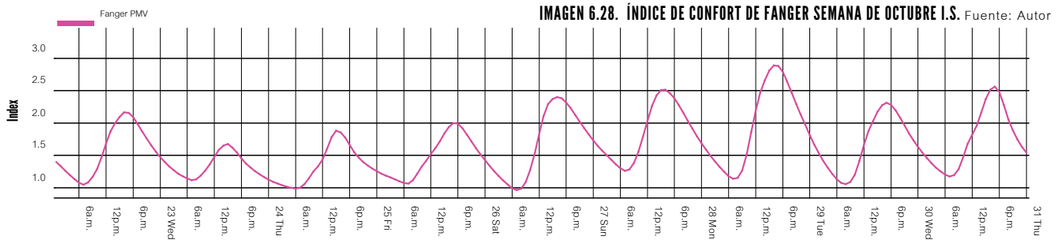


IMAGEN 6.28. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE OCTUBRE I.S. Fuente: Autor

2.4 SIMULACIÓN DE CALIBRACIÓN POR ZONA TÉRMICA (SEGÚN DIA TIPO)

Como paso inicial se estableció la ubicación geográfica del caso de estudio para posteriormente realizar un modelo de análisis térmico, en el cual se establecieron 3 zonas térmicas importantes:

ZT1- El cuerpo de la iglesia, en el cual se establecieron las aberturas existentes en las fachadas Oeste, Norte y Sur. Además, se indicaron los materiales y el grosor de las paredes, piso y cielo raso así como la superficie translúcida y el tipo de vidrio. No existen elementos de sombra sobre las ventanas.

ZT2- El volúmen de aire que comprende la cubierta de la iglesia, en la cual se especificaron los materiales de la superficie exterior. La misma tiene tres pequeñas ventanas.

ZT3- La torre del campanario, en donde se establecen las aberturas y el vano que comunica el volúmen de aire de la iglesia con el de la torre.

También se modelan los "componentes", los cuales son aquellos elementos que no representan una zona térmica, no obstante, generan cierto impacto en la edificación como lo hacen elementos de sombra o edificios cercanos.

Después de realizado el modelo, se procede a efectuar simulaciones en la zona térmica 1 para poder calibrar el comportamiento del ambiente interior, según los datos tomados durante las mediciones prolongadas tanto en Febrero como en Octubre. Al igual que en el caso de Guardia, juega un papel importante la infiltración de aire en el interior, ya que esto puede aumentar la temperatura interna.

En la imagen 6.29 se muestra un gráfico que permite ob-

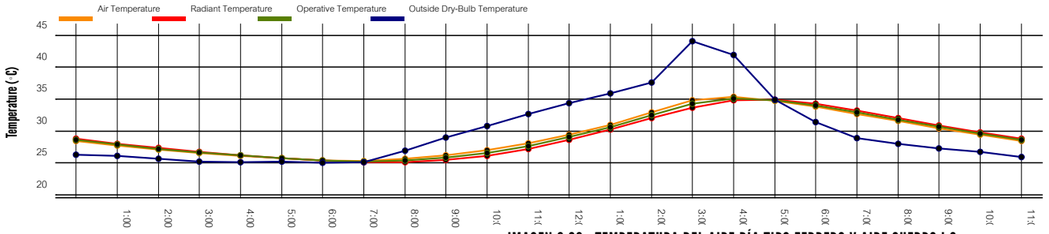


IMAGEN 6.29. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.S. Fuente: Autor

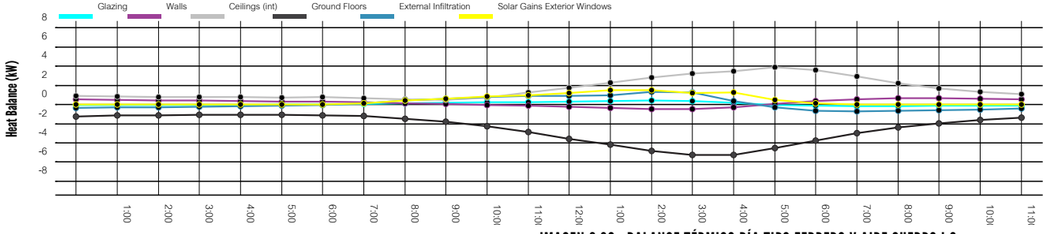


IMAGEN 6.30. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.S. Fuente: Autor

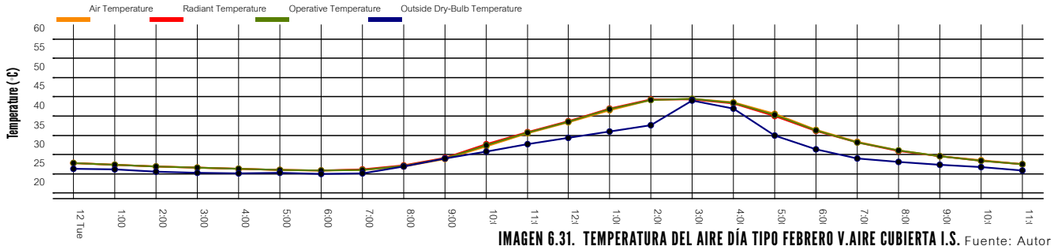


IMAGEN 6.31. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.S. Fuente: Autor

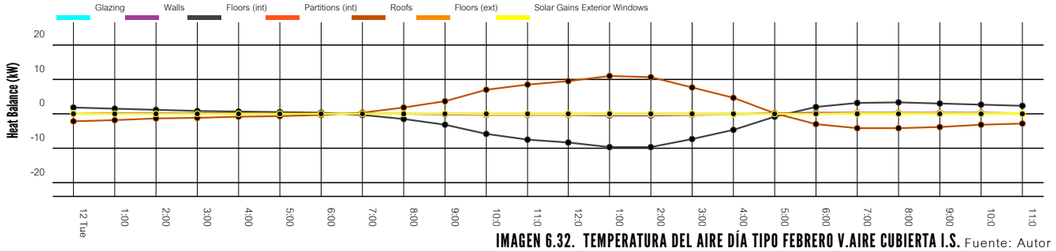


IMAGEN 6.32. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.S. Fuente: Autor

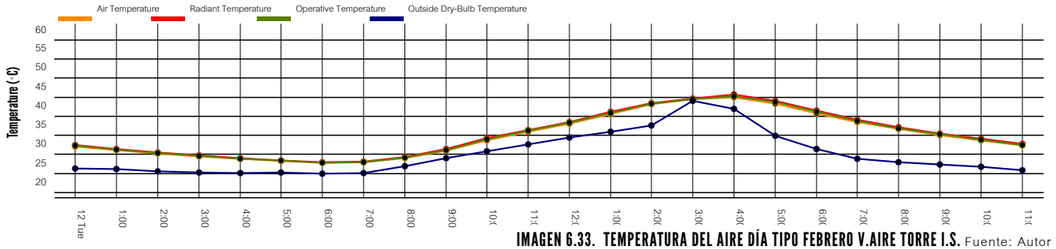


IMAGEN 6.33. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.S. Fuente: Autor

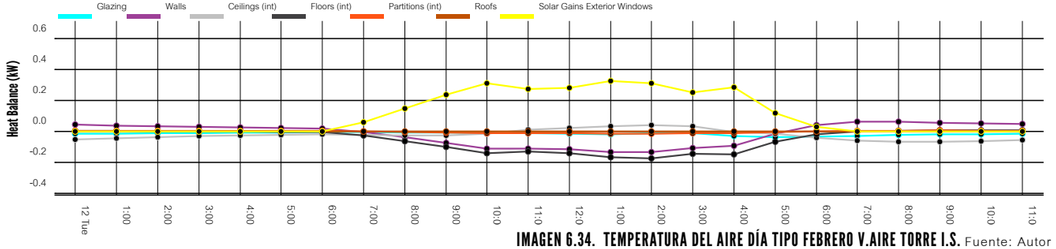


IMAGEN 6.34. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.S. Fuente: Autor

servar el comportamiento calibrado de el modelo térmico, en donde la curva de la temperatura exterior corresponde a los datos tomados en sitio y el comportamiento interior es simulado por el computador. Al realizar una comparación con el gráfico descrito por las mediciones prolongadas, se evidencia que la tendencia térmica interior es igual a la observada en sitio.

Como resultado del modelo calibrado, se obtienen gráficos que describen el comportamiento térmico interior de las otras dos zonas establecidas. En el caso de Río Seco, el mes más crítico es Febrero, en el cual tanto el volumen de aire de cubierta como el de la torre presentan temperaturas superiores a las del ambiente exterior. En este caso, la mayor cantidad de ganancias térmicas se dan por medio del techo y de las superficies vidriadas, ya que las mismas no presentan ningun tipo de elemento que les brinde sombra.

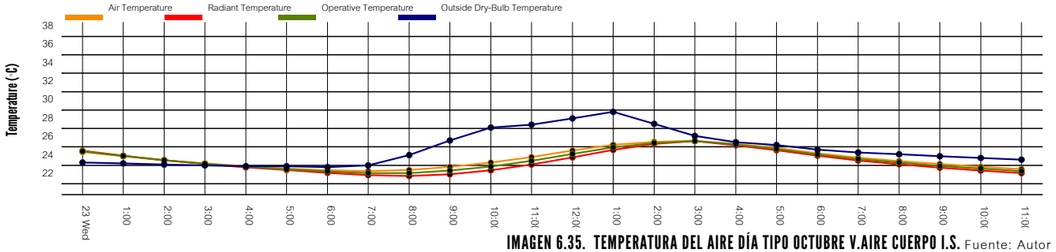


IMAGEN 6.35. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.S. Fuente: Autor

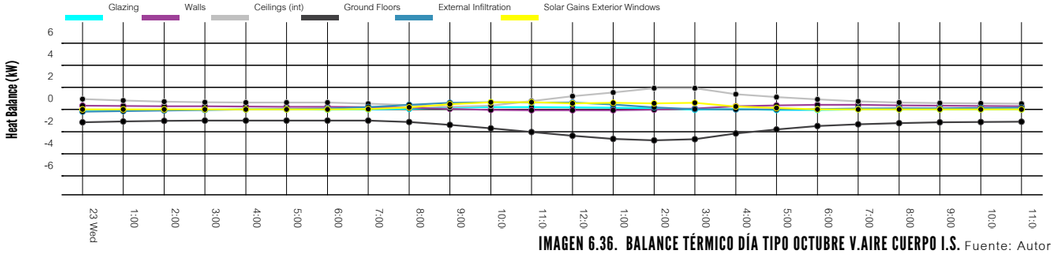


IMAGEN 6.36. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.S. Fuente: Autor

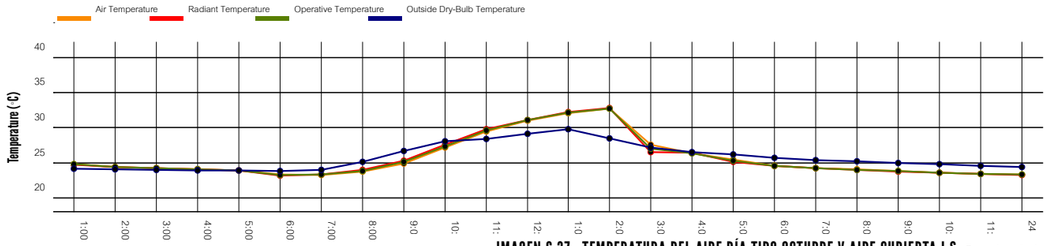


IMAGEN 6.37. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.S. Fuente: Autor

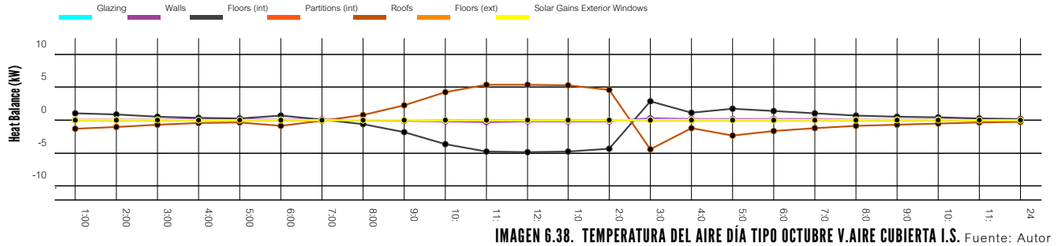


IMAGEN 6.38. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.S. Fuente: Autor

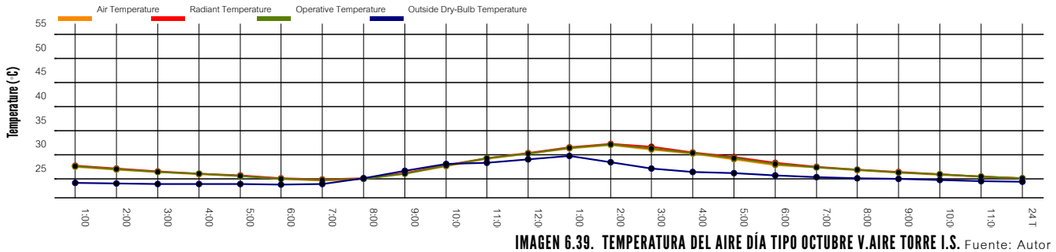


IMAGEN 6.39. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.S. Fuente: Autor

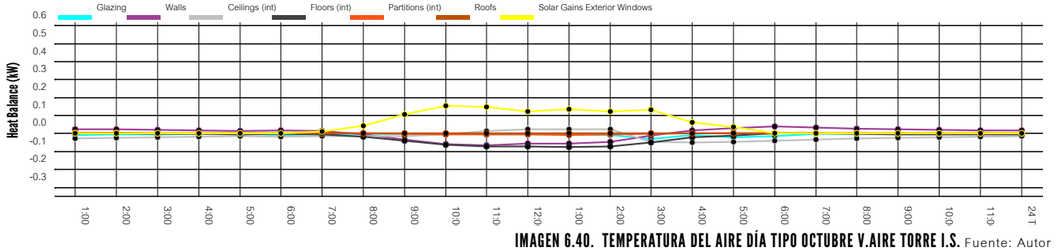


IMAGEN 6.40. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.S. Fuente: Autor

3.0 PROTOCOLO DE SIMULACIÓN I. ROSARIO

3.1 DEFINICIÓN DE ZONA TÉRMICAS

IMAGEN 6.41. VOLUMEN DE AIRE TOTAL I.R. Fuente: Autor

IMAGEN 6.42. VOLUMEN DE AIRE TORRE I.R. Fuente: Autor

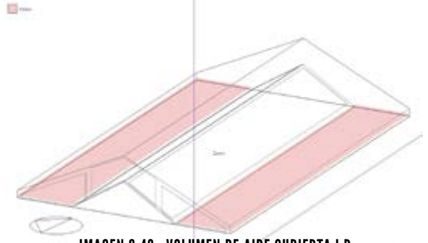


IMAGEN 6.43. VOLUMEN DE AIRE CUBIERTA I.R. Fuente: Autor

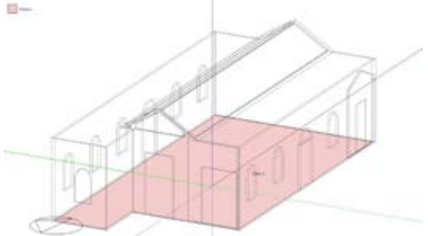


IMAGEN 6.44. VOLUMEN DE AIRE EDIFICIO I.R. Fuente: Autor

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL

CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	GROSOR	CONDUCTIVIDAD	VALOR R	VALOR U
PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)				
MADERA	0.13	0.05	2.77	0.36
HIERRO GALV.	0.02	72	0.15	7.12
DIVISIONES INTERNAS				
MADERA	0.1	0.05	2.77	0.36
CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
PISOS EXTERNOS O INTERNOS				
CONCRETO	0.2	0.16	0.89	1.12
CIELO RASO				
MADERA	0.02	0.12	0.43	2.29
COMPONENTES				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
HERMETICIDAD				
INFILTRACIÓN: 0.5 AC/H				

SITIO	
LATITUD (°)	9,47
LONGITUD (°)	-84,05
ALTITUD (MSNM)	1320
ZONA HORARIA	GMT-06:00
EXPOSICIÓN AL VIENTO	NORMAL
ORIENTACIÓN (°)	351
INFO. CLIMÁTICA HORARIA	ROSARIO, DESAMPARADOS

ACTIVIDADES	
ÁREAS OCUPADAS (M2)	157,25
DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M2)	0
TASA METABÓLICA (MET)	1
ARROPAMIENTO (CLO)	0,7
HORARIO DE OCUPACIÓN	0
EQUIPOS	0

3.3 ARCHIVO DE CLIMA (INTRODUCCION DE DATOS)

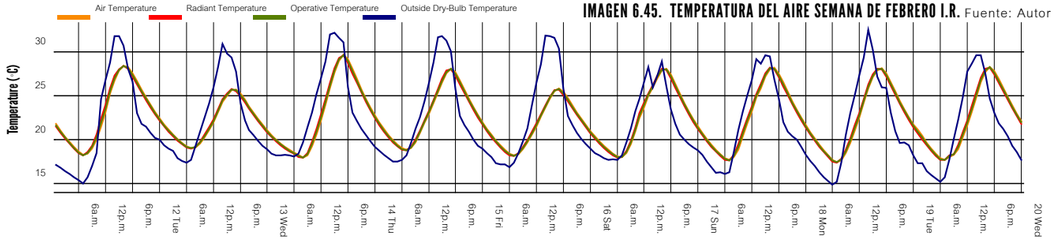


IMAGEN 6.45. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE FEBRERO I.R. Fuente: Autor

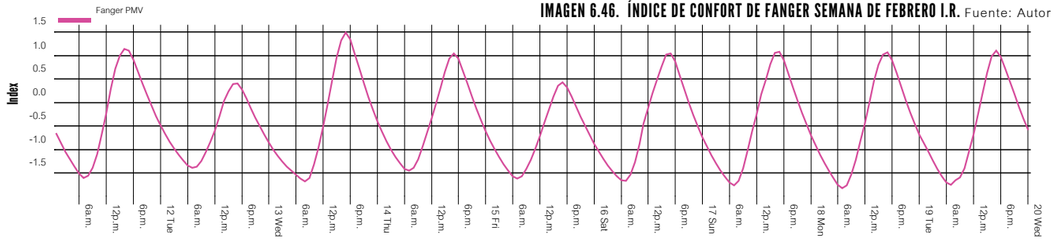


IMAGEN 6.46. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE FEBRERO I.R. Fuente: Autor

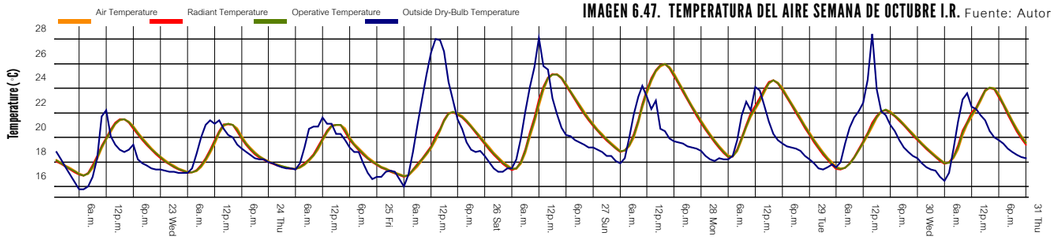


IMAGEN 6.47. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE OCTUBRE I.R. Fuente: Autor

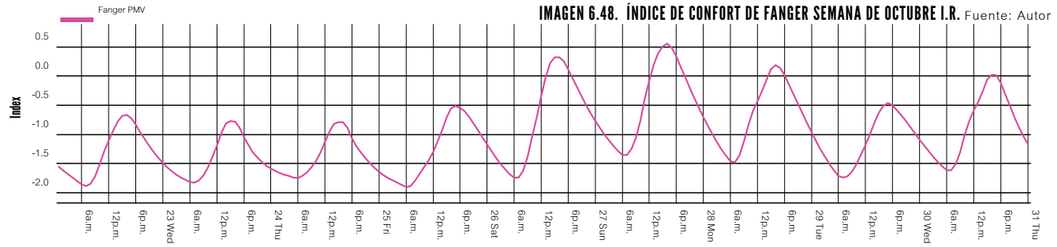


IMAGEN 6.48. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE OCTUBRE I.R. Fuente: Autor

4.4 SIMULACIÓN DE CALIBRACIÓN POR ZONA TÉRMICA (SEGÚN DIA TIPO)

Para poder realizar simulaciones térmicas en la edificación, se estableció su ubicación geográfica específica, su orientación y se dividio el edificio en tres zonas térmicas:

ZT1- El cuerpo de la iglesia, en el cual se establecieron las aberturas existentes en las fachadas Oeste, Norte y Sur. Además, se indicaron los materiales y el grosor de las paredes, piso y cielo raso así como la superficie translúcida y el tipo de vidrio. En este caso se deja de lado uno de los volúmenes frontales de la iglesia ya que no tiene comunicación con el cuerpo principal, por lo que el aire no fluye entre ellos.

ZT2- El volúmen de aire de la cubierta, en el cual se especificaron los materiales de la superficie exterior. No existen aberturas en la misma.

ZT3- La torre del campanario, en donde se establecen las aberturas y el vano que comunica el volúmen de aire de la iglesia con el de la torre.

En este caso se modelan los aleros de la edificación como componentes, así como un volúmen anexo a la fachada oeste.

Una vez realizado el modelo, se comienzan a efectuar simulaciones sobre la zona térmica 1 con el fin de calibrar la conducta del ambiente interior según las mediciones prolongadas realizadas en Febrero y en Octubre. En la imagen 6.49 se muestra el comportamiento calibrado. Si se realiza una comparación entre el gráfico obtenido mediante las mediciones y el generado por el computador, se puede observar que la curva térmica de la temperatura de aire exterior es la misma en ambos casos. Además, los promedios

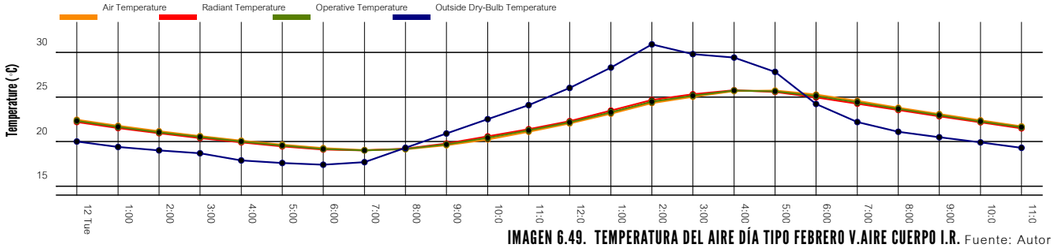


IMAGEN 6.49. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.R. Fuente: Autor

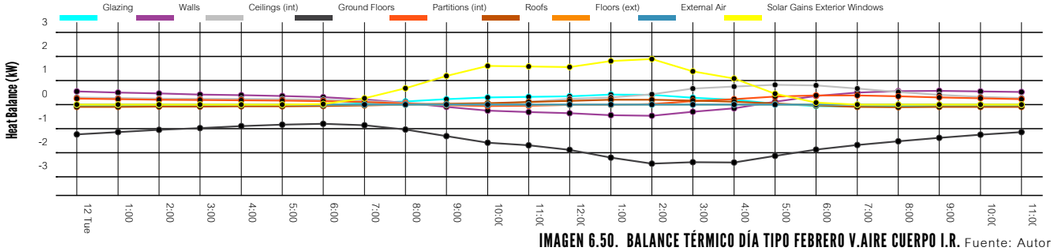


IMAGEN 6.50. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.R. Fuente: Autor

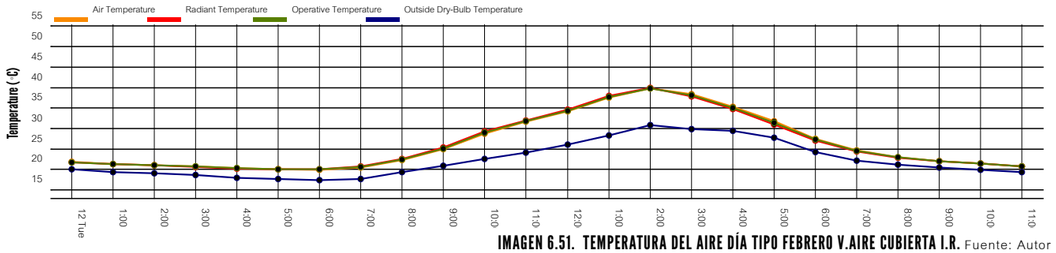


IMAGEN 6.51. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.R. Fuente: Autor

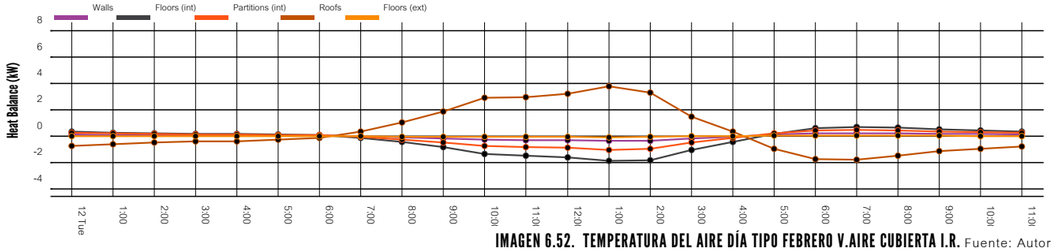


IMAGEN 6.52. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.R. Fuente: Autor

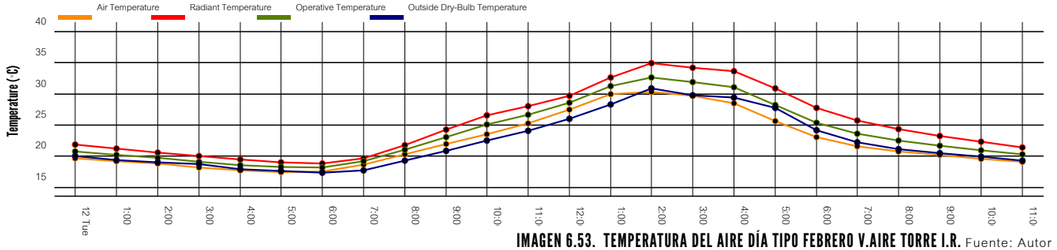


IMAGEN 6.53. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.R. Fuente: Autor

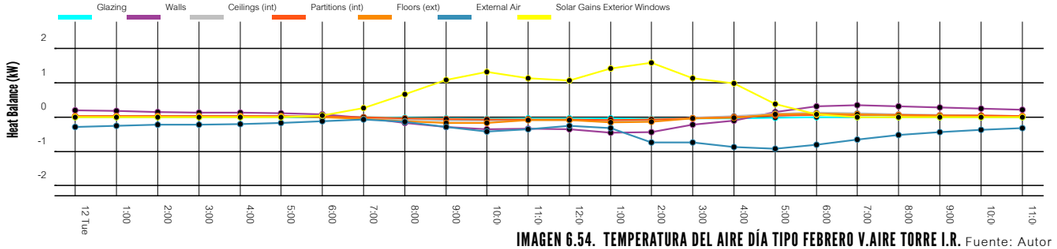


IMAGEN 6.54. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.R. Fuente: Autor

de temperatura interior simulados presentan una tendencia muy similar a los que se midieron en sitio, lo que da evidencia del correcto comportamiento del modelo realizado.

Una vez calibrado el modelo, se pueden obtener gráficos de la temperatura de aire en el interior de cada zona térmica. En este caso, el volumen de aire de la cubierta tiene promedios más altos que el ambiente exterior, sin embargo no es una situación tan crítica como en el caso de Guardia o Río Seco. Además, se puede observar que las ganancias térmicas obtenidas en el interior de la iglesia son producto de las superficies translúcidas.

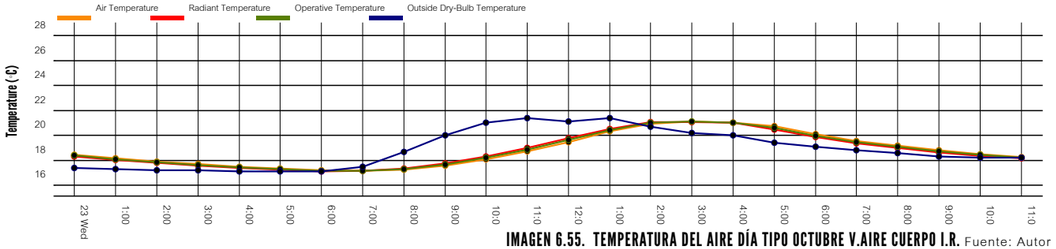


IMAGEN 6.55. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.R. Fuente: Autor

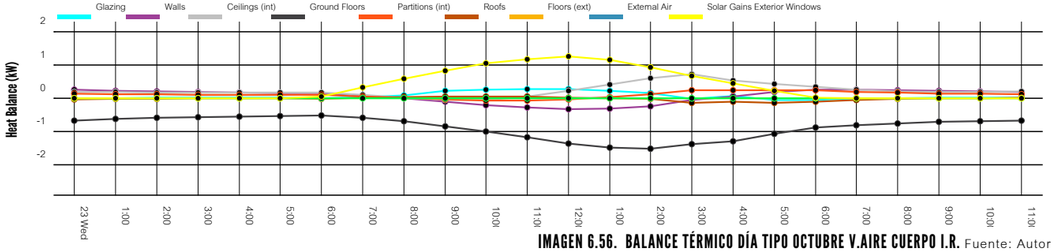


IMAGEN 6.56. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.R. Fuente: Autor

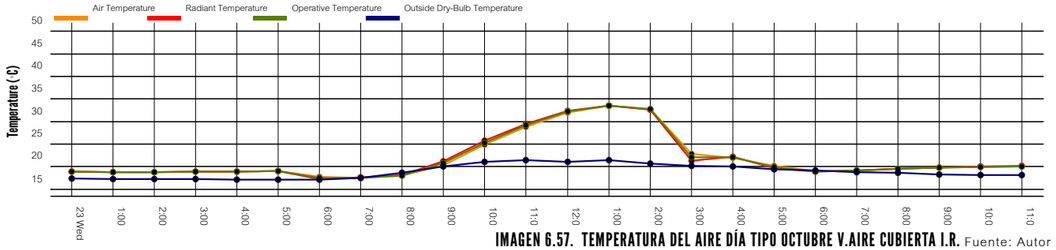


IMAGEN 6.57. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.R. Fuente: Autor

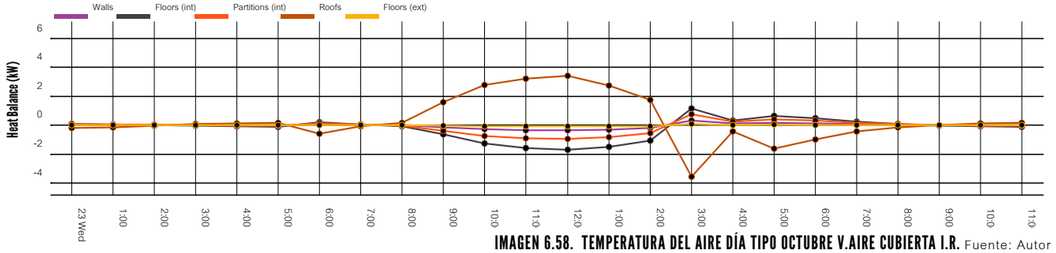


IMAGEN 6.58. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.R. Fuente: Autor

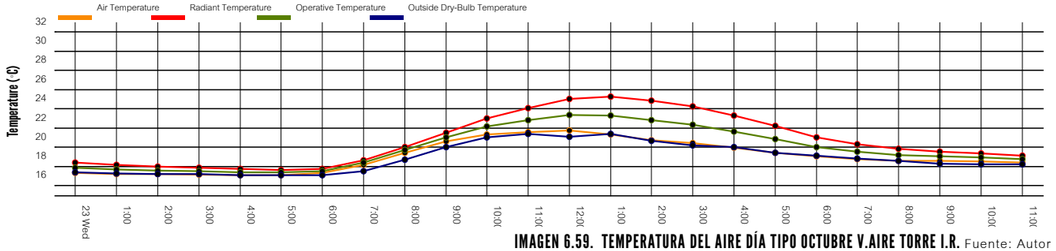


IMAGEN 6.59. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.R. Fuente: Autor

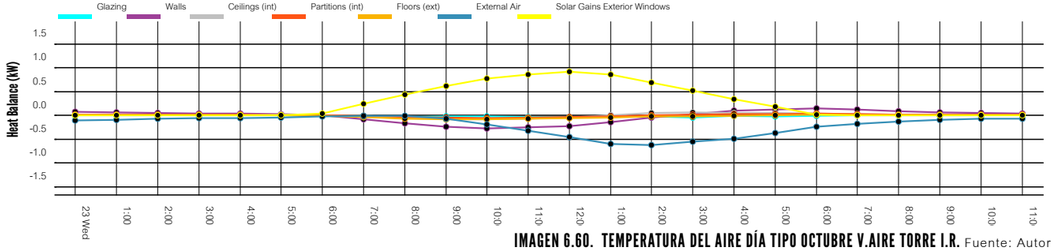


IMAGEN 6.60. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.R. Fuente: Autor

4.0 PROTOCOLO DE SIMULACIÓN I. LOMA LARGA

4.1 DEFINICIÓN DE ZONA TÉRMICAS

IMAGEN 6.61. VOLUMEN DE AIRE TOTAL I.L. Fuente: Autor

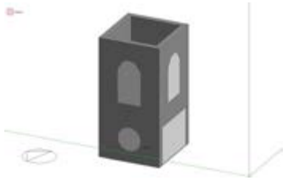


IMAGEN 6.62. VOLUMEN DE AIRE TORRE I.L. Fuente: Autor

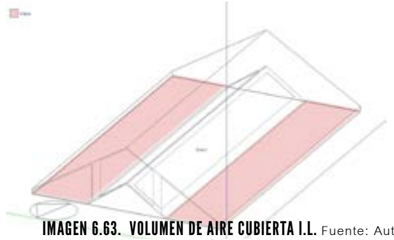


IMAGEN 6.63. VOLUMEN DE AIRE CUBIERTA I.L. Fuente: Autor

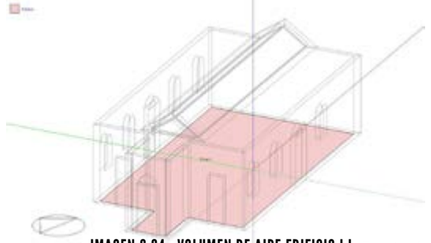


IMAGEN 6.64. VOLUMEN DE AIRE EDIFICIO I.L. Fuente: Autor

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL

CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	GROSOR	CONDUCTIVIDAD	VALOR R	VALOR U
PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)				
MADERA	0.13	0.05	2.77	0.36
HIERRO GALV.	0.02	72	0.15	7.12
DIVISIONES INTERNAS				
MADERA	0.1	0.05	2.77	0.36
CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
PISOS EXTERNOS O INTERNOS				
CONCRETO	0.2	0.16	0.89	1.12
CIELO RASO				
MADERA	0.02	0.12	0.43	2.29
COMPONENTES				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
HERMETICIDAD				
INFILTRACIÓN: 0 AC/H				

SITIO	
LATITUD (°)	9,47
LONGITUD (°)	-84,05
ALTITUD (MSNM)	1320
ZONA HORARIA	GMT-06:00
EXPOSICIÓN AL VIENTO	NORMAL
ORIENTACIÓN (°)	341
INFO. CLIMÁTICA HORARIA	LOMA LARGA, CORRALILLO

ACTIVIDADES	
ÁREAS OCUPADAS (M2)	175,17
DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M2)	0
TASA METABÓLICA (MET)	1
ARROPAMIENTO (CLO)	0,7
HORARIO DE OCUPACIÓN	0
EQUIPOS	0

4.3 ARCHIVO DE CLIMA (INTRODUCCIÓN DE DATOS)

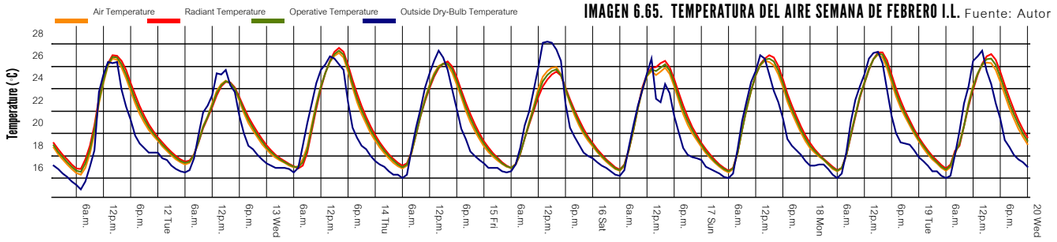


IMAGEN 6.65. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE FEBRERO I.L. Fuente: Autor

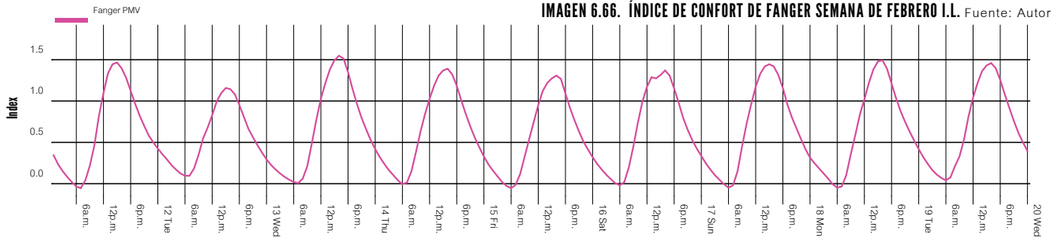


IMAGEN 6.66. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE FEBRERO I.L. Fuente: Autor

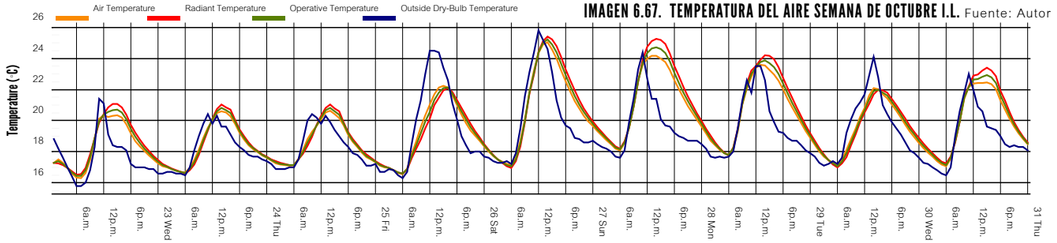


IMAGEN 6.67. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE OCTUBRE I.L. Fuente: Autor

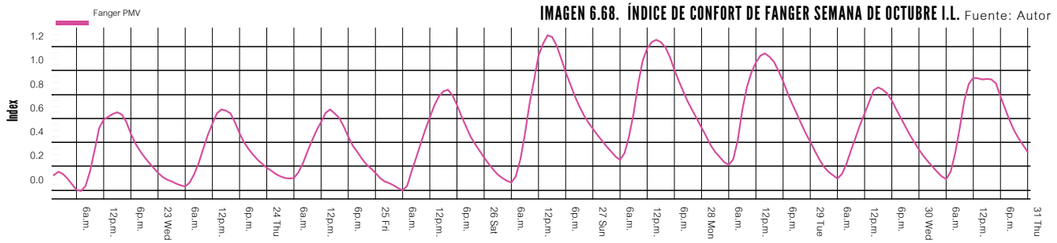


IMAGEN 6.68. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE OCTUBRE I.L. Fuente: Autor

4.4 SIMULACIÓN DE CALIBRACIÓN POR ZONA TÉRMICA (SEGÚN DIA TIPO)

En el caso de la iglesia de Loma Larga, se establecieron tres zonas térmicas principales:

ZT1- El cuerpo de la iglesia, en el cual se determinaron las aberturas existentes en las fachadas Norte y Sur, así como la puerta principal. Además, se indicaron los materiales y el grosor de las paredes, piso y cielo raso así como la superficie translúcida y el tipo de vidrio. En este caso no se incluyen los dos volúmenes frontales de la iglesia ya que no tienen comunicación con el cuerpo principal, por lo que el aire no fluye entre ellos.

ZT2- El volúmen de aire de la cubierta, en el cual se especificaron los materiales de la superficie exterior. No existen aberturas en la misma.

ZT3- La torre del campanario, en donde se establecen las aberturas y el vano que comunica el volúmen de aire de la iglesia con el de la torre.

Después de realizado el modelo por zonas térmicas, se toma la primera zona para efectuar simulaciones con el propósito de calibrar la conducta de la temperatura interna del edificio según las mediciones tomadas en sitio durante el mes de Febrero y Octubre. En la imagen 6.69 se puede observar el comportamiento generado a través de la simulación. En el mismo, se presenta la curva de conducta térmica exterior, la cual coincide con los datos de las mediciones prolongadas. Además, los promedios de temperatura interior simulados evidencian una tendencia similar al comportamiento observado en el sitio durante ambas épocas del año.

Cuando se tiene certeza de la calibración del modelo, se

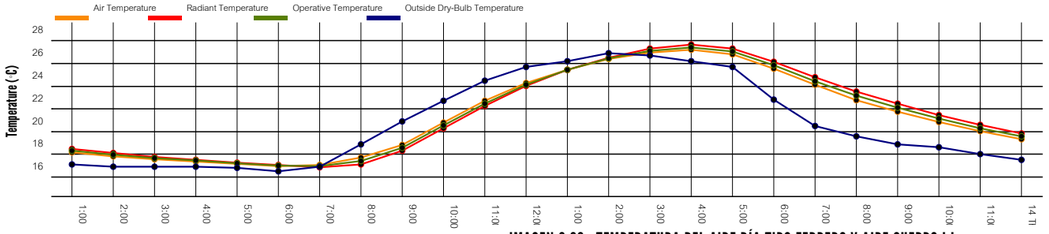


IMAGEN 6.69. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.L. Fuente: Autor

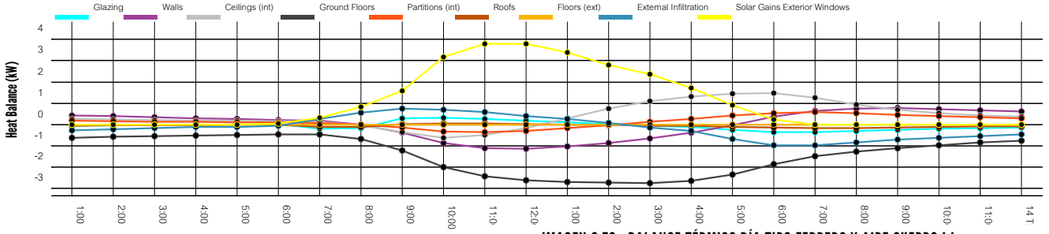


IMAGEN 6.70. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.L. Fuente: Autor

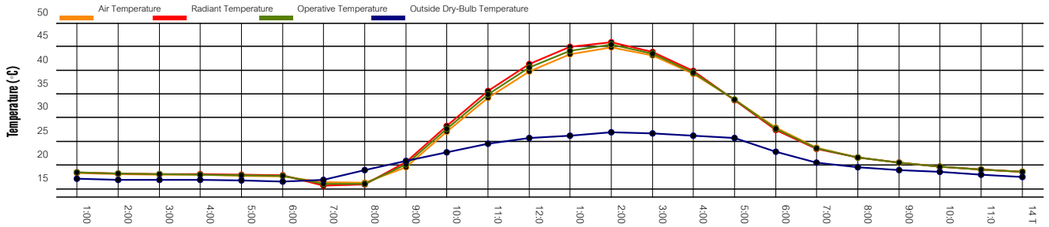


IMAGEN 6.71. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.L. Fuente: Autor

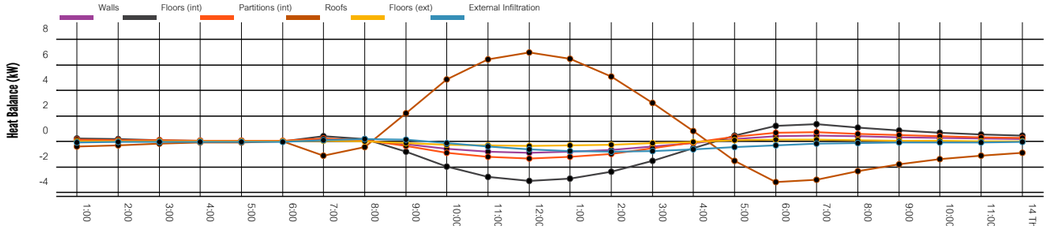


IMAGEN 6.72. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.L. Fuente: Autor

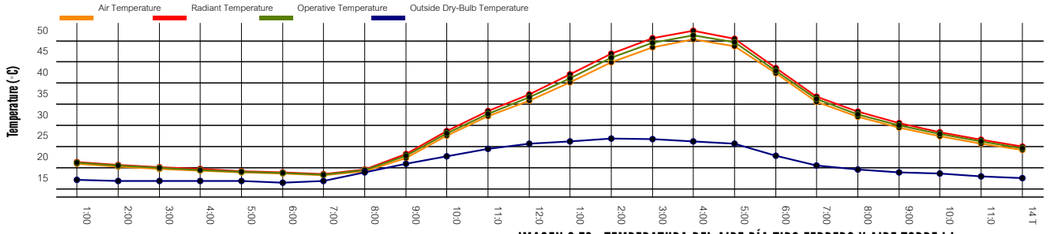


IMAGEN 6.73. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.L. Fuente: Autor

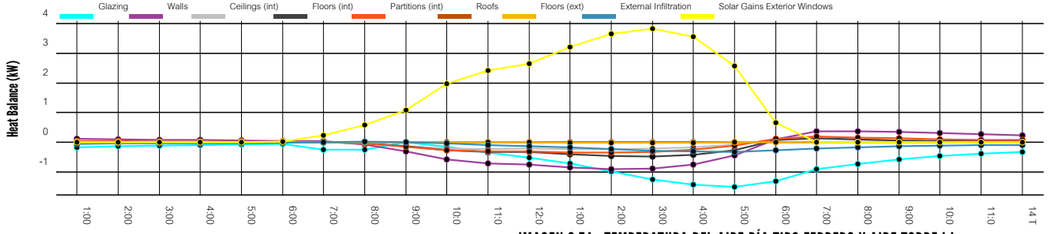


IMAGEN 6.74. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.L. Fuente: Autor

pueden generar gráficos del comportamiento térmico en las otras zonas existentes. Tanto en el caso del volumen de aire de la cubierta como de la torre, se muestran altos promedios de temperatura interna, incluso superiores a los existentes en el exterior. Además, al igual que Rosario, la mayor cantidad de ganancias térmicas del cuerpo del edificio se dan a través de las ventanas.

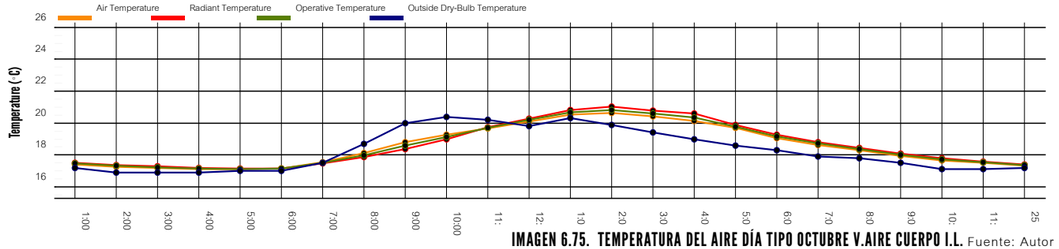


IMAGEN 6.75. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.L. Fuente: Autor

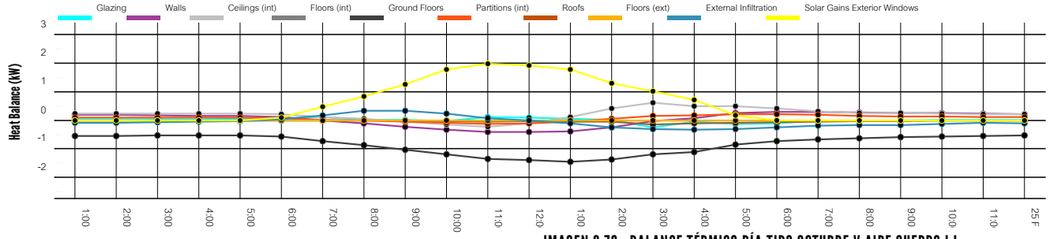


IMAGEN 6.76. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.L. Fuente: Autor

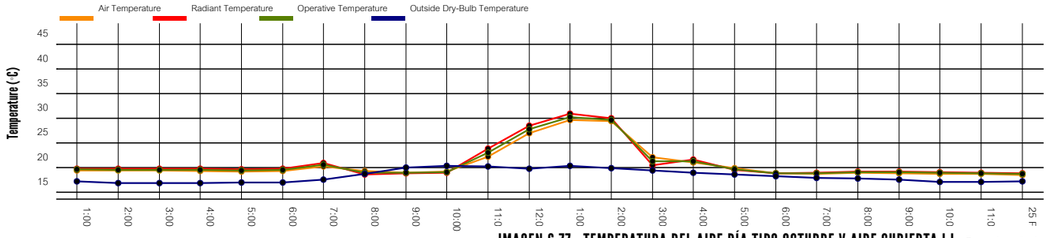


IMAGEN 6.77. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.L. Fuente: Autor

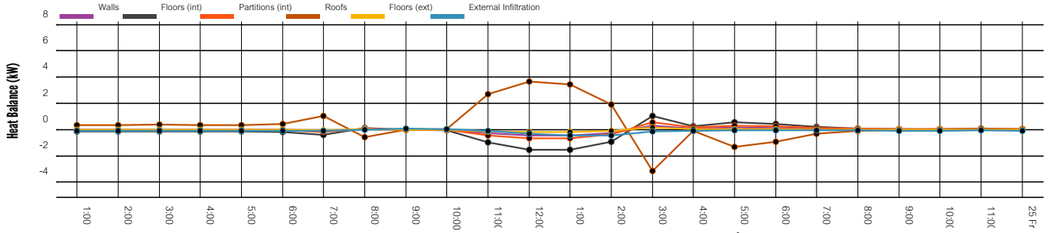


IMAGEN 6.78. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.L. Fuente: Autor

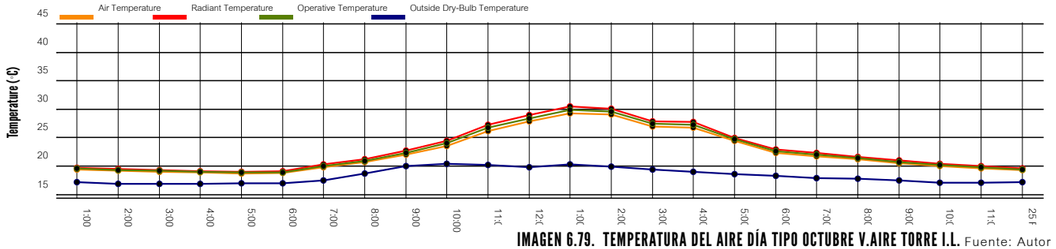


IMAGEN 6.79. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.L. Fuente: Autor

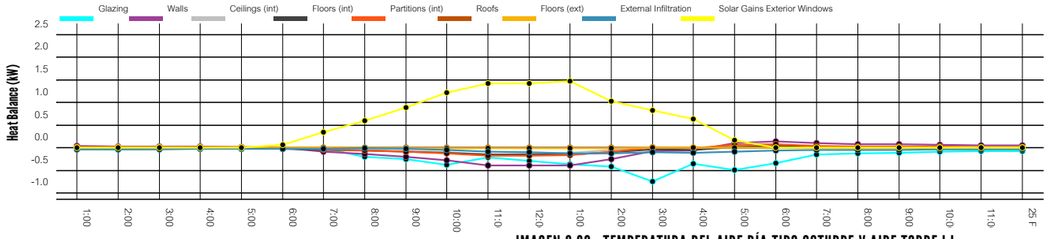


IMAGEN 6.80. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.L. Fuente: Autor

5.0 PROTOCOLO DE SIMULACION I. SAN ANTONIO

5.1 DEFINICIÓN DE ZONA TÉRMICAS

IMAGEN 6.81. VOLUMEN DE AIRE TOTAL I.A. Fuente: Autor

IMAGEN 6.82. VOLUMEN DE AIRE TORRE I.A. Fuente: Autor

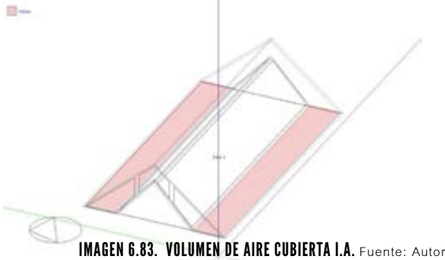


IMAGEN 6.83. VOLUMEN DE AIRE CUBIERTA I.A. Fuente: Autor

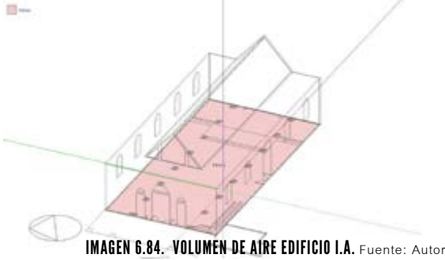


IMAGEN 6.84. VOLUMEN DE AIRE EDIFICIO I.A. Fuente: Autor

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL

CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	GROSOR	CONDUCTIVIDAD	VALOR R	VALOR U
PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)				
MADERA	0.13	0.05	2.77	0.36
HIERRO GALV.	0.02	72	0.15	7.12
DIVISIONES INTERNAS				
MADERA	0.1	0.05	2.77	0.36
CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
PISOS EXTERNOS O INTERNOS				
CONCRETO	0.2	0.16	0.89	1.12
CIELO RASO				
MADERA	0.02	0.12	0.43	2.29
COMPONENTES				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
HERMETICIDAD				
INFILTRACIÓN: 1.3 AC/H				

SITIO	
LATITUD (°)	9,57
LONGITUD (°)	-83,42
ALTITUD (MSNM)	1260
ZONA HORARIA	GMT-06:00
EXPOSICIÓN AL VIENTO	NORMAL
ORIENTACIÓN (°)	28
INFO. CLIMÁTICA HORARIA	SAN ANTONIO, TURRIALBA

ACTIVIDADES	
ÁREAS OCUPADAS (M2)	270,97
DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M2)	0
TASA METABÓLICA (MET)	1
ARROPAMIENTO (CLO)	0,7
HORARIO DE OCUPACIÓN	0
EQUIPOS	0

5.3 ARCHIVO DE CLIMA (INTRODUCCIÓN DE DATOS)

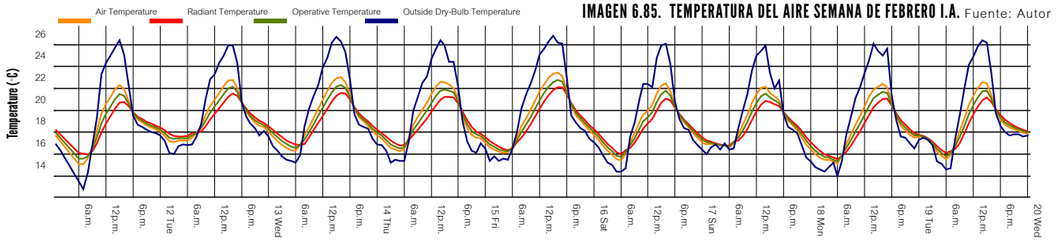


IMAGEN 6.85. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE FEBRERO I.A. Fuente: Autor

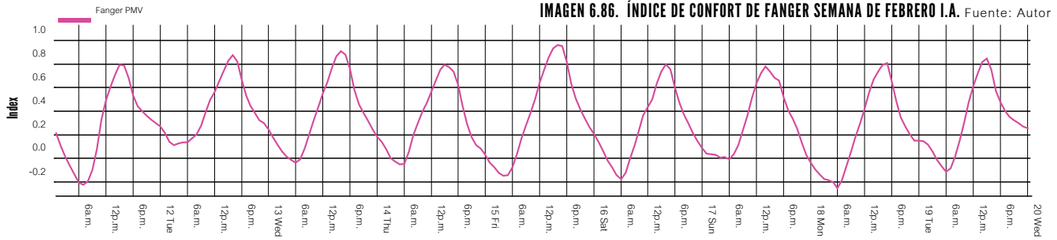


IMAGEN 6.86. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE FEBRERO I.A. Fuente: Autor

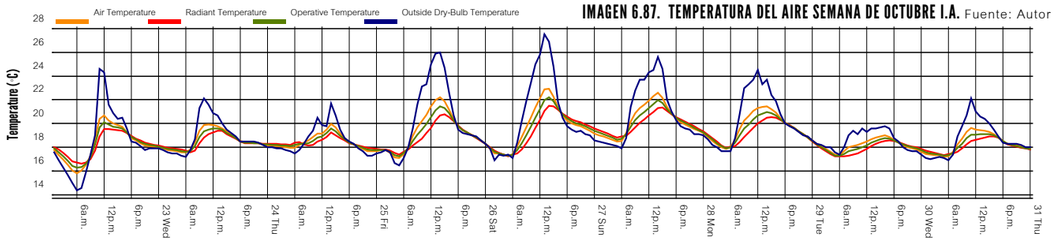


IMAGEN 6.87. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE OCTUBRE I.A. Fuente: Autor

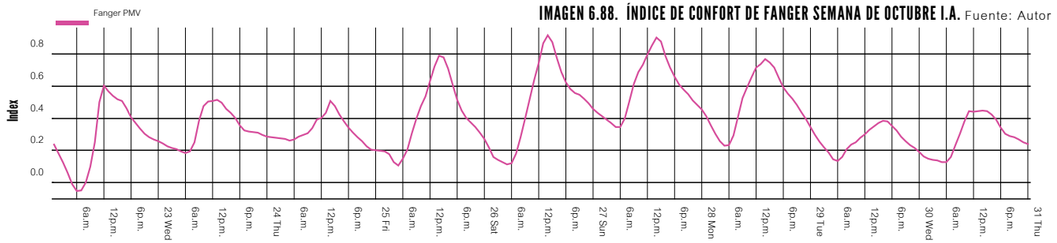


IMAGEN 6.88. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE OCTUBRE I.A. Fuente: Autor

5.4 SIMULACIÓN DE CALIBRACIÓN POR ZONA TÉRMICA (SEGÚN DIA TIPO)

Después de determinar la ubicación geográfica de la Iglesia de San Antonio y su orientación, se establecieron 3 zonas térmicas importantes para poder realizar el modelo de simulación:

ZT1- El cuerpo de la iglesia, en el cual se establecieron las aberturas existentes en las fachadas Este, Norte y Sur. Se indicaron los materiales y grosores de las paredes, piso y cielo raso así como el tipo de vidrio en las ventanas.

ZT2- El volúmen de aire que comprende la cubierta de la iglesia, en la cual se especificaron los materiales de la superficie exterior. No existen aberturas en la misma.

ZT3- La torre del campanario, en donde se establecen las ventanas y un vano que comunica el volúmen de aire de la iglesia con el de la torre.

En este caso se modela el pórtico principal como un componente, el cual va a afectar la zona principal generando cierta sombra sobre las fachadas, no obstante, no se define como una zona térmica específica.

Cuando el modelo se encuentra distribuido en zonas térmicas, se toma la primera zona para realizar las simulaciones de calibración. Debido a que se cuenta con datos tomados durante las mediciones prolongadas en Febrero y Octubre, se introduce un archivo con los valores de la temperatura y humedad exterior al modelo, con el fin de simular el comportamiento interior. Posteriromente, se realiza una comparación entre el comportamiento interior simulado y el monitoreado en la realidad. La imagen 6.89 muestra un gráfico de la simulación, en donde se puede observar que sí son muy similares ambas curvas de conducta térmica, por lo

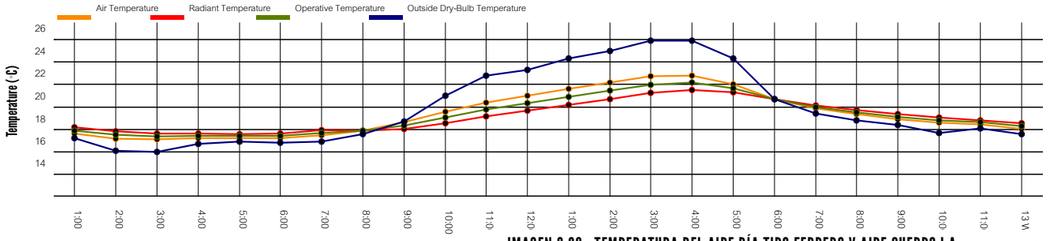


IMAGEN 6.89. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.A. Fuente: Autor

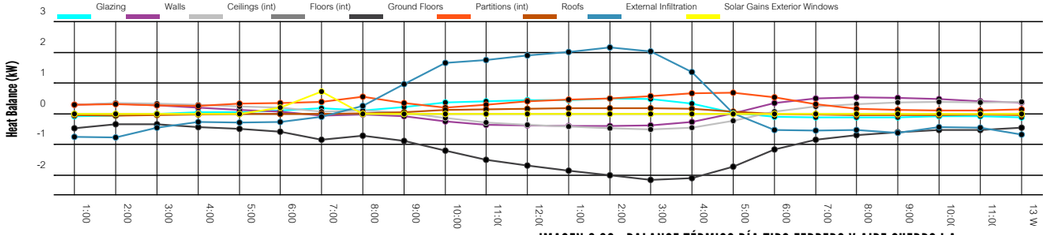


IMAGEN 6.90. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.A. Fuente: Autor

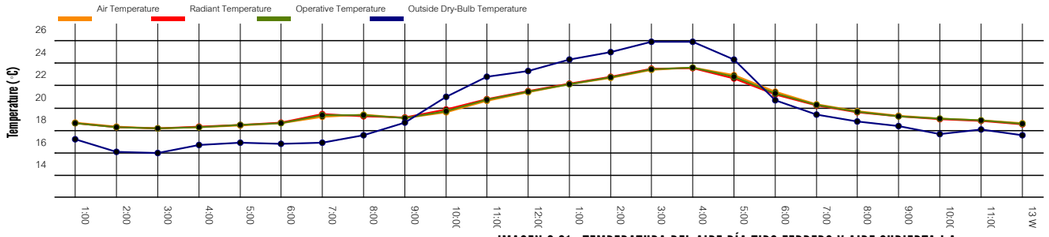


IMAGEN 6.91. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.A. Fuente: Autor

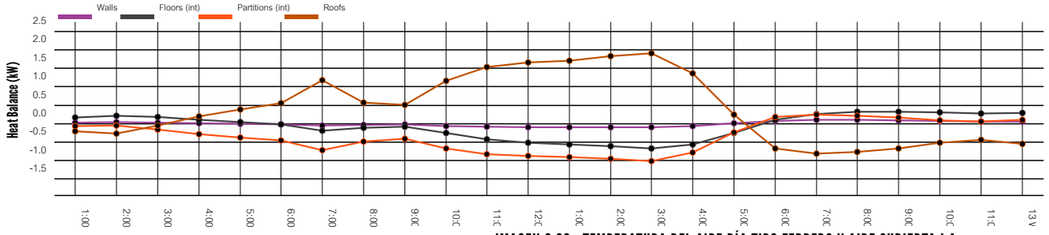


IMAGEN 6.92. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.A. Fuente: Autor

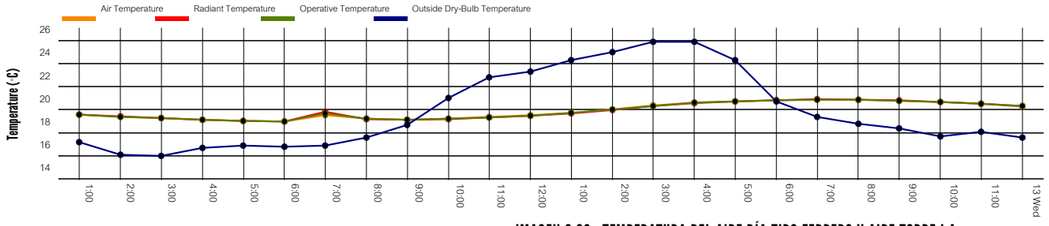


IMAGEN 6.93. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.A. Fuente: Autor

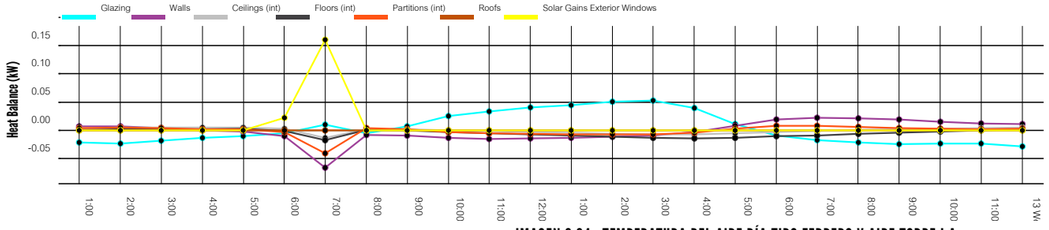


IMAGEN 6.94. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE TORRE I.A. Fuente: Autor

que el modelo está correctamente calibrado.

Una vez calibrado el modelo, se obtienen gráficos que describen el comportamiento de las otras zonas térmicas descritas previamente. En el caso particular de San Antonio, el volumen de la cubierta presenta temperaturas menores al clima exterior, a pesar de las ganancias térmicas que se obtienen a través del techo. Se concluye que este comportamiento responde a que la cantidad de volúmen de aire de la cubierta. En este caso, las ganancias térmicas obtenidas en el interior del edificio se deben mayormente a la infiltración de aire a través de las celosías que presenta.

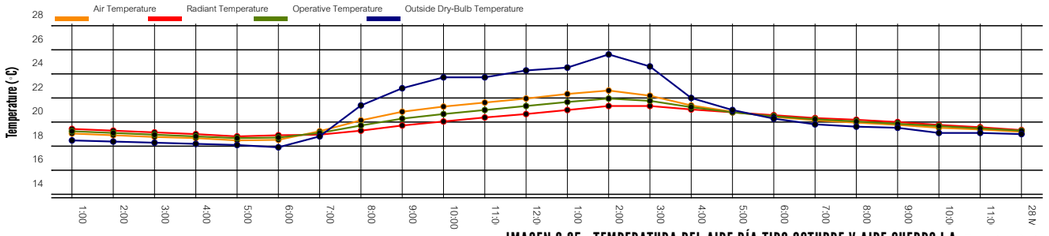


IMAGEN 6.95. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.A. Fuente: Autor

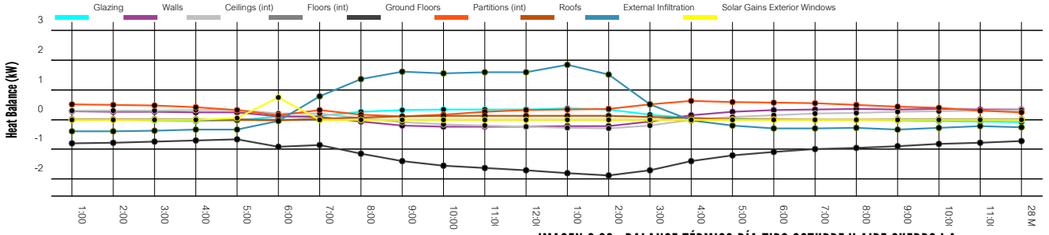


IMAGEN 6.96. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.A. Fuente: Autor

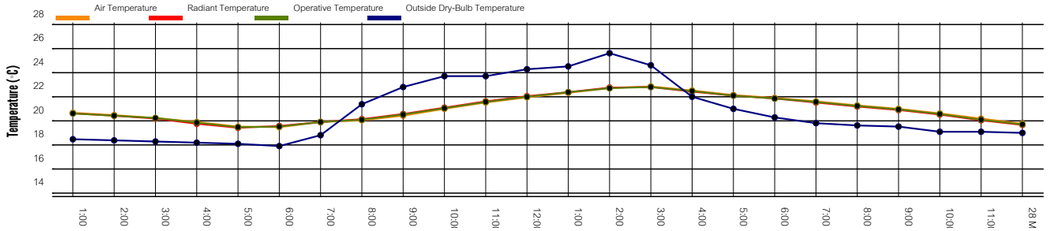


IMAGEN 6.97. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.A. Fuente: Autor

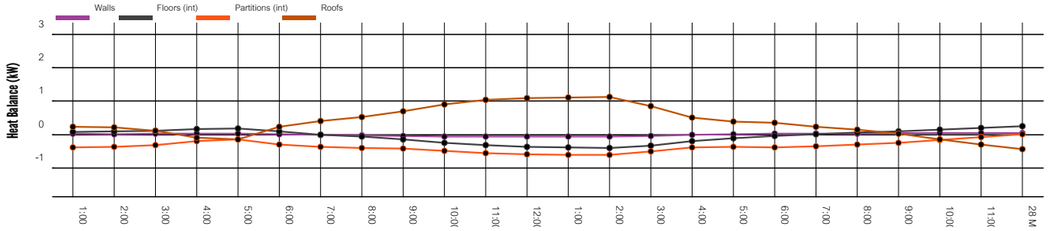


IMAGEN 6.98. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.A. Fuente: Autor

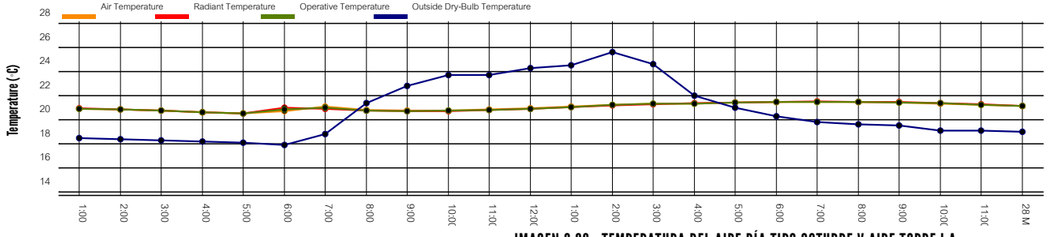


IMAGEN 6.99. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.A. Fuente: Autor

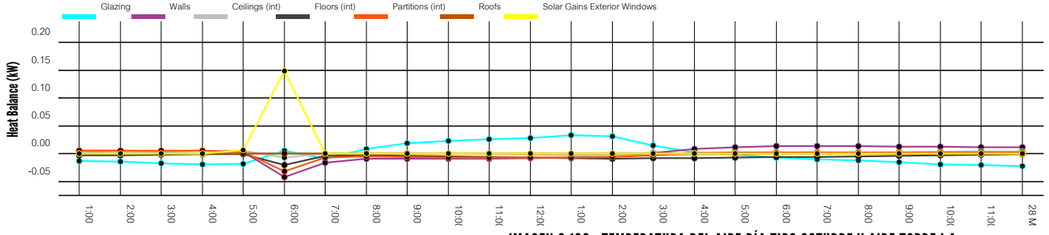


IMAGEN 6.100. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE TORRE I.A. Fuente: Autor

6.0 PROTOCOLO DE SIMULACIÓN I. LA PASTORA

6.1 DEFINICIÓN DE ZONA TÉRMICAS

IMAGEN 6.101. VOLUMEN DE AIRE TOTAL I.P. Fuente: Autor

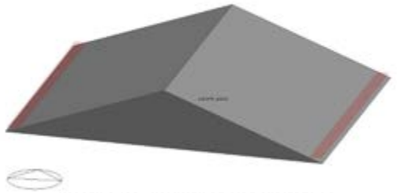


IMAGEN 6.102. VOLUMEN DE AIRE CUBIERTA I.P. Fuente: Autor

IMAGEN 6.103. VOLUMEN DE AIRE EDIFICIO I.P. Fuente: Autor

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL

CONSTRUCCIÓN				
MATERIAL	GROSOR	CONDUCTIVIDAD	VALOR R	VALOR U
PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)				
MADERA	0.13	0.05	2.77	0.36
HIERRO GALV.	0.02	72	0.15	7.12
DIVISIONES INTERNAS				
MADERA	0.1	0.05	2.77	0.36
CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
PISOS EXTERNOS O INTERNOS				
CONCRETO	0.2	0.16	0.89	1.12
CIELO RASO				
MADERA	0.02	0.12	0.43	2.29
COMPONENTES				
METAL-ZINC	0.02	113	0.14	7.12
HERMETICIDAD				
INFILTRACIÓN: 1.3 AC/H				

SITIO	
LATITUD (°)	9,57
LONGITUD (°)	-83,45
ALTITUD (MSNM)	1475
ZONA HORARIA	GMT-06:00
EXPOSICIÓN AL VIENTO	NORMAL
ORIENTACIÓN (°)	98
INFO. CLIMÁTICA HORARIA	LA PASTORA, TURRIALBA

ACTIVIDADES	
ÁREAS OCUPADAS (M2)	270,97
DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M2)	0
TASA METABÓLICA (MET)	1
ARROPAMIENTO (CLO)	0,7
HORARIO DE OCUPACIÓN	0
EQUIPOS	0

6.3 ARCHIVO DE CLIMA (INTRODUCCIÓN DE DATOS)

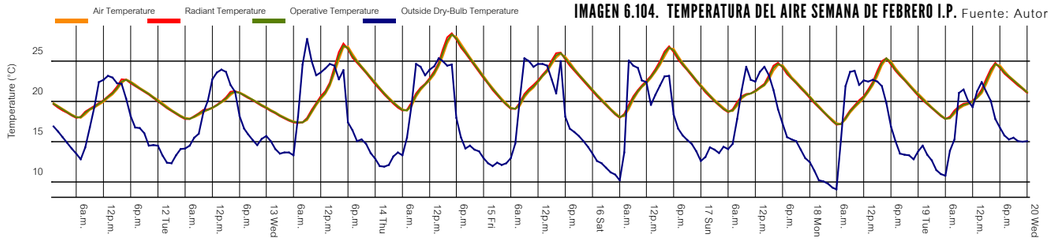


IMAGEN 6.104. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE FEBRERO I.P. Fuente: Autor

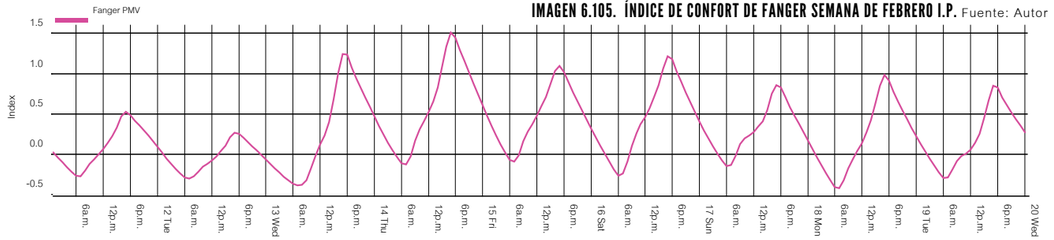


IMAGEN 6.105. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE FEBRERO I.P. Fuente: Autor

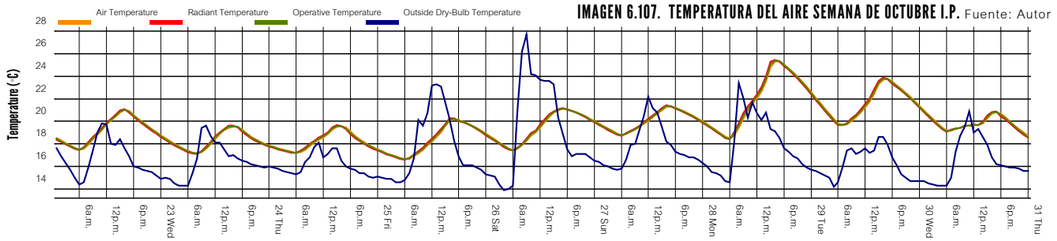


IMAGEN 6.107. TEMPERATURA DEL AIRE SEMANA DE OCTUBRE I.P. Fuente: Autor

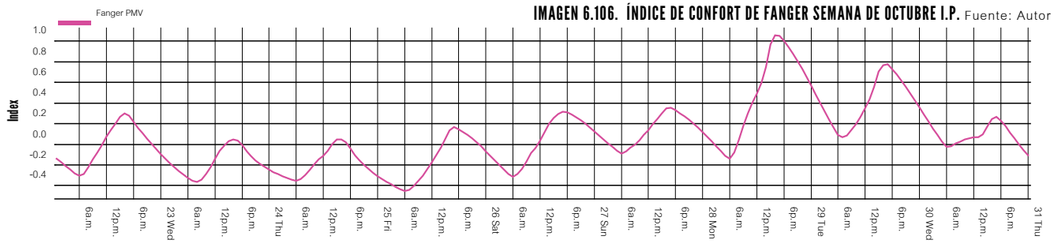


IMAGEN 6.106. ÍNDICE DE CONFORT DE FANGER SEMANA DE OCTUBRE I.P. Fuente: Autor

6.4 SIMULACIÓN DE CALIBRACIÓN POR ZONA TÉRMICA (SEGÚN DIA TIPO)

Después de establecida la ubicación geográfica y la orientación de la edificación, la Iglesia de La Pastora se dividió en dos zonas térmicas para su calibración:

ZT-1: el cuerpo de la iglesia, en donde se indican la superficie translúcida en las fachadas Sur, Este y Oeste así como las puertas. En esta zona se indica el material de las paredes, pisos, cielo raso, cubierta, así como el tipo de vidrio en las ventanas.

ZT2- Cubierta de la parte posterior de la iglesia, indicando el material del techo. La misma no presenta aberturas.

En este caso particular es importante señalar que no existe como tal un volumen de aire de la cubierta, ya que el cielo raso se encuentra unido a la pendiente del techo y no hay masa de aire dividiéndolos.

Para la calibración del modelo se utilizaron los datos exteriores tomados durante las mediciones prolongadas de Febrero y Octubre, con los cuales se genero un archivo para introducir los valores al modelo. De esta manera, se realizaron simulaciones en ambas épocas del año sobre la zona térmica 1, generando un comportamiento térmico interior que se muestra en la imagen X. Si se realiza una comparación entre el comportamiento interno simulado y la curva térmica descrita en los gráficos de las mediciones prolongadas, se observa una conducta muy homogénea. De esta manera, queda correctamente calibrado el modelo. En el caso de la iglesia de La Pastora, la mayor cantidad de ganancias térmicas en el cuerpo de la iglesia se dan a través de la cubierta y las superficies translúcidas.

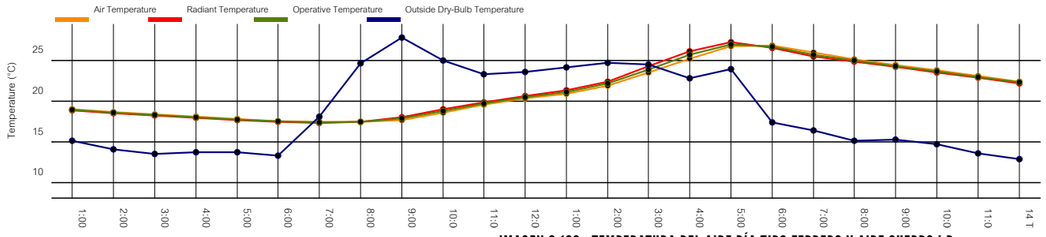


IMAGEN 6.108. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P. Fuente: Autor

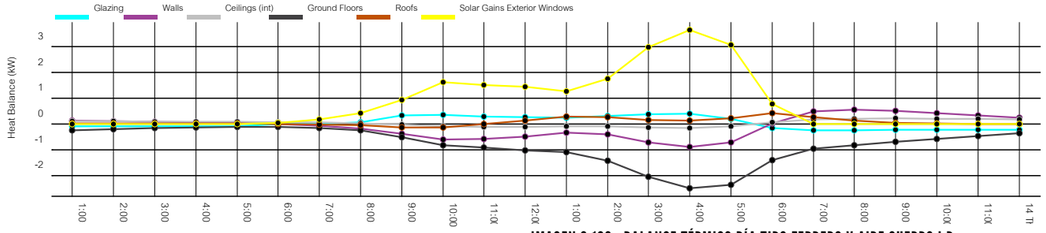


IMAGEN 6.109. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P. Fuente: Autor

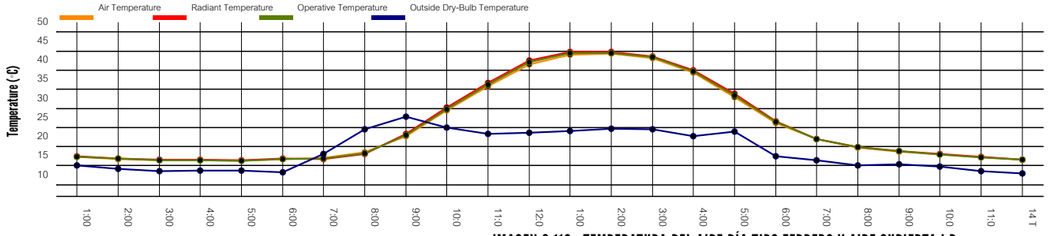


IMAGEN 6.110. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.P. Fuente: Autor

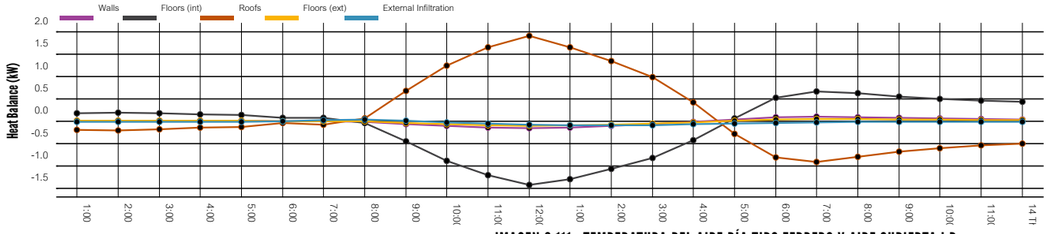


IMAGEN 6.111. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.P. Fuente: Autor

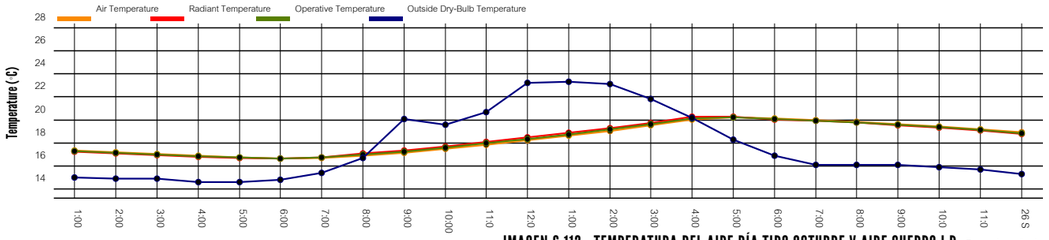


IMAGEN 6.112. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.P. Fuente: Autor

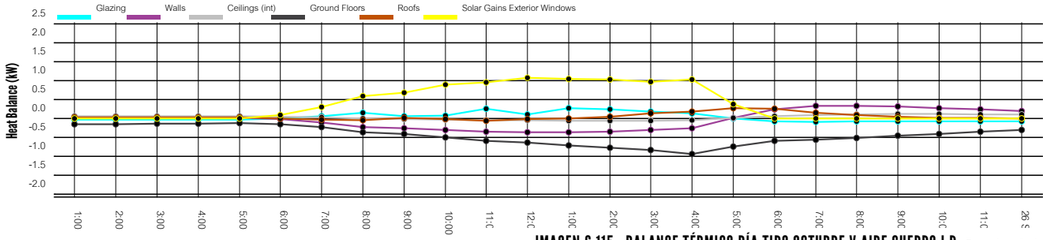


IMAGEN 6.115. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.P. Fuente: Autor

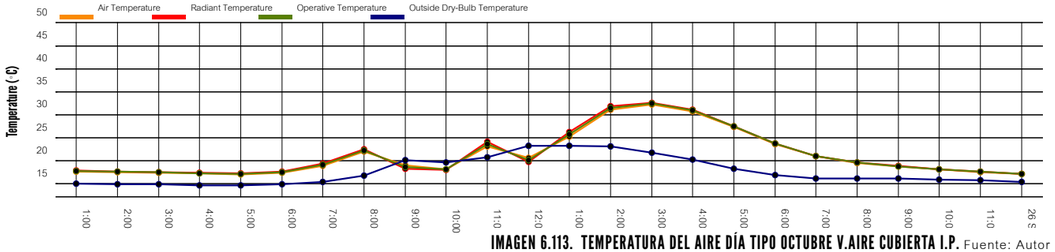


IMAGEN 6.113. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.P. Fuente: Autor

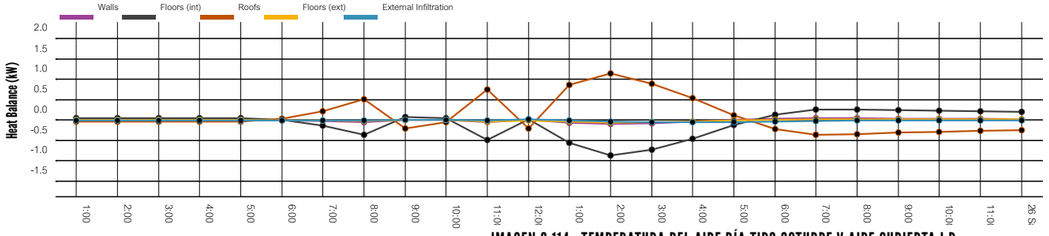


IMAGEN 6.114. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUBIERTA I.P. Fuente: Autor

7.0 VARIABLES A MODIFICAR SEGÚN COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DEL EDIFICIO

PROTOCOLO DE SIMULACIÓN

i.G i.S
i.R i.L
i.A i.P

1. Identificación de zonas térmicas en la edificación. (Volumen de aire)
2. Descripción de las características del estado inicial.
3. Introducción de datos climáticos (Archivo de clima).
4. Simulación de calibración por zona térmica (dia tipo)

+

CONCLUSIÓN DIAGNÓSTICO

Z1

Z2

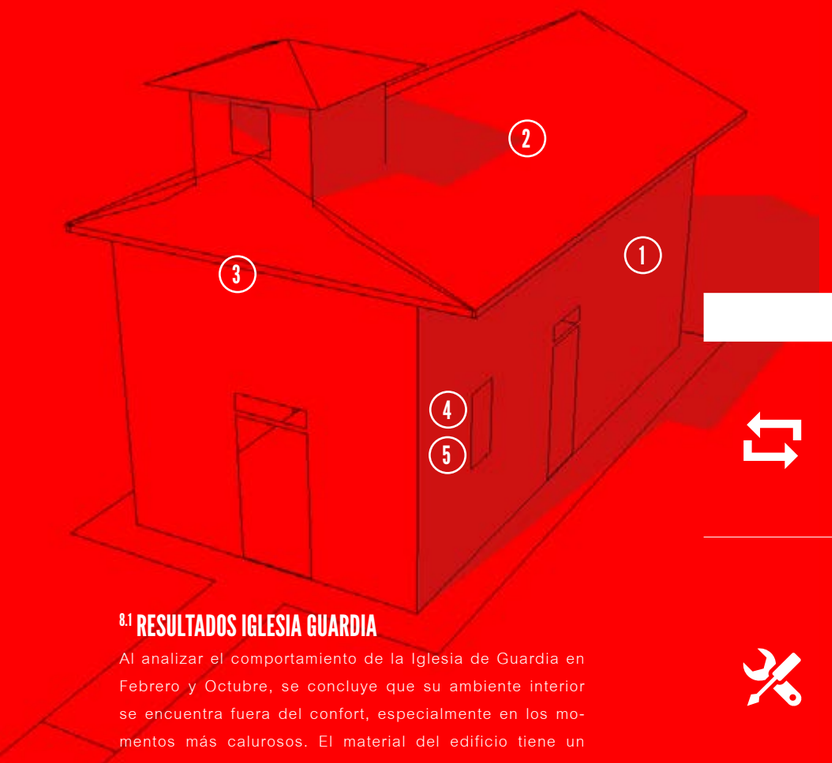
Z3

=

VARIABLES A MODIFICAR

1. VENTILACIÓN
2. MATERIALES
3. EXPOSICIÓN SOLAR

8.0 RESULTADOS DE COMPORTAMIENTO Y READAPTACIÓN



8.1 RESULTADOS IGLESIA GUARDIA

Al analizar el comportamiento de la Iglesia de Guardia en Febrero y Octubre, se concluye que su ambiente interior se encuentra fuera del confort, especialmente en los momentos más calurosos. El material del edificio tiene un buen comportamiento, no obstante se necesita aumentar el grosor de la pared y emplear aislamiento para mejorar su capacidad térmica. A su vez, es necesario evitar las ganancias térmicas a través de la cubierta,por lo que debe aislarse y separarse del cielo raso. En este caso no existe superficie translúcida. Se adjunta un gráfico que muestra como mejora el índice de confort y la temperatura interna después de realizadas las modifiaciones.

MODIFICACIONES

No se recomienda ventilar la edificación en el día ya que aumenta la temperatura interna.

Ventilación nocturna para eliminar el calor acumulado.

Eliminar la infiltración de aire.

1. Aumentar el grosor de las paredes e implementar aislamiento térmico. En la simulación se utiliza lana de fibra mineral.

2. Mantener y si es posible aumentar la cámara de aire en la cubierta y utilizar aislamiento térmico.

3. Separar la techumbre del cielo raso mediante una camara de aire ventilada.

4. Aberturas pequeñas y localizadas en la parte superior de las paredes Norte y Sur.

5. Elementos de sombra para todas las superficies translúcidas o aberturas. Deben funcionar todo el año.

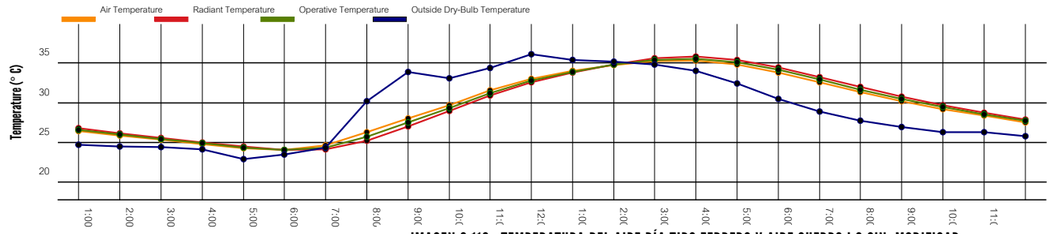


IMAGEN 6.116. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

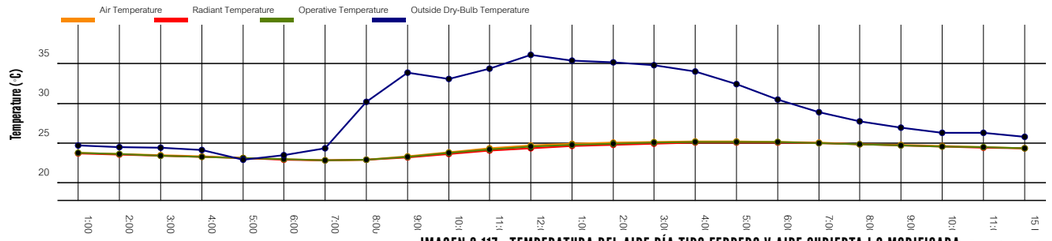


IMAGEN 6.117. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.G MODIFICADA. Fuente: Autor

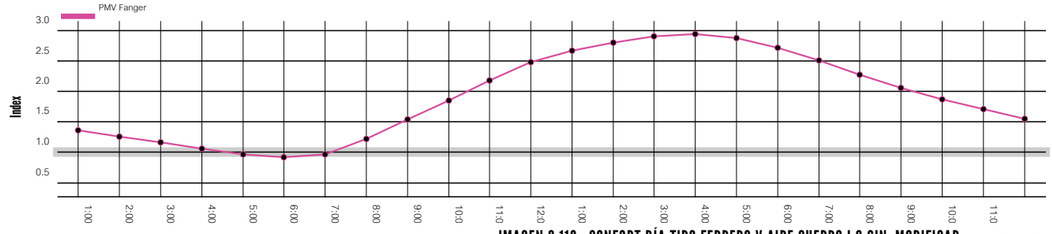


IMAGEN 6.118. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

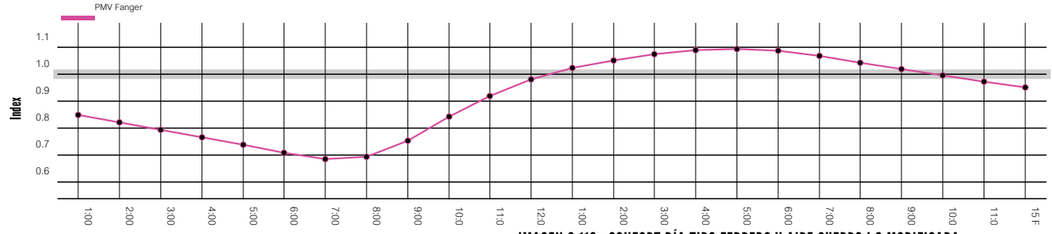
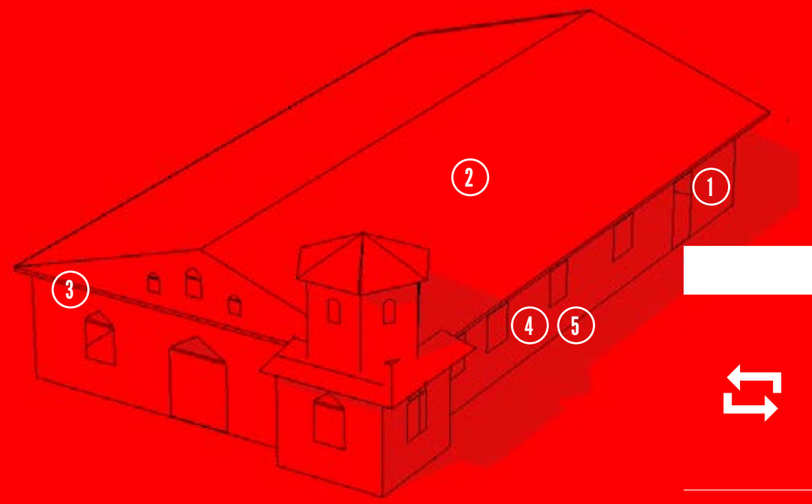


IMAGEN 6.119. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G MODIFICADA. Fuente: Autor



8.2 RESULTADOS IGLESIA RÍO SECO

Al analizar el comportamiento de la edificación, se concluye que ésta se encuentra fuera del confort en el día y la noche durante los meses más calientes. A pesar de que la madera amortigua el efecto de la radiación al interior, es necesario aumentar el grosor de la envolvente, incluyendo un material de aislamiento. Además, en este caso es necesario disminuir la superficie translúcida debido a las ganancias térmicas; aquella que se conserve, debe mantenerse bajo sombra todo el año. La cubierta debe de aislarse y separarse del cielo raso. Es importante tener aberturas que se puedan controlar, para utilizarlas solo en la noche o cuando hay muchas personas en el interior.

i.S

MODIFICACIONES

No se recomienda ventilar la edificación en el día ya que aumenta la temperatura interna.

Ventilación nocturna para eliminar el calor acumulado.

Eliminar la infiltración de aire.

1. Aumentar el grosor de las paredes e implementar aislamiento térmico. En la simulación se utiliza lana de fibra mineral.

2. Mantener y si es posible aumentar la cámara de aire en la cubierta e implementar aislamiento térmico.

3. Separar la techumbre del cielo raso mediante una camara de aire ventilada.

4. Disminuir la superficie translúcida. Aberturas pequeñas y localizadas en la parte superior de las paredes Norte y Sur.

5. Elementos de sombra para todas las aberturas. Deben funcionar todo el año.

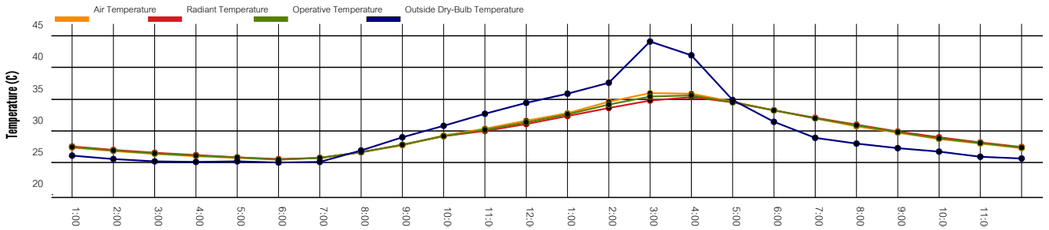


IMAGEN 6.120. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.S SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

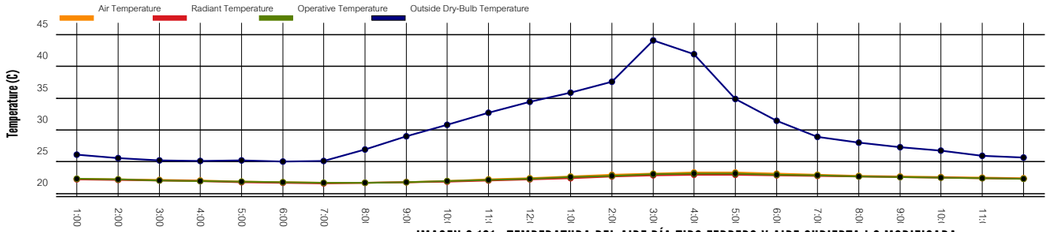


IMAGEN 6.121. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.S MODIFICADA. Fuente: Autor

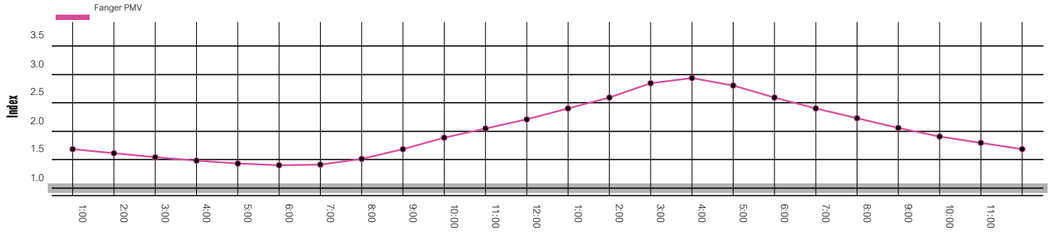


IMAGEN 6.122. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.S SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

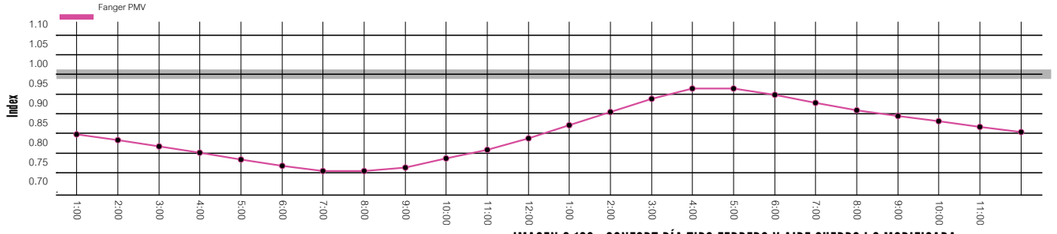


IMAGEN 6.123. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.S MODIFICADA. Fuente: Autor

8.3 RESULTADOS IGLESIA ROSARIO

Después de analizar el comportamiento de la iglesia de Rosario, se concluye que es necesario aumentar la temperatura en el interior, sobretodo en los meses más fríos. La envolvente permite absorber el calor, sin embargo su baja inercia térmica deja ir el calor también. Por esta razón, es necesario captar la radiación en el interior aumentando la superficie transparente (vidrio). A su vez, se propone implementar la ventilación natural durante la mañana ya que de esta manera se absorbe el calor del aire exterior. Es importante señalar que las aberturas de la torre permiten que salga el aire muy caliente. Además, se debe diseñar protección solar en las ventanas para los meses calientes.

i.R

MODIFICACIONES

1. Implementar la ventilación natural en los meses fríos, con un horario de 8 am a 1 pm. Mantener equilibrio de entrada y salida de aire . De 20 a 25 ac/h.

2. Conservar la ventilación de la torre,sin embargo implementar un sistema que se pueda cerrar en la noche.

3.Utilizar aislamiento térmico en la cubierta.
Aumentar el arropamiento de los usuarios a 1 clo durante el invierno para mejorar la sensación de confort.

4. Generar mayor exposición solar mediante el aumento de la superficie translúcida a un 25% del área de fachada en los costados Norte y Sur.

5. Utilizar elementos de protección solar que funcionen en las épocas que aumentan las temperaturas internas (Febrero) pero que permitan la radiación en los meses fríos (Octubre).

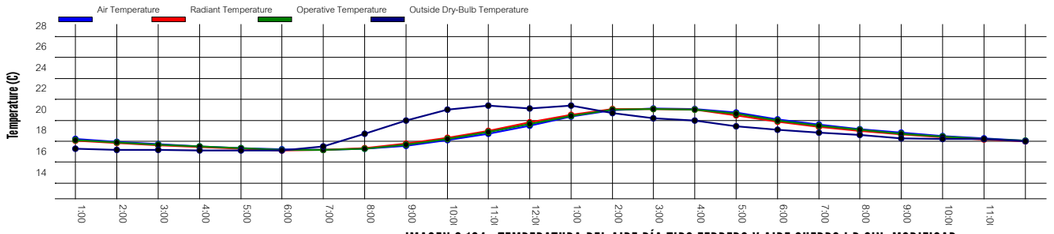


IMAGEN 6.124. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.R SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

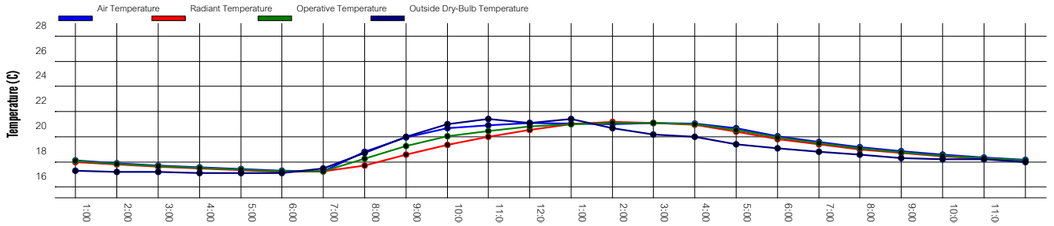


IMAGEN 6.125. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.R MODIFICADA. Fuente: Autor

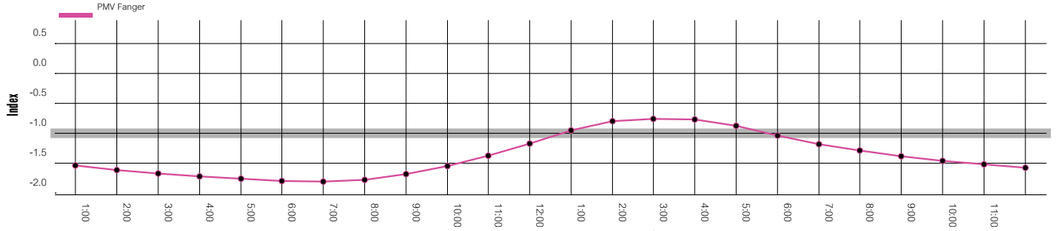


IMAGEN 6.126. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.R SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

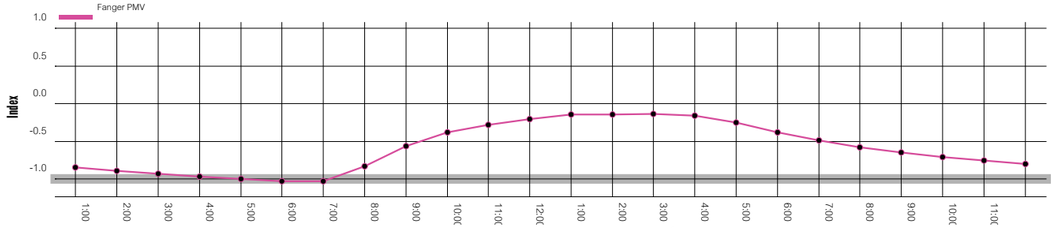
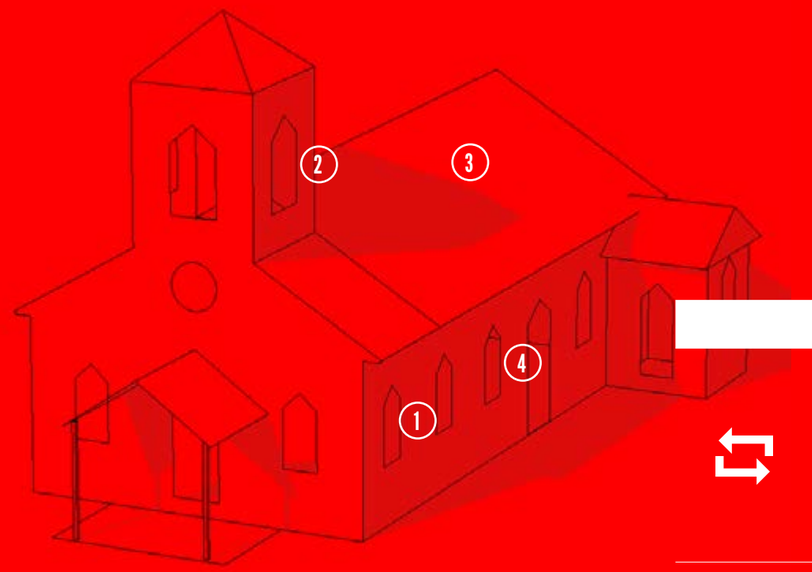


IMAGEN 6.127. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.R MODIFICADA. Fuente: Autor



8.4 RESULTADOS IGLESIA LOMA LARGA

En este caso particular, el elemento principal que requiere modificarse para aumentar el confort en el ambiente interno es la torre del campanario. Debido a que las superficies de vidrio son grandes y no tienen ninguna salida de aire, el interior se calienta demasiado, por lo que es necesario generar aberturas para ventilar y disminuir la superficie translúcida en este volúmen. En el caso del cuerpo de la iglesia, las modificaciones a realizar son las mismas que se implementaron en la iglesia de Rosario, a excepción del aumento en la superficie translúcida, ya que esta iglesia ya cuenta con una mayor exposición que la anterior.

MODIFICACIONES

1. Implementar la ventilación natural en los meses fríos, con un horario de 8 am a 1 pm. Mantener equilibrio de entrada y salida de aire . De 20 a 25 ac/h.

2. Realizar aberturas que permitan la ventilación de la torre durante las mañanas.

3.Utilizar aislamiento térmico en la cubierta.
Aumentar el arropamiento de los usuarios a 1 clo durante el invierno para mejorar la sensación de confort.

4. Utilizar elementos de protección solar que funcionen en las épocas que aumentan las temperaturas internas (Febrero) pero que permitan la radiación en los meses fríos (Octubre).

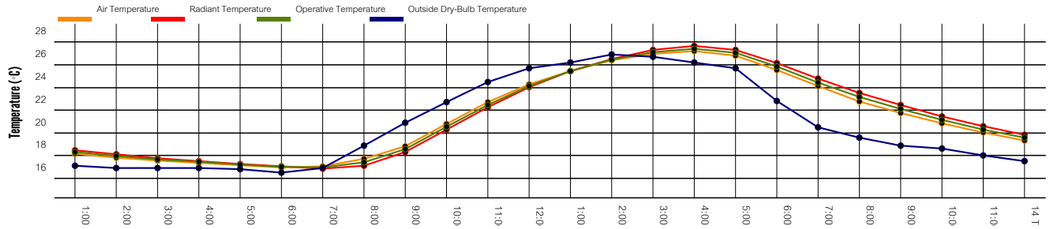


IMAGEN 6.128. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.L SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

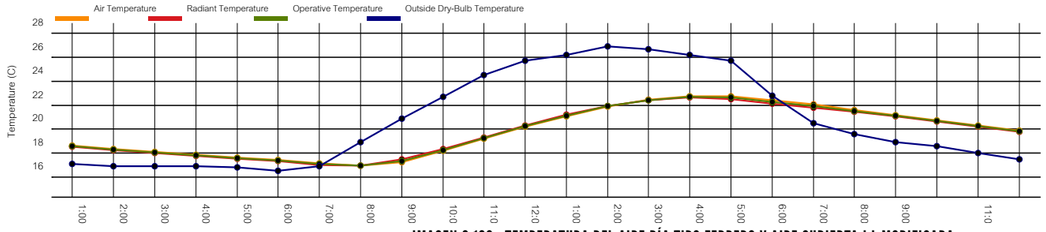


IMAGEN 6.129. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.L MODIFICADA. Fuente: Autor

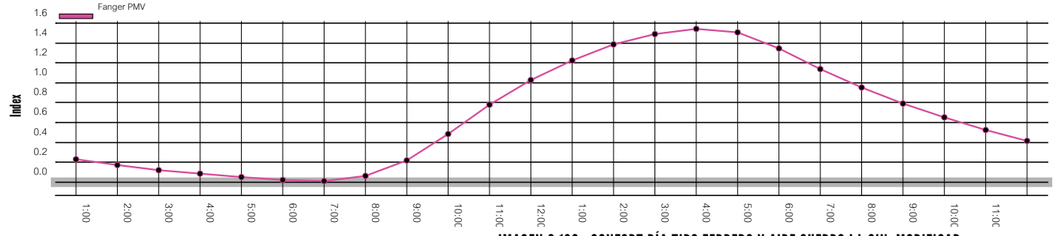


IMAGEN 6.130. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.L SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

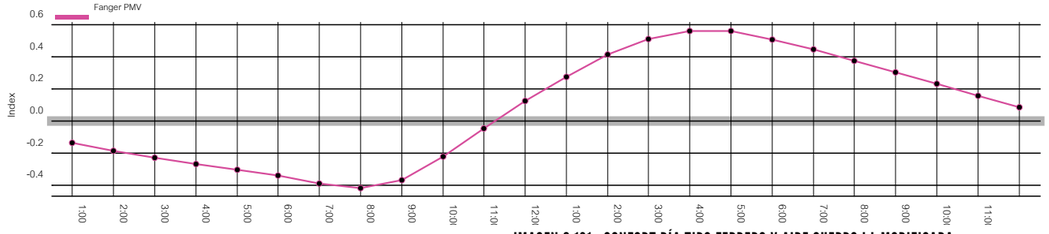


IMAGEN 6.131. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.L MODIFICADA. Fuente: Autor

8.5 RESULTADOS IGLESIA SAN ANTONIO

La Iglesia de San Antonio tiene el mejor comportamiento de los seis casos de estudio en términos de confort interno. En este caso, no es necesario hacer adaptaciones ya que en ambas épocas críticas la iglesia se mantiene en un rango que va de -0.5 a 0.5 en el índice de Fanger. La razón principal de que su comportamiento térmico sea así, es que presenta un gran volúmen de aire de cubierta, en donde las temperaturas de la misma nunca registran niveles mayores a los exteriores. Además, el volúmen de aire de la iglesia también es bastante grande, por lo que en conjunto con el funcionamiento de la envolvente, difícilmente llegue a calentarse o enfriarse demasiado.

i.A

NO EXISTEN MODIFICACIONES

La iglesia cuenta con un porcentaje de ventilación mediante celosías, que permite controlar los momentos en que se desea ventilar o más bien elminiar el aire en el interior. Esto es un factor que beneficia el confort espacial. Además, su orientación permite un fácil acceso al flujo de aire.

El material de las paredes funciona correctamente ya que mantiene el ambiente interior más confortable que el exterior a través del día y la noche.

Es importante señalar que el pórtico de acceso funciona para evitar la radiación en una de las fachadas con mayor incidencia.

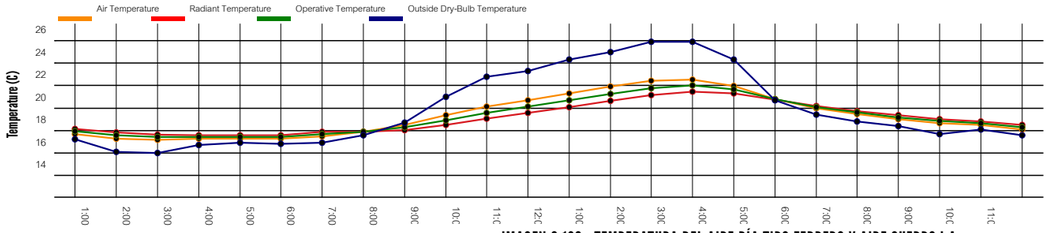


IMAGEN 6.132. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.A. Fuente: Autor

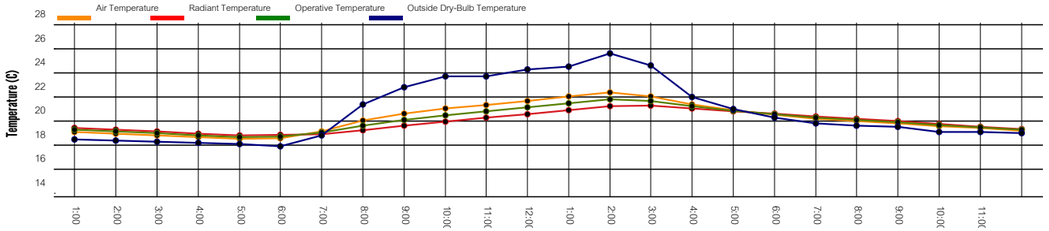


IMAGEN 6.133. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.A. MODIFICADA Fuente: Autor

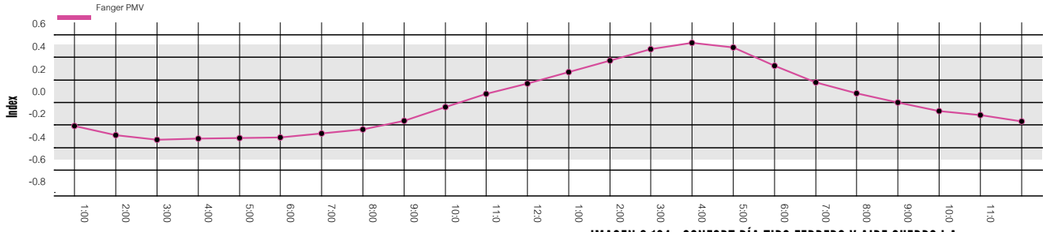


IMAGEN 6.134. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.A. Fuente: Autor

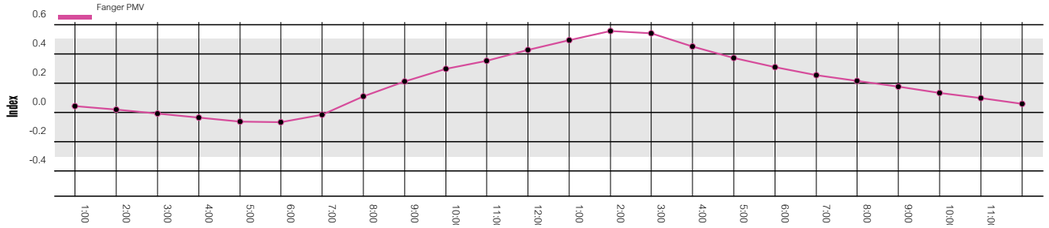
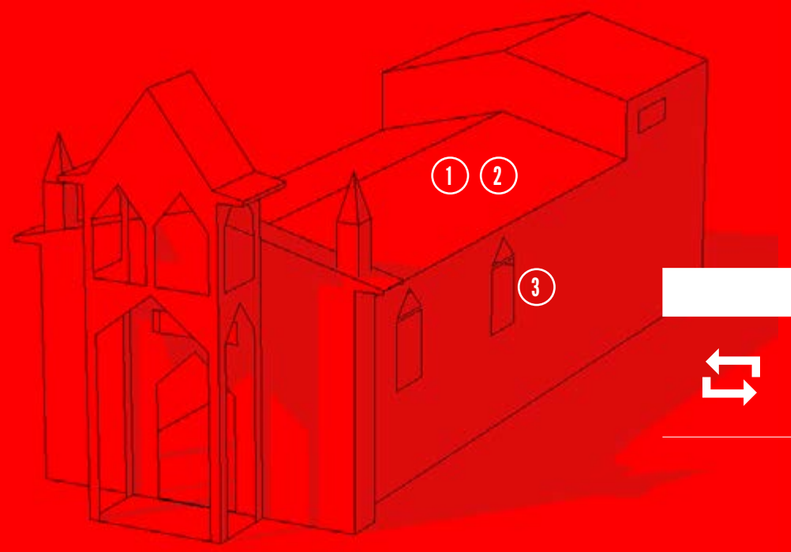


IMAGEN 6.135. CONFORT DÍA TIPO OCTUBRE V.AIRE CUERPO I.A. MODIFICADA. Fuente: Autor



8.6 RESULTADOS IGLESIA LA PASTORA

Después de analizar el comportamiento térmico de la iglesia de La Pastora, se determinó que es necesario captar el calor por medio de superficies translúcidas. Debido a que la cubierta recibe gran cantidad de radiación y en el caso particular de esta edificación no existe cámara de aire entre el techo y la iglesia, se propone generar la superficie translúcida en la parte superior. Es necesario que el mecanismo pueda taparse mediante una persiana, en caso de mucho calor en los meses de mayor temperatura registrada. Su orientación longitudinal beneficia la ganancia de calor por medio de las fachadas este y oeste.

i.P

MODIFICACIONES

En este caso no se implementa ventilación natural para mejorar el ambiente interno, debido a que las temperaturas exteriores son bajas.

1- Se propone generar una superficie translúcida en la cubierta para poder captar la radiación superior. Se recomienda que la misma no sea muy grande, de un 2% de la superficie total de cubierta.
En los meses de temperaturas bajas se aumentó el arropamiento a 1 clo.

2- Es necesario instalar una persiana que se pueda cerrar en los meses de mayor temperatura.

3- Debido a la orientación de la iglesia, es necesario generar elmentos de protección solar en las ventanas, que funcionen en los momentos de calor excesivo, sin embargo dejen captar la radiación en los meses de menor temperatura.

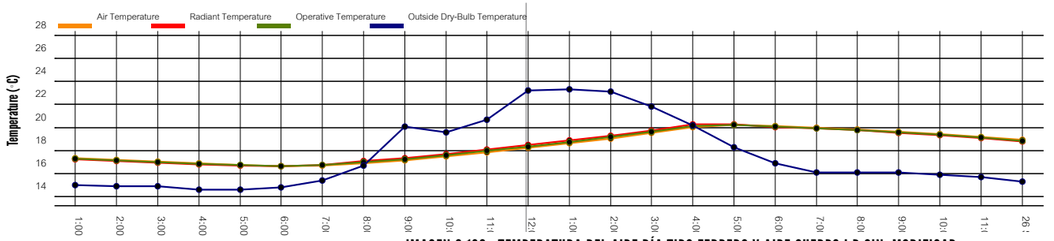


IMAGEN 6.136. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

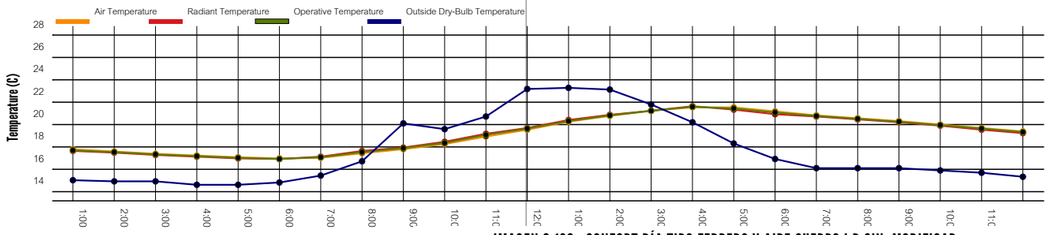


IMAGEN 6.139. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

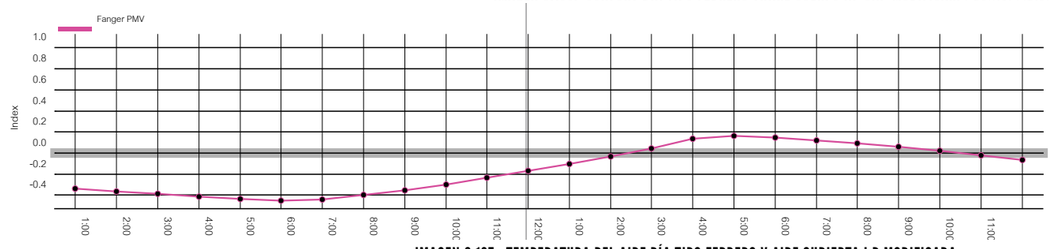


IMAGEN 6.137. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.P MODIFICADA. Fuente: Autor

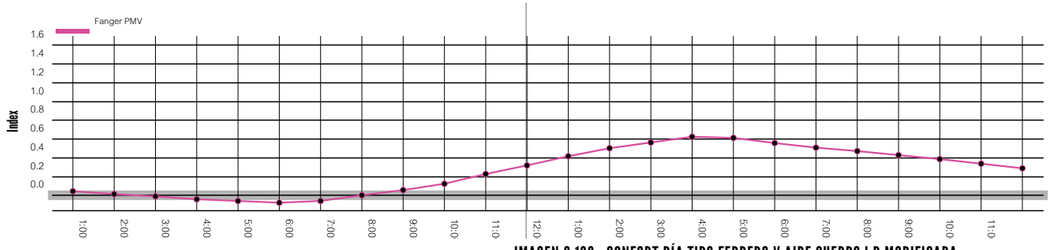


IMAGEN 6.138. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P MODIFICADA. Fuente: Autor

9.0 ESCENARIO EDIFICACIÓN + PERSONAS

Con el propósito de crear un escenario tomando en cuenta una variable más en el funcionamiento de una edificación, se estudió el comportamiento de la Iglesia de Guardia con personas en su interior. En esta simulación, no se estableció un horario definido de ocupación, sino que se encuentra en uso todo el día. En el modelo se indicó la cantidad de personas establecida en la capacidad de ocupación de la edificación. De esta manera, se observa que los usuarios se convierten en un elemento más que genera ganancias térmicas en el interior del edificio, elevando los niveles de temperatura del aire interior y el disconfort. En este caso, el hecho de tener una cantidad considerable de personas en la iglesia hace que sea necesario implementar algún tipo de adaptación extra, ya que, a pesar de todas las modificaciones realizadas anteriormente, el índice de confort sigue elevado. Por esta razón, se implementan sistemas de ventilación natural para extraer el aire caliente que generan las personas del interior. Según las imágenes X,Y,Z, se observa como esta estrategia logra mejorar los niveles de confort, aún cuando permanecen elevados.

Este tipo de estudios funciona para poder establecer cuál es el momento más apto para utilizar las edificaciones. En el caso de esta iglesia, el servicio religioso debería de realizarse en la noche, cuando es posible ventilar y que el ambiente se mantenga fresco. En caso de que el uso del edificio sea otro, como por ejemplo una oficina, sería necesario analizar la distribución de las personas en cada espacio utilizado, de manera tal que se logren equilibrar las cargas térmicas, tanto de los usuarios como de los equipos que utilicen. Las variables a modificar varían según el caso de estudio específico: actividad de la edificación,horarios en que se utiliza, cantidad de usuarios, entre otros.

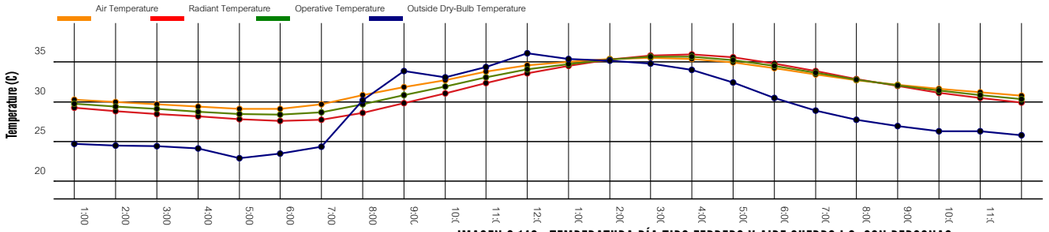


IMAGEN 6.140. TEMPERATURA DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G CON PERSONAS . Fuente: Autor

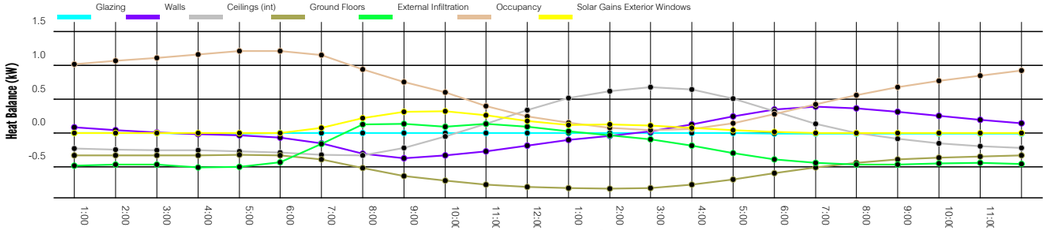


IMAGEN 6.141. BALANCE TÉRMICO DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G CON PERSONAS. Fuente: Autor

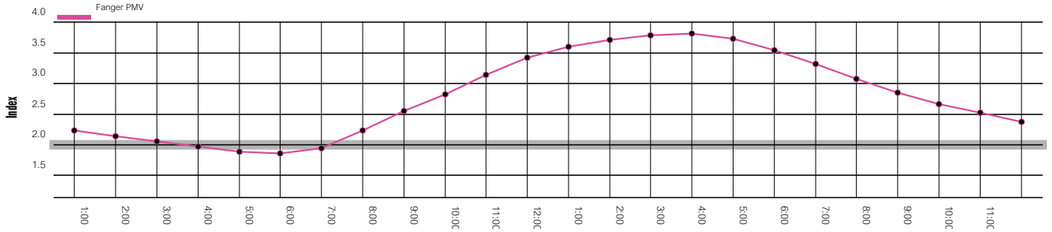


IMAGEN 6.142. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.G CON PERSONAS. Fuente: Autor

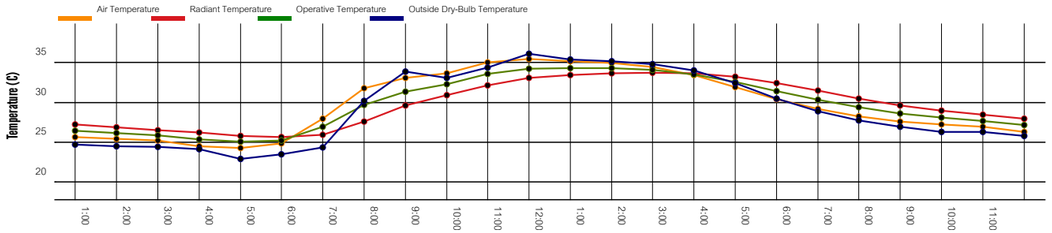


IMAGEN 6.143. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P SIN MODIFICAR. Fuente: Autor

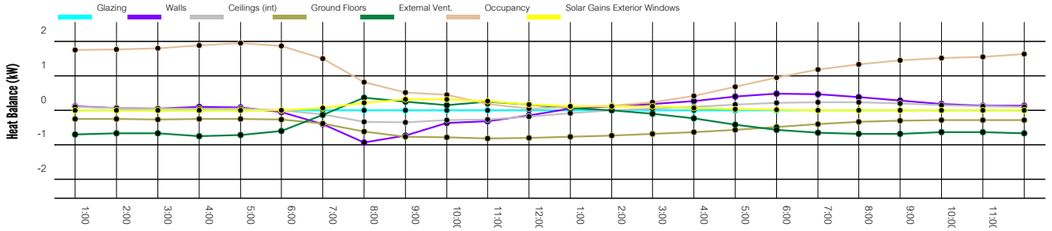


IMAGEN 6.144. TEMPERATURA DEL AIRE DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUBIERTA I.P MODIFICADA. Fuente: Autor

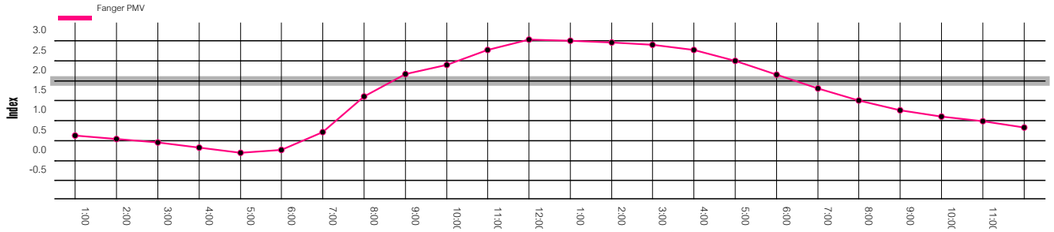


IMAGEN 6.145. CONFORT DÍA TIPO FEBRERO V.AIRE CUERPO I.P MODIFICADA. Fuente: Autor

10.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Costa Rica es un país con amplia variedad climática. A pesar de que existen diferentes formas de clasificación, el Sistema de Zonas de Vida propuesto por Leslie Holdridge identifica los escenarios climáticos del país con mayor precisión. La zona de vida permite reconocer un primer nivel de bioclima global en un sector geográfico dado, lo que posibilita identificar las primeras características ambientales que pueden afectar una edificación, ya sea construida o por construir. Por esta razón, éste fue el método utilizado como primer fuente de información en esta investigación y mediante el mismo se llegó a las conclusiones sobre cada zona de vida que se presentan a continuación.

La zona de vida Bosque Seco Tropical presenta altas temperaturas en algunos meses del año, generando un ambiente muy caliente para el bienestar. De acuerdo con lo analizado en esta investigación, las modificaciones a realizar para mejorar el índice de confort son las mismas en ambas edificaciones estudiadas. Se deben generar elementos de sombra para todas las superficies translúcidas que existan y los mismos deben de funcionar durante todo el año. Además la cubierta debe contar con aislamiento térmico en la parte superior y una cámara de aire que separe el cielo raso del volumen del techo en el inferior, si es posible con ventilación. Por último, es necesario proporcionar paredes más gruesas, con un aislamiento térmico que permita un mayor amortiguamiento de la temperatura exterior. Se recomienda la ventilación natural solo en momentos en que existan muchas personas utilizando la edificación. Los casos de estudio ubicados en esta zona de vida son los que requieren mayores modificaciones, debido a que su clima es el más extremo. Cada iglesia tiene un comportamiento distinto; la iglesia de Guardia se beneficia de la cantidad de cobertura vegetal a su alrededor y de no tener superficies translúcidas mientras que la iglesia de Río Seco tiene gran cantidad de ventanas y poca sombra en las mismas.

El Bosque Húmedo Premontano presenta un clima tanto frío como caliente. El mismo tiende a salirse de los límites de confort en ambas direcciones, sin embargo no de manera extrema. Por esta razón, las edificaciones ubicadas en esta zona de vida deben tener adaptaciones que funcionen según la época crítica del año. Las iglesias estudiadas en esta zona son bastante homogéneas. La discrepancia en su comportamiento obedece a dos factores específicos: el diseño de la torre del campanario y el porcentaje de superficie translúcida. En la iglesia de Rosario la torre permite la ventilación constante debido a que no presenta superficie vidriada sino vanos, mientras que en la Loma Larga existen amplias ventanas en 3 costados del campanario, sin ventilación de ningún tipo. Ambas edificaciones se ven beneficiadas por la implementación de ventilación natural en un horario diurno, durante los meses fríos del año. Además, en ambos casos es necesario utilizar aislamiento térmico en la cubierta y elementos de sombra que van a disminuir el impacto de la radiación en el interior durante los meses calientes. Sin embargo, solo en la ermita de Rosario es necesario aumentar el porcentaje de superficie translúcida para captar radiación solar en meses fríos y solamente en Loma Larga se debe generar ventilación natural en la torre del campanario. También es importante señalar que, con solo aumentar el arropamiento de los usuarios a 1 clo, mejora la sensación de bienestar en las noches.

La tercera y última zona de vida estudiada, el Bosque Muy Húmedo Premontano, muestra bajas temperaturas y alta humedad. Sin embargo, en el caso de las dos edificaciones analizadas, existen características propias de cada caso que generaron modificaciones distintas en cada una. La iglesia de San Antonio se encuentra a menor altitud por lo que sus temperaturas son mayores. Además, cuenta con un gran volumen de aire, tanto el de la iglesia en sí como el de su cubierta, lo que disminuye el impacto de la radiación y hace que sea más lento el calentamiento o enfriamiento del edificio. La misma tiene el mejor comportamiento de los seis casos de estudio y no requiere adaptaciones. En el caso de La Pastora, su orientación permite captar mayor radiación para calentar el interior. Además, la nave y la cubierta son un solo volumen de aire, lo que permite ganar más calor. Por esta razón, se recomienda generar una pequeña superficie translúcida en el techo para captar radiación y aumentar la temperatura en momentos fríos. Sin embargo, todas las superficies transparentes (incluyendo la superior) deben tener elementos de sombra.

En esta investigación se obtuvieron pautas sobre el clima en la primera escala, como por ejemplo implementar ventilación natural (según la zona de vida y los datos procesados de las estaciones meteorológicas). Ésta estrategia pasiva se recomienda para todos los estudios de caso y no se aplica de igual forma para cada edificio. En el caso de las iglesias de Guardia y Río Seco, implementar sistemas de ventilación natural implica aumentar en gran medida la temperatura interna del edificio y por ende el disconfort. Existen otras variables que entran en el análisis como la cantidad de personas que utilicen el edificio, los horarios en que se utilice, las dimensiones de las ventanas y la orientación de las mismas. Por otro lado, las iglesias de Rosario y Loma Larga sí mejoran su situación interna con la ventilación, sin embargo, no es durante todo el año, sino en momentos específicos y por ciertas fachadas. De esta forma, existen estrategias que sólo funcionan para un lugar específico y un edificio particular y las mismas se descubren cumpliendo con todas las etapas de la metodología propuesta, desde lo más general hasta lo más específico, incluyendo las simulaciones. La importancia de cumplir con todas las escalas es que en cada etapa se obtienen diferentes conclusiones y debe existir una retroalimentación de información entre los niveles de análisis para poder seguir avanzando.

Otro aspecto importante a mencionar dentro del método de análisis, es que no existe un orden completamente lineal, sino que es recursivo: puede repetirse indefinidamente. De este modo, es necesario regresar etapas para retomar información que se obtuvo anteriormente y utilizarla como retroalimentación en el análisis actual. Un ejemplo de esta situación es la iglesia de Rosario, en donde se determinó en la etapa de simulación que es necesario captar radiación en el interior de la edificación. Para poder delimitar cuál es la mejor fachada para realizarlo, es necesario revisar los factores analizados en las etapas anteriores: en qué fachada existe mayor radiación solar, cuál tiene mayor superficie translúcida, qué elementos generan sombra en las colindancias, etc.

El hecho de que dos edificaciones se encuentren dentro de una misma zona de vida, y por ende un mismo clima, implicaría que las pautas de diseño bioclimático para ambas serían las mismas. Sin embargo, en esta investigación se comprueba que esto no es una verdad absoluta. Existen factores tanto del entorno inmediato como del edificio en sí, que llegan a afectar la manera en que el mismo se com-

porte. La altitud y la topografía de un lugar modifican el movimiento del aire, el rango de temperatura y la humedad del sitio. La orientación del edificio, su morfología y los elementos anexos al mismo afectan la manera en que la radiación, la luz solar y el viento influyen sobre sus fachadas. El volumen de aire, los materiales de la edificación y la relación de la superficie y sus aberturas influyen de manera directa en el comportamiento, sobre todo en la cantidad de tiempo que tarda el aire interior en enfriarse o calentarse. De este modo, se determinaron pautas de diseño que pueden ser aplicadas en edificaciones de cada una de las tres zonas de vida estudiadas y las modificaciones de readaptación en cada caso de estudio, según las características propias de las edificaciones.

Si bien es cierto, la metodología diseñada en esta investigación tiene el objetivo de reacondicionar bioclimáticamente edificios existentes, su uso permite obtener mucho más que las modificaciones para readaptarlos. La utilización de esta herramienta busca aprender de las edificaciones construidas, ya que estudiar inmuebles que tienen cierto tiempo de existir y utilizarse, permite identificar errores recurrentes en el desempeño de los mismos así como entender las decisiones acertadas de diseño, sobre todo si se estudian elementos vernaculares que usualmente tienen un mejor manejo de los materiales, el sitio y el clima. Además, el conocimiento adquirido en los estudios permite tener pautas para futuros proyectos que se realicen en el lugar; es decir, posibilita el estudiar una edificación existente y basarse en su desempeño para proponer una nueva edificación con las enseñanzas obtenidas (Diseño basado en el desempeño).

La simulación de energía como método de análisis permite obtener los resultados en tiempo real. En otras palabras, si se decide realizar una modificación en un edificio para identificar qué beneficios puede traer, ésta herramienta da la posibilidad de saber cuál va a ser la reacción del inmueble y qué tanto va a mejorar el confort interno antes de realizar cualquier cambio en sitio. Esta situación implica una gran ventaja para el arquitecto, ya que actualmente existe una responsabilidad por parte del profesional de respaldar su diseño, para lo cual debe tener herramientas que permitan comprobar el funcionamiento o cumplimiento de variables y requisitos. Con una correcta calibración, existe la posibilidad de que el modelo computarizado permita saber qué modificaciones se pueden realizar, cómo va a reaccionar el edificio ante los cambios y cuál es su porcentaje de efectividad.

Al hablar de arquitectura se menciona la relación que existe entre tres elementos principales: el ser humano, el edificio y el entorno. Si alguno de estos tres elementos varía con el tiempo, los otros deben adaptarse. El entorno cambia, por lo que la lógica dice que el edificio debe cambiar también. De esta manera, los mecanismos de adaptación se convierten en una necesidad en el diseño actual y deben responder a las exigencias específicas de cada sitio. La metodología diseñada es una herramienta para mejorar las edificaciones existentes, diseñar nuevas edificaciones acorde con las necesidades presentes e incluso realizar proyecciones del comportamiento que podrán tener en los próximos años. En el marco de este último punto, cabe hacer referencia a un tema que se menciona con frecuencia actualmente: el cambio climático. A pesar de que el mismo se encuentra fuera de los alcances del presente trabajo, con esta herramienta se podría generar un archivo de clima en el que se establezcan los rangos de temperatura y humedad previstos por el cambio climático en 10 o 20 años y poder simular un comportamiento a futuro. Esta situación sería una buena temática para profundizar en futuras investigaciones.

"El arquitecto debe ser un profeta... un profeta en el verdadero sentido del término... si no puede ver por lo menos diez años hacia adelante no lo llamen arquitecto"

Frank Lloyd Wright

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

García Chávez, Fuentes Freixanet: VIENTO Y ARQUITECTURA. EL VIENTO COMO FACTOR DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO, Editorial Trillas S.A., México DF, México, 1995.

Wines, James. GREEN ARCHITECTURE, Editorial Taschen, 2000.

Huntingtong, Ellworth. THE HUMAN HABITAT, Van Nostrand Co. Princeton, New York, 1927.

Hensel Michael, Menges Achim. (2006), MORPHOECOLOGIES, Londres, Inglaterra, Architectural Association. Traducción por El autor, 2010.

Ellin, Nan. (2006), INTEGRAL URBANISM, New York, Estados Unidos. Traducción por El autor, 2010.

Actar`s Boogazine. (2006), VERB NATURES, Barcelona, España. Traducción por El autor, 2010.

Oxman, R. (2007), THEORY AND DESIGN IN THE FIRST DIGITAL AGE, Faculty of Architecture and Town Planning Technion, Haifa, Israel.

Herrera, Wilberth. EL CLIMA DE COSTA RICA. Editorial Guayacán, Costa Rica, 1994.

Tosi Junior, JA. 1969. MAPA ECOLÓGICO; República de Costa Rica según la clasificación de zonas de vida del mundo por L.R. Holdridge. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. Escala 1:750 000, color.

Arq. Jerry L. Germer: ESTRATEGIAS PASIVAS PARA COSTA RICA: UNA APLICACIÓN REGIONAL DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO, Heredia, Costa Rica, 1983.

Leslie R. Holdridge: ECOLOGÍA BASADA EN ZONAS DE VIDA, quinta reimpresión por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José Costa Rica, 2000.

Deplazes Andrea. CONSTRUCTING ARCHITECTURE. MATERIALS, PROCESSES STRUCTURES, A HANDBOOK. Segunda Edición, Birkhäuser Verlag, Basilea, Suiza. 2008.

Herrera, Wilberth. EL CLIMA DE COSTA RICA. Editorial Guayacán, Costa Rica, 1994.

Sanou, Ofelia. COSTA RICA. GUÍA DE ARQUITECTURA Y PAISAJE, primera edición, San José-Sevilla, Costa Rica. 2010.

Szokolay, Steven V. INTRODUCTION TO ARCHITECTURA SCIENCE, THE BASIS OF SUSTAINABLE DESIGN. Segunda Edición, Editorial Elsevier, Reino Unido, 2008.

Simancas, K. REACONDICIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE VIVIENDAS DE SEGUNDA RESIDENCIA EN CLIMA MEDITERRÁNEO. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003

PUBLICACIONES ELECTRÓNICAS (EN LÍNEA)

Schnabel Marc, Tang Aimee. (2007), DISPARALLEL SPACES, Sydney, Australia, disponible en: http://www.arch.cuhk.edu.hk/server1/staff1/marcaurel/publications/alarife.pdf, (15/4/2010).

Earl Mark, Gross Mark, Gabriela Goldschmidt. (2008), A PERSPECTIVE ON COMPUTER AIDED DESIGN AFTER FOUR DECADES, Estados Unidos, disponible en: http://code.arc.cmu.edu/lab/upload/ecaade2008_069.content.0.pdf

Poletto Marco, Pasquero Claudia, WS1 URBAN PAVILLIONS ADVANCED DESIGN WITH GRASSHOPPER, EcologicStudio, disponible en : http://www.grasshopper3d.com/xn/detail/2985220:Event:34861?xg_source=activity

M Hamdan Ahmad, Dilshan R. Ossn, Chia Sok Ling. (2007), IMPACT OF SOLAR RADIATION ON HIGH-RISE BUILT FORM IN TROPICAL CLIMATE, Universidad Tecnológica de Malaysia, disponible en: http://eprints.utm.my/881/

Arq. Juan Carlos Sanabria: EL DISEÑO COMO INVESTIGACIÓN: ARQUITECTURA EVOLUTIVA ORIENTADA AL DESEMPEÑO, 13 de Marzo del 2011. Obtenido en http://juancarlossanabria.wordpress.com/2011/03/13/el-diseno-como-investigacion/ el 6/4/2011.

Hutcheo N. B. REQUIREMENTS FOR EXTERIOR WALLS, Canadian Building Digest,CBD-48, National Research Council, Division of Building Research,Canada, 1968.

Martínez, A.R. METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA ISTMO CENTROAMERICANO. Naciones Unidas, Consejo Económico y Social. Costa Rica. (1970)

Solano, Johnny. Villalobos, Roberto. Instituto Meteorológico Nacional. REGIONES Y SUBREGIONES CLIMÁTICAS DE COSTA RICA. Tomado de http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg_climaCR.pdf el 15/01/2010

TESIS E INVESTIGACIONES

Sayes, Nicholas. (Octubre 2008), DESIGN BY PARAMETERS, Bachillerato en Arquitectura, Universidad de Auckland.

Huei Sheng Yu. (Junio 2009), PARAMETRIC ARCHITECTURE: performative/responsive assembly components, Master of Science in Architecture Studies at the Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, Estados Unidos.

Víquez Álvaro, Mora Felipe, Flor Jan, Gonzales Marcela, Obando Moisés, Rodríguez Valeza (2011), DISEÑO DE LA ENVOLVENTE Y SUS IMPLICACIONES EN EL CONFORT HIGROTÉRMICO, Seminario de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Arquitectura, San José, Costa Rica.

ARTÍCULOS Y CONFERENCIAS

A. Van der Zee, B. de Vries. (2008), DESIGN BY COMPUTATION, 11th Generative Design Conference, Países Bajos.

Oxman, Rivka. (2006), PERFORMANCE BASED DESIGN: Current practices and research issues, International Journal of Architecture Computing, volume 6, Haifa, Israel. Traducción por El autor, 2010.

Dr. M.L. Tramontin. (2008), GENERATIVE FEATURES: A PARAMETRIC APPROACH FOR EXPLORING NOVEL POTENCIAL IN ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS, 11th Generative Design Conferences, Países Bajos.

INFOGRAFÍA

http://www.taiyokogyo.co.jp/compe/back/back89/come89/e_yoh.html 15/4/2010

http://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/148647-inspirace-podmorskym-svetem-v-architekture.html

http://www.arch.cuhk.edu.hk/server1/staff1/marcaurel/publications/alarife.pdf

http://www.grasshopper3d.com/profile/Endrjux

http://www.arquitectura.com/cad/artic/ensenanza.asp

http://www.theroadlesstravelled.co.nz/media/bamboo-foundation.html

http://mlab.cca.edu/wp-content/uploads/2009/08/toronto-workshop_screen13.jpg

http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php

http://tecnogrin.blogspot.com/2007/10/tema-10-cerramientos.html

http://www.muniliberia.go.cr/muni/mHistoria.htm

http://todoproductividad.blogspot.com/2010/03/introduccion-la-simulacion-energetica.html

http://www.imn.ac.cr/educacion/clima%20de%20costa%20rica.html

http://www.cerramientos.org/construccion/cerramientos-verticales.html

http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6113/02PARTE1.pdf?sequence=4

http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php consultado el 30/11/11

http://www.healthyheating.com/solutions.htm#.USMg56W-6cZ4

2013