

**Universidad de Panamá
Facultad de Arquitectura y Diseño
Escuela de Arquitectura**

Proyecto de Tesis de grado

**Valoración del confort térmico del modelo urbano residencial de baja densidad
en el espacio público.
Caso de estudio: Fuerte Clayton**

**Estudiante
Mora, Ariadna
8-1086-819**

**Profesor Asesor:
Graciela Arosemena**

II semestre 2021

Tribunal examinador:

Profesor asesor: Graciela Arosemena

Jurado 1: Prof. Linette Yanisselly

Jurado 2: Prof. Erica Rodríguez

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada a mis padres y abuelos. Principalmente a mi abuela María J. quién, donde quiera que esté, se enorgullezca de haber sembrado en mí el amor por las artes y el conocimiento.

Agradecimientos

Primeramente quisiera agradecer al SENACYT, ya que sin su apoyo y financiamiento este trabajo no hubiese sido posible.

También quisiera agradecer a mi asesora de tesis, la profesora Graciela Arosemena (PhD) por haber compartido su conocimiento científico, haberme permitido ser parte de su proyecto de investigación y haberme brindado su apoyo incondicional y comprensión, sobre todo, durante el periodo de pandemia.

Agradezco también a la profesora Carmen de Irigoyen, quien hizo la revisión de español de mi tesis en tiempo récord para adaptarse a mis fechas de entrega. Aprovecho para agradecerle por transmitirme sus conocimientos, amor por la lengua durante mi etapa escolar, por escucharme y por comprenderme como expatriada.

Quisiera agradecer también a todos mis amigos intelectuales de la universidad y de la escuela de idiomas, pero principalmente a mi círculo más cercano compuesto por: Vianca Montero, Gabriela Rogers, Leonardo Pérez y Ariel Arosemena por haber sido una pieza fundamental al intentar mantenerme con la moral alta durante toda mi carrera y en particular durante el período más duro de cuarentena.

También quisiera agradecer a mi amada familia en Canadá (especialmente a Eloy), Estados Unidos, Francia y Alemania por existir.

Finalmente y sobre todas las cosas quisiera agradecer a mi familia en Panamá: madre, padre, hermana y David por habernos mantenido juntos y sanos, además de habernos brindado apoyo incondicional el uno al otro durante los años, sobre todo durante los momentos difíciles. Ellos saben lo que significan para mí.

Índice general

Dedicatoria	3
Agradecimientos.....	4
Índice de cuadros	7
Índice de figuras.....	8
Resumen.....	1
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación del proyecto	3
Objetivos específicos	4
Capítulo I: Definición del área de estudio.....	4
1.1 Justificación de la elección.....	4
1.2 Definición del área de estudio: Fuerte Clayton	5
1.2.1 Localización	5
1.2.2 Historia de Clayton.....	6
1.2.3 Urbanismo de Clayton	6
1.2.4 Arquitectura	8
1.2.5 Materiales de construcción	10
1.2.6 Vegetación.....	10
Capítulo II: Marco teórico	11
2.1 El clima	11
2.1.1 Zonas climáticas	11
2.2 Urbanismo bioclimático	12
2.3 Elementos de la estructura urbana que influyen en el microclima urbano	12
2.3.1 Condiciones adecuadas de la estructura urbana para el clima cálido húmedo.....	12
2.4 Bioclimatismo y su influencia en el confort térmico	13
2.4.1 Ocupación y volumetría urbana	14
2.4.2 Factor h/d.....	14
2.4.3 Cobertura de suelo	15
2.5 Definición de confort térmico.....	15
2.6 Radiación solar	16

2.7 Temperatura de las superficies.....	17
2.8 Temperatura del aire.....	17
2.9 Humedad relativa.....	18
2.10 Índice de calor (Heat Index, HI).....	18
2.11 Índice Humidex.....	19
2.12 PMV-PPD.....	20
Capítulo III: Condiciones climáticas del área de estudio.....	22
3.1 Factores determinantes del clima de Panamá.....	22
3.2 Climas de Panamá según la clasificación de Köppen.....	22
3.3 Caracterización del microclima en Clayton.....	24
Los datos micro climáticos del área de Clayton fueron extraídos de la estación meteorológica de la Florida State University-Panama (FSU).....	24
3.3 Tipologías de tejido urbano a analizar.....	27
3.3.1 Objetivo del análisis.....	27
3.3.2 Descripción de los escenarios.....	28
Capítulo IV: Metodología de modelados.....	42
4.1 Modelado en Spaces y definición de materiales.....	42
4.2 Definición de las horas para simulación.....	50
4.3 Definición de parámetros de simulación para <i>ENVI-core</i>	51
4.3.1 Simulación en ENVI-core.....	51
4.3.2 Simulación en BioMet.....	57
Capítulo V: Resultados.....	59
5.1 Resultados obtenidos para la temperatura de las superficies.....	59
5.1.1 Zona A.....	59
5.1.2 Zona B.....	65
5.1.3 Zona de Estacionamientos.....	71
5.2 Resultados obtenidos para la temperatura del aire.....	77
5.2.1 Zona A.....	77
5.2.2 Zona B.....	83
5.1.3 Zona de Estacionamientos.....	89
5.3 Resultados obtenidos para la humedad relativa.....	95
5.3.1 Zona A.....	95
5.1.2 Zona B.....	101

5.1.3 Zona de Estacionamientos	107
5.2 Resultados obtenidos para PMV.....	113
5.2.1 Zona A	113
5.2.2 Zona B	119
5.2.3 Zona de Estacionamientos	125
Capítulo VI: Análisis de los datos obtenidos.....	131
6.1 Temperatura del aire vs. humedad relativa vs. Humidex	131
6.1.1 Zona A	131
6.1.2 Zona B	137
6.1.3 Zona de Estacionamientos	143
6.2 Resultados por sección de calle.....	149
6.2.1 Zona A	149
6.2.2 Zona B	153
6.2.3 Zona de Estacionamientos	156
6.3 Tablas analíticas de resultados.....	159
6.3.1 10 de abril del 2020	159
6.3.1 23 de septiembre del 2020	164
6.4 Conclusiones generales.....	169
Capítulo VII: propuesta.....	172
7.1 Propuesta de estrategias urbanas	172
7.2 Propuesta esquemática de modelo urbano.....	177
Recomendaciones.....	182
Referencias bibliográficas	183

Índice de cuadros

CUADRO 1. Temperatura máxima por mes en 2019.....	25
CUADRO 2. Humedad relativa máxima por mes en 2019.....	25
CUADRO 3. Radiación solar máxima por mes en 2019	26
CUADRO 4. Dirección del viento promedio por mes en 2019	26
CUADRO 5. Velocidad del viento promedio por mes en 2019.....	26
CUADRO 6. Datos climáticos de la estación meteorológica de la FSU 10 de abril del 2020	51

CUADRO 7.	Temperatura y humedad relativa por hora por 24 horas	52
CUADRO 8.	Datos climáticos de la estación meteorológica de la FSU 23 de septiembre del 2020.....	54
CUADRO 9.	Temperatura y humedad relativa del 23 de septiembre del 2020.....	55
CUADRO 10.	Resultados de las 3 zonas el 10 de abril del 2020 a las 9:00 a.m.	159
CUADRO 11.	Resultados de las 3 zonas el 10 de abril del 2020 a las 3:00 p.m.	161
CUADRO 12.	Resultados de las 3 zonas el 10 de abril del 2020 a las 3:00 p.m.	162
CUADRO 13.	Cobertura de suelo vs. Factor h/d vs. Humidex 10 de abril del 2020	163
CUADRO 14.	Resultados de las tres zonas el 23 de septiembre del 2020 a las 9:00 a.m.	164
CUADRO 15.	Resultados de las tres zonas el 23 de septiembre del 2020 a las 12:00 p.m.	165
CUADRO 16.	Resultados de las tres zonas el 23 de septiembre del 2020 a las 3:00 p.m.	167
CUADRO 17.	Cobertura de suelo vs. Factor h/d vs. Humidex 23 de septiembre del 2020	168

Índice de figuras

FIGURA 1.	Ubicación regional del área de estudio.....	5
FIGURA 2.	Carta bioclimática de Olgyay.....	13
FIGURA 3.	Tabla del índice de calor	19
FIGURA 4.	Tabla del índice Humidex.....	20
FIGURA 5.	Tabla y gráfico de Fanger para el PMV y el PPD	21
FIGURA 6.	Mapa de climas de la República de Panamá	23
FIGURA 7.	Traza de la Zona A.....	28
FIGURA 8.	Sección de calle Zona A.....	29
FIGURA 9.	Sección de patio Zona A	30
FIGURA 10.	Traza de la Zona B.....	33
FIGURA 11.	Sección de calle Zona B.....	34
FIGURA 12.	Sección de patio Zona B	35
FIGURA 13.	Traza Zona de Estacionamientos.....	38

FIGURA 14.	Sección de calle Zona de Estacionamientos	39
FIGURA 15.	Planta de Zona A en la retícula de ENVI-met.....	43
FIGURA 16.	Planta de tipo de suelo de Zona A en ENVI-met.....	44
FIGURA 17.	Vista 3D de Zona A en ENVI-met.....	44
FIGURA 18.	Planta de Zona B en la retícula de ENVI-met.....	45
FIGURA 19.	Planta de tipo de suelo de Zona B en ENVI-met.....	46
FIGURA 20.	Vista 3D de Zona B en ENVI-met.....	47
FIGURA 21.	Planta de Zona de Estacionamientos en la retícula de ENVI-met.....	48
FIGURA 22.	Planta de tipo de suelo en Zona de Estacionamientos en ENVI-met .	49
FIGURA 23.	Vista 3D de Zona de Estacionamientos en ENVI-met	50
FIGURA 24.	Interfaz de ENVI-guide con datos para el 10 de abril del 2020	53
FIGURA 25.	Vista previa de la radiación para el 10 de abril del 2020 en ENVI-guide 54	
FIGURA 26.	Interfaz de ENVI-guide con datos para el 23 de septiembre del 2020	56
FIGURA 27.	Vista previa de la radiación para el 23 de septiembre del 2020 en ENVI-guide	57
FIGURA 28.	Interfaz de BioMet previo al cálculo del PMV	58
FIGURA 29.	Ventana de parámetros humanos para simulación de BioMet	58
FIGURA 30.	Temperatura de las superficies en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	59
FIGURA 31.	Temperatura de las superficies en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	60
FIGURA 32.	Temperatura de las superficies en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	61
FIGURA 33.	Temperatura de las superficies en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	62
FIGURA 34.	Temperatura de las superficies en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	63
FIGURA 35.	Temperatura de las superficies en Zona A a las 3.00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	64
FIGURA 36.	Temperatura de las superficies en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	65
FIGURA 37.	Temperatura de las superficies en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	66

FIGURA 38. Temperatura de las superficies en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	67
FIGURA 39. Temperatura de las superficies en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	68
FIGURA 40. Temperatura de las superficies en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	69
FIGURA 41. Temperatura de las superficies en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	70
FIGURA 42. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	71
FIGURA 43. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	72
FIGURA 44. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	73
FIGURA 45. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	74
FIGURA 46. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	75
FIGURA 47. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	76
FIGURA 48. Temperatura del aire en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	77
FIGURA 49. Temperatura del aire en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	78
FIGURA 50. Temperatura del aire en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	79
FIGURA 51. Temperatura del aire en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	80
FIGURA 52. Temperatura del aire en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	81
FIGURA 53. Temperatura del aire en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	82
FIGURA 54. Temperatura del aire en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	83
FIGURA 55. Temperatura del aire en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	84

FIGURA 56.	Temperatura del aire en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	85
FIGURA 57.	Temperatura del aire en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	86
FIGURA 58.	Temperatura del aire en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	87
FIGURA 59.	Temperatura del aire en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	88
FIGURA 60.	Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020.....	89
FIGURA 61.	Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	90
FIGURA 62.	Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	91
FIGURA 63.	Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	92
FIGURA 64.	Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	93
FIGURA 65.	Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	94
FIGURA 66.	Humedad relativa en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020 .	95
FIGURA 67.	Humedad relativa en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	96
FIGURA 68.	Humedad relativa en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020 .	97
FIGURA 69.	Humedad relativa en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	98
FIGURA 70.	Humedad relativa en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	99
FIGURA 71.	Humedad relativa en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	100
FIGURA 72.	Humedad relativa en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	101
FIGURA 73.	Humedad relativa en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	102
FIGURA 74.	Humedad relativa en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	103
FIGURA 75.	Humedad relativa en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	104
FIGURA 76.	Humedad relativa en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	105

FIGURA 77. Humedad relativa en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	106
FIGURA 78. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020.....	107
FIGURA 79. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	108
FIGURA 80. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	109
FIGURA 81. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	110
FIGURA 82. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	111
FIGURA 83. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	112
FIGURA 84. PMV en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	113
FIGURA 85. PMV en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	114
FIGURA 86. PMV en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	115
FIGURA 87. PMV en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	116
FIGURA 88. PMV en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	117
FIGURA 89. PMV en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	118
FIGURA 90. PMV en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	119
FIGURA 91. PMV en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	120
FIGURA 92. PMV en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	121
FIGURA 93. PMV en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	122
FIGURA 94. PMV en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	123
FIGURA 95. PMV en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	124
FIGURA 96. PMV en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	125
FIGURA 97. PMV en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	126
FIGURA 98. PMV en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	127
FIGURA 99. PMV en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	128
FIGURA 100. PMV en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	129

FIGURA 101.	PMV en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	130
FIGURA 102.	Rango de Humidex en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	131
FIGURA 103.	Rango de Humidex en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	132
FIGURA 104.	Rango de Humidex en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	133
FIGURA 105.	Rango de Humidex en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	134
FIGURA 106.	Rango de Humidex en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	135
FIGURA 107.	Rango de Humidex en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	136
FIGURA 108.	Rango de Humidex en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	137
FIGURA 109.	Rango de Humidex en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	138
FIGURA 110.	Rango de Humidex en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	139
FIGURA 111.	Rango de Humidex en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	140
FIGURA 112.	Rango de Humidex en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	141
FIGURA 113.	Rango de Humidex en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	142
FIGURA 114.	Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020.....	143
FIGURA 115.	Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	144
FIGURA 116.	Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	145
FIGURA 117.	Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	146
FIGURA 118.	Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	147

FIGURA 119.	Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	148
FIGURA 120.	Sección de calle en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	149
FIGURA 121.	Sección de calle en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	150
FIGURA 122.	Sección de calle en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	150
FIGURA 123.	Sección de calle en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	151
FIGURA 124.	Sección de calle en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	151
FIGURA 125.	Sección de calle en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	152
FIGURA 126.	Sección de calle en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020	153
FIGURA 127.	Sección de calle en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020	153
FIGURA 128.	Sección de calle en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020	154
FIGURA 129.	Sección de calle en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020	154
FIGURA 130.	Sección de calle en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	155
FIGURA 131.	Sección de calle en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	155
FIGURA 132.	Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020.....	156
FIGURA 133.	Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	156
FIGURA 134.	Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020.....	157
FIGURA 135.	Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020.....	157
FIGURA 136.	Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020.....	158

FIGURA 137.	Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020	158
FIGURA 138.	Temperatura de las superficies	172
FIGURA 139.	Factor h/d	173
FIGURA 140.	Orientación de las calles	174
FIGURA 141.	Porcentaje de cobertura vegetal	174
FIGURA 142.	Porcentajes en sección de calle	175
FIGURA 143.	Áreas de sombra.....	175
FIGURA 144.	Uso de colores claros en exteriores	176
FIGURA 145.	Master plan con propuesta de diseño	177
FIGURA 146.	Sección de calle de la propuesta	180
FIGURA 147.	Sección de patio de la propuesta	181

Resumen

Se evalúan cinco escenarios distintos en tres zonas distintas ubicadas en Clayton. Para conseguir esto se modelaron y se corrieron simulaciones con datos climáticos del 10 de abril del 2020 y el 23 de septiembre del 2020 con el fin de evaluar la temperatura de las superficies, la humedad relativa, la temperatura del aire, el PMV y los valores equivalentes en Humidex para determinar cuál de los tres escenarios tiene un acercamiento más bioclimático y es más propenso a causar confort térmico en sus usuarios. Finalmente, se proponen una serie de estrategias basadas en lo aprendido en el estudio y se aplican en un modelo de suburbio.

Introducción

El objetivo principal de esta tesis es la elaboración de un estudio teórico y práctico que evalúe los microclimas generados en cinco escenarios diferentes en tramos de calle de zonas residenciales del antiguo Fuerte Clayton.

Es importante mencionar que se evaluará el desempeño bioclimático de estos escenarios urbanos y se determinará qué criterios son los ideales para generar el confort térmico de las personas en exteriores en el clima tropical húmedo de Panamá.

Este trabajo forma parte del proyecto “*Estudio histórico del urbanismo del antiguo fuerte Clayton y la valoración de su aproximación biorregional*” financiado por el SENACYT y se encuentra en la línea de investigación: Asentamientos humanos, hábitat e inclusión social.

Planteamiento del problema

La Ciudad de Panamá actualmente manifiesta una serie de problemas que son el reflejo del rápido crecimiento de la población y de la desordenada expansión de la huella urbana. Esto ha afectado notoriamente la calidad de vida de sus habitantes y las proyecciones sostenibles y bioclimáticas para su futuro en comparación con otras ciudades.

Hoy en día existe una gran necesidad a nivel global de sostenibilidad y bioclimatismo, pues científicos del clima predicen que el aumento de emisión de gases de efecto invernadero inducirá al cambio climático global a largo plazo. Esto resultará catastrófico, pues las poblaciones dependen de la continua estabilidad y funcionamiento los sistemas ecológicos y físicos de la biosfera. (McMichael. 2003)

Hay estadísticas de modelos ambientales como The Hadley model of the United Kingdom y The Canadian Climate Model que muestran que el aumento de temperatura a nivel global, por la emisión de gases de efecto invernadero para el año 2100 podría llegar a ser de entre 2.7°C y 4.4°C (National Research Council. 2001), hecho corroborado por un estudio de la Universidad de Stanford que determina que la temperatura anual promedio anual en Panamá aumentará de 26°C a 30°C para el año 2100 (Burke, Hsiang y Miguel. 2015), ambos escenarios tienen consecuencias bastante graves.

La falta de atención necesaria por parte de las sociedades se manifiesta en el ambiente y conlleva al incremento del calentamiento global y mayor contaminación ambiental afectando significativamente la vida: la fauna y la flora y finalmente al hombre y su calidad de vida.

La dependencia de combustibles fósiles hace innegable la necesidad de cambiar a un modelo energético carbón cero y existen cada vez más tecnologías que ayudan a ello. La mayoría de los diseños actuales tienden a apoyarse considerablemente en sistemas artificiales, lo que representa una contradicción al diseño bioclimático, pues en su naturaleza estos edificios y ciudades son consumidores desmesurados de energía. (Serra y Coch. 1995)

Desgraciadamente los temas ambientales vienen a ser estudiados según contextos científicos demasiado abstractos, lo que los hace muy complicados de traducir en términos arquitectónicos y urbanísticos. (Serra y Coch. 1995)

Es debido a ello que es importante desarrollar un modelo urbano que permita comprender cómo se aplican datos numéricos científicos en esa búsqueda de un modelo urbano bioclimático y esta tesis analiza el modelo urbano residencial del Fuerte Clayton (Ex Zona del Canal).

Clayton, actualmente, conserva un modelo urbano heredado de los estadounidenses, el cual ha sido considerado como modelo en términos de habitabilidad, confort térmico y bioclimatismo para el clima tropical húmedo. La relevancia de este modelo se menciona en el libro La Arquitectura del Canal de Panamá donde se consideran

“grandes conjuntos arquitectónicos, urbanísticos y paisajísticos que hoy se aprecian a lo largo y ancho del área del Canal de Panamá se deben a los EE.UU.” (Tejeira, 2010)

Clayton representa un laboratorio ideal para el estudio bioclimático en el clima tropical húmedo; ya que en él hay una gran variedad de conformaciones en término de las variables urbanas como: las servidumbres, las edificaciones, aceras y vialidad etc., de entre las cuales se pueden identificar los distintos escenarios urbanos a evaluar.

Esta tesis pretende determinar qué tan bien se adapta la propuesta urbana estadounidense al clima tropical húmedo de Panamá y de los resultados obtenidos se determinarán los pros y los contras de este modelo urbano para que sea considerado en la planificación urbana y cómo pueden adaptarse las ciudades al aumento de temperatura asociado al cambio climático.

Justificación del proyecto

Esta investigación resultaría beneficiosa para el futuro desarrollo de proyectos urbanísticos, de planeación y para la mejora de la ciudad actual.

1. Esta clase de estudios se ha llevado a cabo anteriormente en climas similares en el mundo, pero nunca en Panamá específicamente.
2. La investigación demostraría qué escenarios urbanos son ideales para generar el confort térmico de los habitantes de la ciudad en el clima tropical húmedo de Panamá.
3. Estos escenarios ideales podrían aplicarse en las áreas urbanas existentes y así mitigar el efecto isla de calor que se vive actualmente en una ciudad compuesta mayormente por concreto, edificaciones verticales y asfalto (Mendoza, 2016).
4. Al haber un mayor confort térmico en la ciudad, las personas podrían disfrutar de mejor calidad de espacio público realizando actividades activas y pasivas que promuevan la salud física, mental y el bienestar general.
5. Al crear un ambiente urbano menos agresivo las personas pueden preferir desplazarse a sus destinos en bicicletas u otros medios de transporte menos contaminantes que los vehículos a motor, lo cual beneficiaría enormemente la situación ambiental actual y al embotellamiento por exceso de vehículos en las calles.
6. Panamá necesita una nueva propuesta urbana de crecimiento y esta investigación propone la elaboración de criterios para el diseño bioclimático en Panamá.

7. El estudio a su vez promoverá la valoración del verde urbano en regiones de clima tropical húmedo.

8. Es necesario, para la planificación urbana y la rehabilitación de tejidos consolidados, trabajar en base a una serie de criterios que lo relacionen con el comportamiento térmico de la estructura urbana. Existen condiciones microclimáticas particulares que dependiendo de la región geográfica en la que se encuentre pueden aumentar el confort térmico y tener efecto en la eficiencia del sistema urbano reduciendo las demandas energéticas de los edificios (Echave, 2007).

9. Actualmente los estudios que hay en Ciudad del Saber se han enfocado más en temas históricos y patrimoniales (Tejeira, 2010).

10. De demostrarse el éxito de Clayton como modelo urbano bioclimático aumentará su valor patrimonial por consecuencia. Se sabe que como paisaje histórico se conserva bastante bien la experiencia sensorial que un usuario podría haber tenido en tiempos de la Zona del Canal, pero entender realmente el desempeño bioclimático demostraría que hay mucho más pensamiento y planificación detrás de lo perceptible.

11. El estudio contribuye a evaluar micro climáticamente el modelo urbano canalero.

Objetivos específicos

Este estudio toma en cuenta el medio físico y ambiental de tres zonas en Ciudad del Saber que muestran distintos escenarios de una ciudad.

- 1) Definir estrategias de adaptación urbana al clima húmedo tropical; incluyendo una propuesta de normativa urbana con esquemas de diseño urbano con el fin de poner en valor la importancia del diseño urbano bioclimático.
- 2) Desarrollar un modelo urbano como aplicación de los resultados obtenidos durante la investigación.
- 3) Determinar qué beneficios bioclimáticos tiene la implementación del modelo urbano de Clayton, en el resto del país.

Capítulo I: Definición del área de estudio

1.1 Justificación de la elección

Clayton representa un laboratorio ideal para el estudio bioclimático en el clima tropical húmedo, ya que en él existe una gran variedad de conformaciones en

término de las variables urbanas como: las servidumbres, las edificaciones, aceras y vialidades, de entre las cuales se pueden identificar con ciertas opciones los escenarios urbanos a evaluar.

De igual manera, en comparación con la mayoría de las áreas de la ciudad es mucho menos concurrida y está altamente vigilada, por lo que es más segura para permanecer en ella, desarrollar trabajos de campo durante el día y dejar equipos instalados por un periodo prolongado de tiempo, además también muestra un alto nivel de conservación del modelo urbano aplicado por los Estados Unidos.

1.2 Definición del área de estudio: Fuerte Clayton

1.2.1 Localización

El antiguo Fuerte Clayton se edificó inicialmente entre el río Cárdenas y la vía del ferrocarril, exactamente sobre los rellenos del Miraflores Dump, en lo que hoy se conoce como Ciudad del Saber en el área de Clayton, corregimiento de Ancón de la Ciudad de Panamá.

FIGURA 1. Ubicación regional del área de estudio



Fuente: Google Earth

1.2.2 Historia de Clayton

El ex fuerte Clayton era originalmente un área rural en la que había sabanas, humedales y suaves colinas entre el río Grande y los caminos de Cruces y Gorgona a unos 6 kilómetros del casco urbano de Panamá (Tejeira 2000).

A inicios de 1904, con la firma del tratado Hay-Bunau-Varilla Panamá entregó el territorio de la Zona del Canal a Estados Unidos, quienes realizaron una reorganización total del espacio en función de la construcción, manejo y defensa del Canal y durante los primeros tres años se encargaron de realizar obras de saneamiento e infraestructura (Tejeira, 2000).

En 1910 Estados Unidos envió tropas permanentes y se ordenó la construcción de obras de defensa del canal (Tejeira, 2000).

Para 1912 ya se muestra el área donde actualmente se encuentra Ciudad del Saber como de posible uso militar; se cambiaron muchos nombres y también la topografía ya que el sitio fue aprovechado para depositar la tierra excavada de las esclusas de Pedro Miguel y debido a esto adquirió su primer nombre Miraflores Dump (Tejeira, 2000).

En 1919 fue creada finalmente una enorme base que incluía el Miraflores Dump y se le decidió cambiar el nombre por Fort Clayton (Tejeira, 2000).

El fuerte Clayton funcionó como base de infantería durante 79 años. Hasta 1979, año en el que la Zona del Canal desapareció como ente político, las bases militares estadounidenses coexistían con el territorio que correspondía al Canal. Una vez entraron en vigencia los Tratados Torrijos-Carter, sobrevivieron algunos años más como un territorio inserto dentro de la tierra devuelta a Panamá (Tejeira, 2000).

1.2.3 Urbanismo de Clayton

El diseño inicial del Fuerte Clayton refleja una combinación de la tradición militar pasada, tendencias contemporáneas en el planeamiento urbano y el prevalente diseño adaptado al clima de los edificios que se utilizaron de manera repetitiva por el Isthmian Canal Commission/The Panama Canal. Es importante tener en cuenta que el acelerado crecimiento de esta área requería la constante adición de instalaciones para sostener la vida cotidiana de sus habitantes en términos de comunicación, comida, combustible y recreación con el objetivo de hacer la Zona del Canal tan autosuficiente como fuese posible (Enscore, 2000).

Las barracas, cuarteles de oficiales y el complejo administrativo encierran la plaza de armas lo cual es un concepto de diseño militar pre-Guerra Civil. Las edificaciones en el conjunto están considerablemente distanciadas unas de otras y son en líneas generales de baja altura.

El uso de una calle curva para el área residencial refleja el ideal del diseño suburbano, que en la época, emergía en Estados Unidos así como las decisiones de

planificación urbana hechas para las ciudades permanentes que habían sido construidas en la Zona del Canal. Los planos para esas comunidades en la Zona del Canal habían sido influenciados y parcialmente ejecutados por un grupo de renombrados arquitectos y paisajistas contratados por el coronel Goethals para asegurar que los ciudadanos estadounidenses viviendo en la Zona del Canal vivieran en comunidades hermosas, comunidades que contribuyeran a la calidad de vida de sus residentes (Enscore, 2000).

Históricamente el urbanismo en Clayton creció en varias etapas hasta llegar a su apogeo y máxima población durante la Segunda Guerra Mundial. Con el pasar de los años fue separada de la Curundu Military Reservation original que finalmente quedó reducida a un área residencial. En los años 50, Clayton absorbió a este nuevo Curundu. Nunca se urbanizó todo y gran parte del terreno se mantuvo como reserva forestal (Tejeira, 2000).

Al revertir Clayton a Panamá, gran parte de los edificios construidos durante la Segunda Guerra Mundial quedaron dentro de Ciudad del Saber, fuera de ella están solo el enorme hospital, la residencia de enfermeras, una escuela y varios conjuntos de viviendas para oficiales (Tejeira, 2000).

El plano general para el puesto de infantería en Miraflores Dump requería tres grandes barracas en tres lados de una cuadra trapezoidal con el edificio de la administración centrado en el cuarto lado. Los edificios estarían de cara hacia la parte interna de la cuadra y tendrían calles por detrás. En Fort Clayton su construcción actual siguió las recomendaciones del The Cronkhite Board, e inicialmente era idéntico al Fort Davis. En conformidad con la petición hecha en 1919 por el Commanding General of the Panama Canal Department, la construcción de 'varios edificios pequeños' fue mantenida a un mínimo, y grandes barracas fueron usadas donde fuese posible. Este acercamiento creó un emplazamiento más compacto con menos edificios, por consecuencia reduciendo el costo de los servicios. La consolidación de todas las funciones administrativas en un edificio del cuartel general fue también recomendado como una medida para ahorrar dinero (Enscore, 2000).

En 1914 como parte de los equipamientos comunitarios de Balboa se construyeron facilidades recreacionales (YMCA) para el uso de los empleados civiles al igual que para el personal militar. Todas estas edificaciones eran temporales y fueron hechas de estructura de madera y es por esto que muy pocas sobrepasaron la década de los 20's. En 1933 se construyó la primera edificación recreativa permanente identificada como el Service Club. El Fuerte Clayton también contaba con facilidades como un gimnasio (fue demolido y reemplazado en 1951), un edificio para jugar bolos (reemplazado por el edificio 101 en 1943), una piscina (reemplazada por la edificación 452 en 1948) y más tarde un campo de golf con canchas de tenis en la parte noroeste del área abierta. En 1949 se construyó una casa club de golf. Estas facilidades estaban ubicadas en una configuración de espacio abierto que duró aproximadamente tres décadas. A la parte sur de este espacio abierto se le llamó Clayton Community Park y contenía un patio de recreo o área de juegos infantiles y

cinco bohíos organizados de forma circular para uso recreacional. El parque también contiene un campo de ligas menores, un campo de softball, un campo de rugby, una cancha de atletismo, una cancha de tenis, una acera curva para trotar o caminar alrededor de casi todo el área y posteriormente se añadieron un campo de fútbol, una cancha de basketball entre otras áreas de juego además de áreas de estacionamientos (Enscore, 2000).

Otras edificaciones a destacar que ayudaron al crecimiento y permanencia de la Zona del Canal fueron la oficina postal, el garaje de intercambio postal, el comisariato, las paradas de bus techadas, las canchas atléticas, el teatro entre otros.

El manejo de los drenajes durante los prolongados periodos de lluvia fue una gran consideración en el ordenamiento del Fuerte Clayton. Esto era evidente en el paisaje, el cual mostraba un sofisticado sistema de drenajes y alcantarillas. El agua de lluvia salía directamente de los techos de los edificios o dirigidos a través de embudos hacia estrechos drenajes de concreto superficiales en el perímetro de los edificios. De estos drenajes el agua fluía rápidamente hacia drenajes superficiales más grandes que pasaban entre los edificios. Este sistema de alcantarillas abiertas drenaba directamente en el río Cárdenas. El sistema funcionaba perfectamente durante las lluvias torrenciales. En algunas áreas el suelo se asentó, creando puntos bajos en los drenajes superficiales en los que el agua se quedaba estancada generando criaderos de mosquitos y otras pestes, algo similar ocurría en los lotes con mucha vegetación cuando los drenajes se obstruían por materia vegetal (Enscore, 2000).

1.2.4 Arquitectura

La arquitectura en el fuerte Clayton fue definida, en general, como de *Mission Style* y un Art Deco tropicalizados (Tejeira, 2000).

Hacia la década de 1890 la armada había iniciado a desarrollar un sistema estandarizado de construcción para muchos tipos diferentes de edificios, incluyendo edificios administrativos, barracas y viviendas familiares. Esta tendencia hasta la estandarización tuvo la intención de controlar los costos de construcción y mejorar los estándares de vida, proveyendo una ruta para incorporar mejores diseños de edificios en la práctica de construcción estandarizada en las instalaciones de la armada, incluyendo a aquellas ubicadas en la Zona del Canal (Enscore, 2000).

Los edificios en Clayton fueron diseñados para ser de un tipo uniforme de construcción y de manifestar características consistentes con la economía, que la experiencia pasada había demostrado para la permanencia y el confort. Las características básicas de la arquitectura de los edificios originales era un esqueleto (columnas y vigas) de concreto reforzado con paredes exteriores de bloques de concreto huecos estucados en el exterior y recubiertas con cal en el interior. Los techos estaban cubiertos con teja española sobre estructura de madera. Las elevaciones del primer piso estaban uniformemente cuatro pies arriba y los

edificios incluían típicamente generosos porches con suelos de concreto, pantallas de cobre y cubiertas (campanas) con baldosas en las que de otra manera serían ventanas de barracas desprotegidas (Enscore, 2000).

La adaptación más obvia debido a las lluvias torrenciales de Panamá eran los amplios aleros diseñados para mantener la lluvia lejos de las paredes exteriores tanto como fuese posible. Otra adaptación fue la arcilla roja de las tejas españolas usada para la cobertura del techo. Las campanas especiales para las ventanas también fueron incluidas para proteger las ventanas abiertas de la lluvia. La más avanzada de estas campanas evolucionó en un tipo especial de techo llamado 'mediagua', un alero ancho e inclinado fijado en pisos intermedios de un edificio para proteger las aperturas de ventanas debajo. Una mediagua va como un toldo permanente alrededor del perímetro de una pared externa (Enscore, 2000).

Para proteger al interior de edificio y sus contenidos de la fuerte humedad, las viviendas familiares y los cuarteles de los oficiales solteros tenían closets secos, que eran pequeños espacios secos cerrados con un foco de luz que estaba encendido constantemente para reducir la humedad, y circular aire (por convección) y de ese modo reducir el crecimiento del moho. En las barracas los closets secos eran espacios bastante más grandes y se les conocía como cuartos secos. Sin estos espacios la ropa podía estar cubierta de moho en muy poco tiempo. Se le añadió fungicida a las pinturas para mantener el problema del moho bajo control (Enscore, 2000).

Otra de las grandes consideraciones al diseñar era el insufrible calor, por lo que la efectiva ventilación era esencial para proveer una vivienda habitable. Se incorporaron porches amplios al diseño de todas las unidades residenciales, ambas viviendas familiares y barracas. Las paredes interiores tenían con frecuencia en la parte alta aperturas y puertas para mejor circulación de aire a cambio, los usuarios perdían privacidad.

Los edificios incluían numerosas ventanas en todos los laterales para maximizar la ventilación cruzada. Todos los porches y ventanas tenían pantallas de cobre para mantener a los mosquitos afuera (Enscore, 2000).

La arquitectura de Clayton incluía interesantes características para combatir el problema de las termitas. El uso de concreto como principal material de construcción fue el más obvio. Alzando el primer piso cuatro pies sobre el nivel de suelo natural eliminaba el contacto directo con el suelo (a excepción de las fundaciones de concreto). Para las construcciones temporales y madera, collares de metal llamados 'insect pans' fueron instalados para separar las columnas de apoyo del suelo natural de los componentes de madera de arriba, así como para crear una barrera a las termitas (Enscore, 2000).

Otro tipo de arquitectura se puede observar en la construcción de los YMCA donde el arquitecto Gustav Shay incorporó elementos de la arquitectura peruana, española y sudamericana y los adaptó al clima de Panamá en un estilo al que se le llamó

Bellavistino. Los elementos que hacen identificable este estilo son: su masa asimétrica, las múltiples líneas de techo, arcos de medio punto soportados por pilares y el trabajo decorativo del enrejado. Los materiales eran típicamente yeso blanco o estuco para las paredes externas, tejas de arcilla para el techo y una distintiva combinación de piedra y ladrillo rojo en la base del edificio (Enscore, 2000).

1.2.5 Materiales de construcción

Debido a que Panamá posee un clima tropical húmedo, en Clayton, solo se utilizaron metal y madera como materiales de construcción temporales ya que se deterioraban rápidamente debido al calor y a la humedad. La madera se pudría con facilidad y era vulnerable al ataque de insectos y el acero se corroía rápidamente. Finalmente se demostró que el concreto era el material más práctico para el ambiente tropical y fue usado ampliamente como concreto reforzado y en bloques en las construcciones permanentes (Enscore, 2000) para la estructura (vigas y columnas) las paredes y el piso. Para los techos se utilizó la teja española sobre estructura de madera que posteriormente fue reemplazada por un recubrimiento de techo metálico en los años 90.

La cobertura de suelo en la zona muestra actualmente amplias zonas de césped en los patios, jardines, espacios residuales y parque; aceras de concreto y calles de concreto, existiendo también algunos tramos con una capa superficial de asfalto.

1.2.6 Vegetación

La vegetación natural en el Fuerte Clayton era mayormente del tipo bosque húmedo tropical con algunas áreas donde la vegetación predominante eran grama y arbustos (Enscore, 2000).

La vegetación del bosque era densa y exuberante y como toda vegetación en los trópicos crecía muy rápidamente. En el área construida del posteriormente expuesto paisaje la vegetación fue plantada con propósitos estéticos incluyendo muchas variedades de plantas florecientes como hibiscus, bougainvillea, y orquídeas. Los estadounidenses enviados a Panamá consideraron la flora nativa junto con las especies introducidas por los inmigrantes previos como dramáticas y exóticas (Enscore, 2000).

En este clima y escenario era natural que la jardinería se volviera un pasatiempo popular; las áreas de las casas de los cuarteles oficiales del emplazamiento estaban rodeadas por arreglos plantados de manera naturalista. La calle principal del emplazamiento estaba alineada con palmas maduras y también fueron plantadas en otras áreas para proveer con sombra a las actividades de exteriores (Enscore, 2000).

Capítulo II: Marco teórico

2.1 El clima

El clima es definido por los parámetros meteorológicos medidos durante la mayor cantidad de años posible que caracterizan un lugar. Algunos de estos parámetros son la temperatura, humedad, precipitación, viento, insolación, etc.

La climatología es la ciencia que estudia el clima y se encarga de clasificar los diferentes tipos de clima que existen en el planeta, su localización geográfica y su evolución en el tiempo.

Para la planificación urbana interesa la escala local, es decir, el microclima cuyos rasgos pueden verse influidos por factores del entorno próximo (relación de espacios edificados o libres vegetación, agua, montañas etc.) y además puede ser alterado por el propio planeamiento (Higueras 2006).

En toda ciudad las condiciones climáticas generales están modificadas por lo que aparece un microclima característico de las áreas urbanas denominado “microclima urbano”.

2.1.1 Zonas climáticas

Existen numerosos sistemas para clasificar las zonas climáticas. siendo uno de los más utilizados el de W. Köppen, que toma como criterio la relación entre clima y vegetación, determinando cinco zonas climáticas básicas.

El sistema de Köppen se basa en que la vegetación natural tiene una clara relación con el clima, por lo que los límites entre un clima y otro se establecieron teniendo en cuenta la distribución de la vegetación.

Köppen divide los climas del mundo en cinco grupos principales: tropical, seco, templado, continental y polar, identificados por la primera letra en mayúscula. Cada grupo se divide en subgrupos, y cada subgrupo en tipos de clima. Los tipos de clima se identifican con un símbolo de dos o tres letras.

En Panamá se han determinado dos zonas climáticas según esta clasificación

La primera es la Zona A, caracterizada por los climas tropicales lluviosos en donde la temperatura media es mayor a 18 °C durante todo el año. Esta zona es de vegetación megaterma, ya que en ella crecen plantas tropicales que requieren de mucho calor y humedad (Hidromet, 2021).

La segunda es la Zona C que se caracteriza por climas templados lluviosos en los que la temperatura media mensual más cálida es mayor a 10°C y la temperatura media mensual más fría es menor a 18°C. Esta zona es de vegetación mesoterma,

ya que en ella crecen plantas que necesitan calor moderado y suficiente humedad, pero que generalmente no resisten extremos térmicos o pluviométricos (Hidromet, 2021).

2.2 Urbanismo bioclimático

El bioclimatismo es un concepto que proviene de la integración del diseño, la construcción y su ambiente natural en el cual cada uno de los componentes se vuelve parte integral del otro.

Se basa en la obtención de condiciones naturales y creadas para la locación específica y su impacto en la calidad de vida. Primero que todo, es el diseño y la construcción de la huella para proveer calidad de las condiciones microclimáticas del ambiente interno en comparación con las condiciones locales externas (Mihajlović, 2017).

Los principales objetivos de la arquitectura bioclimática son:

1. Integración de los edificios con el ambiente y los flujos naturales de energía,
2. El uso de ambos para lograr un mayor confort sin perturbar el balance del ambiente ecológico natural (Mihajlović, 2017).

2.3 Elementos de la estructura urbana que influyen en el microclima urbano

2.3.1 Condiciones adecuadas de la estructura urbana para el clima cálido húmedo

Elección del emplazamiento: Emplazamientos situados un poco altos y enfrentados a la dirección del viento son los más convenientes; en especial aquellos situados cerca de las crestas, donde reciben la mayor cantidad de movimiento del aire. (Higuera 2006)

Estructura urbana: Las casas deben estar separadas para aprovechar los movimientos del aire. Los espacios techados adquieren mayor importancia. El carácter del entramado urbano debe ser más disperso y relajado. (Higuera 2006) Para espacios públicos es recomendable que las distancias peatonales sean mínimas y preferiblemente sombreadas. (Higuera 2006)

Paisaje: En áreas de topografía llana, la utilización integrada de agua no es solamente posible, sino beneficiosa. Los drenajes de agua deberán estar situados lejos de la casa; también se deberán prever las pendientes necesarias para permitir la escorrentía del agua en el caso de tormentas muy fuertes. (Higuera 2006)

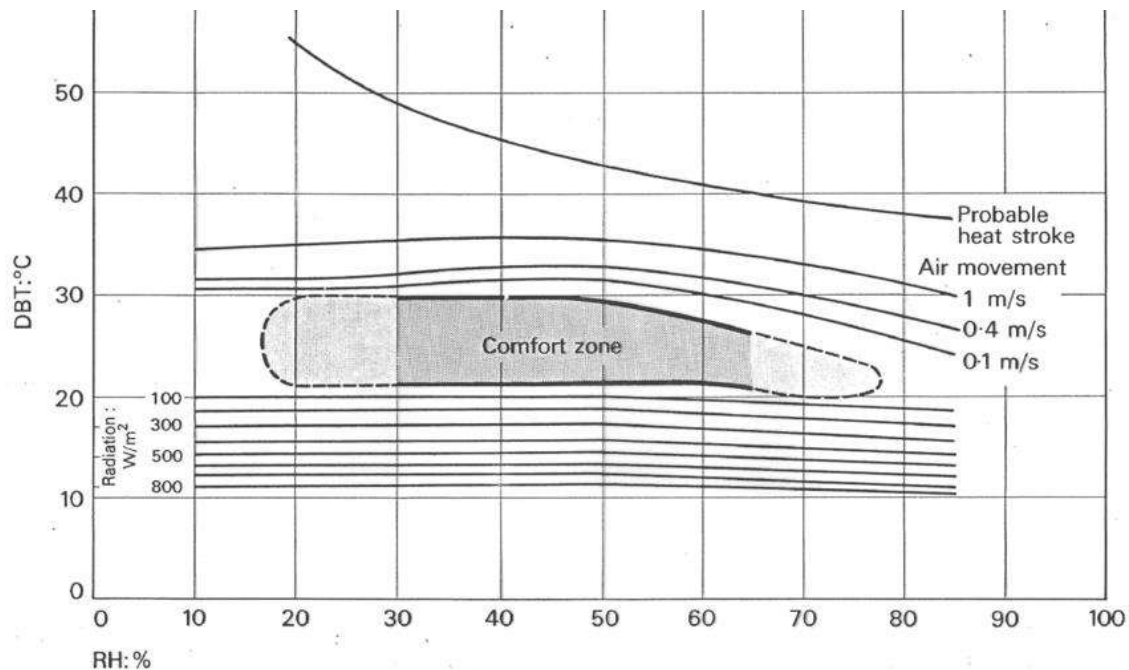
Vegetación: Las ramas de los árboles plantados para proporcionar sombra deberán ser altas para no interferir con las brisas. La vegetación baja debe estar lejos de la casa para no interrumpir el movimiento del aire. El aire que incide en una estructura, procedente de un estanque a la sombra, resulta muy beneficioso. (Higueras 2006)

2.4 Bioclimatismo y su influencia en el confort térmico

Una persona experimenta confort térmico cuando se produce un equilibrio entre las pérdidas y ganancias energéticas del cuerpo humano respecto al medio ambiente. Muchos autores han definido y considerado los límites impuestos por el clima a los cuales el hombre se ha adaptado, ha modificado y ha acondicionado su entorno para conseguir el confort a los cambios climáticos estacionales (Higueras 2006).

Un estudio interesante es la carta bioclimática de Olgay ya que sirve para caracterizar el clima de un lugar relacionándolo con el confort de las personas.

FIGURA 2. Carta bioclimática de Olgay



Fuente: Koeningsberger et al. (1978, p.51)

Esta carta proporciona tres estrategias para remediar las situaciones desfavorables:

- 1) Radiación solar para situaciones de frío.
- 2) Humedad para situaciones de alta temperatura.
- 3) Viento para situaciones de temperaturas y humedad elevadas.

Estas estrategias deben ser aplicadas en principio a los espacios libres y zonas verdes urbanas, ya que modifica directamente al microclima local y posteriormente modifica a las edificaciones y a sus usuarios. (Higuera 2006)

Es importante destacar que cada zona geográfica tiene una carta bioclimática específica dada por las condiciones ambientales de su clima.

2.4.1 Ocupación y volumetría urbana

Las áreas urbanas compactas con temperaturas medias elevadas y con presencia de abundantes focos de calor son más intensos en las calles, las plazas y en las zonas de estacionamiento. El tipo de materiales y la densidad de las zonas, en las que se produce también una temperatura del aire más elevada, manifiestan el efecto isla de calor más intensamente (Higuera 2006).

En las zonas de menor densidad tanto en volumen de las edificaciones como en la superficie ocupada por la red viaria, las temperaturas son descendentes con respecto a las áreas urbanas compactas, ya que los focos de calor disminuyen en cantidad e intensidad y a su vez pueden enfriar más rápidamente porque se produce una menor reflexión hacia la superficie. El rasgo más sobresaliente es la heterogeneidad, ya que se presentan contrastes muy significativos entre los espacios construidos y los vacíos (Higuera 2006).

2.4.2 Factor h/d

La buena orientación del edificio no garantiza la cantidad de horas de sol anuales requeridas para él mismo dentro de la ciudad, por lo que se debe tener en cuenta la altura de los edificios colindantes y enfrentados, ya que sus características pueden afectar al asoleamiento.

Se puede conocer cuál debería ser la separación entre dos o más edificios para que quede garantizado el asoleamiento necesario, mediante la utilización de métodos gráficos o analíticos. La necesidad del sol depende de cada lugar, según su latitud y clima.

Para el clima tropical húmedo las recomendaciones con respecto al asoleamiento van dirigidas al aprovechamiento de la luz natural como fuente de energía y al rechazo del calor; para el segundo, es de gran importancia evitar la radiación difusa y directa tanto como sea posible y generar espacios con sombra tanto en interiores como en exteriores para garantizar el confort térmico.

La relación entre el ancho de calles y la altura de la edificación viene determinada por el ángulo de obstrucción solar h_0 .

h_0 = Ángulo de obstrucción

h = Altura del edificio

d = Distancia entre fachadas

$$h_0 = (\text{arc tg}) (h/d)$$

Una baja proporción de h/d permite a la superficie de un edificio y tramo de calle obtener más exposición a la radiación solar difusa y directa por lo que el resultado es una alta temperatura del aire, este caso se suele dar en suburbios. Lo contrario sucede si existe una proporción alta de h/d, ya que se crean espacios de uso público sombreados debido a la proximidad de las edificaciones, lo cual está directamente relacionado con configuraciones urbanas más densamente pobladas.

2.4.3 Cobertura de suelo

Una de las principales características de las áreas urbanas es la alteración de los acabados superficiales de los suelos. Las superficies pavimentadas son las dominantes en el medio urbano y no son muy beneficiosas cuando se habla en términos bioclimáticos, ya que se produce el efecto isla de calor por la falta de disipación nocturna del calor acumulado durante el día, en principio, por la presencia de contaminación atmosférica (smog).

La temperatura de la ciudad aumenta debido a la alta proporción de energía secundaria consumida, la modificación de las características de absorción de las superficies urbanas (impermeables y de color oscuro mayormente) y menor efecto refrigerador de su atmósfera como resultado de la contaminación.

Los árboles representan una pantalla ideal para la radiación sobre el suelo y la protección de los peatones y a su vez absorben el calor mediante la transpiración liberando humedad en el ambiente, esto favorece un control sobre las temperaturas ambientales de las superficies horizontales y verticales y resulta un factor relevante que puede permitir alcanzar el confort climático.

El suelo natural es ideal porque permite permeabilidad, que es determinante para las escorrentías, el crecimiento vegetal y la retención de agua entre otras cosas. Los suelos permeables producen menor escorrentía superficial.

2.5 Definición de confort térmico

El confort térmico es un estado que expresa satisfacción física y psicológica del individuo con el ambiente térmico. Este es subjetivo, por lo que depende de los individuos y también del microclima. El confort térmico se mantiene cuando el calor generado por el metabolismo humano tiene permitido disiparse a una tasa que mantiene el equilibrio térmico en el cuerpo. Cualquier ganancia o pérdida de calor más allá de esto genera malestar sustancial. Esencialmente, para mantener el confort térmico el calor producido debe ser igual al calor perdido (ASHRAE 55).

Las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire deben ser favorables a la actividad que se desarrolle.

El exceso de calor, sea proveniente del ambiente o generado por el propio metabolismo, debe ser eliminado para mantener una temperatura constante en el cuerpo y asegurar el confort térmico.

Las regiones tropicales húmedas están localizadas generalmente cerca del ecuador. Los primeros estudios dirigidos por Webb en 1949 llevaron al desarrollo del Equatorial Climate Index (ECI), la velocidad del aire ideal es 0.2 m/s con humedad relativa del 70% y la temperatura ideal de 29.86°C. No obstante la predicción está basada únicamente en las temperaturas de bulbo húmedo y seco y la velocidad del viento pero excluyendo el nivel de actividad y el valor de la ropa en esta derivación. Estos dos factores son parámetros importantes ya que están bastante relacionados a la influencia social y cultural. Mallick en su investigación también había descubierto que las personas son bastante capaces de adaptarse al ambiente que lo rodea al cambiar patrones de comportamiento y preferencias de estilo de vida. El proceso de aclimatación también tuvo una gran influencia en el estudio de preferencias de confort.

En su estudio de 1996 involucrando a un grupo de estudiantes de arquitectura viviendo en áreas urbanas en Dhaka, Bangladesh, Mallick descubrió que los participantes eran capaces de tolerar humedad relativa y temperaturas altas para el confort mayormente por la adaptación a un clima específico. El estudio también encontró que el estimado de temperatura de confort se encontraba en un rango de 24° Celsius y 33° Celsius bajo condiciones de aire tranquilas y con una velocidad de aire de 0.3 m/s, el rango aumentó por 2.4°C para el conteo más bajo y 2.2°C para el límite más alto.

El movimiento del aire era un factor contribuyente en el confort térmico ambiental, sin embargo, de acuerdo con este estudio, a pesar del amplio rango de datos tomados de humedad relativa que iban del 50% al 96%, la humedad tenía poca influencia en el nivel de confort térmico en el condicionamiento a largo plazo (Jones, 2009).

2.6 Radiación solar

El sol es la fuente natural de la iluminación durante el día, su efecto está determinado por la latitud, la altitud y las condiciones climáticas de cada región.

Aproximadamente un 43% de la radiación que es emitida por el sol es absorbida por la superficie terrestre, el resto es absorbido por la atmósfera o es distribuido y reflejado por la superficie de la tierra.

La radiación se recibe de manera directa cuando proviene del sol y de manera difusa debido a las múltiples reflexiones sobre las superficies o la atmósfera.

La radiación difusa está asociada con la iluminación y es la que mayormente se percibe cuando el sol es cubierto por las nubes durante el día y en este caso, su superficie puede reflejar la radiación directa de vuelta al espacio.

Para el diseño en espacios en el clima tropical el criterio de diseño es el aprovechamiento de la gran cantidad de luz natural y un máximo control del calor para producir ambientes de mayor calidad térmica y menor consumo de energía de enfriamiento.

2.7 Temperatura de las superficies

La temperatura superficial es la temperatura radiante de la superficie terrestre, esto incluye superficies como: hierba, suelo, carreteras, aceras, edificios y árboles entre otros.

Una de las grandes variables que influyen en el microclima urbano es la temperatura de las superficies, las cuales están en gran medida influenciadas por el tipo de material que se utilice.

Las superficies permeables son más frescas que las superficies impermeables ya que albergan humedad que se evapora cuando la temperatura es alta, por otra parte las superficies impermeables no hacen esto.

Como las ciudades están en gran medida cubiertas con superficies impermeables es importante seleccionar el material adecuado para causar el menor impacto en el microclima.

Estos materiales se pueden clasificar principalmente en dos grupos: los que reflejan la luz y los que absorben la radiación durante el día y la liberan lentamente durante la noche. Los materiales más reflectantes suelen tener una temperatura superficial más baja y suelen ser de colores claros, mientras que los materiales menos reflectantes suelen tener una temperatura superficial más alta y suelen ser de colores oscuros. Otra característica a considerar es qué tan áspero o que tan lisa sea la superficie de un material, ya que la aspereza significa mayor área superficial y por consecuencia más posibilidad de almacenar calor.

En términos del confort térmico se conoce que la temperatura superficial del suelo no es la única causante del disconfort en los pies, sino que depende de otros parámetros como la conductividad y el calor específico del material del suelo y del tipo de calzado que se lleve.

2.8 Temperatura del aire

La temperatura del aire es el indicador del calentamiento o enfriamiento del aire. Más específicamente la temperatura del aire describe la energía en movimiento de los gases que conforman el aire.

El calor en el aire se transmite por conducción, convección, turbulencia y radiación, aunque por ser muy mal conductor, la mayoría de los intercambios de calor se hacen por conducción y/o turbulencia. El gas que absorbe la radiación visible en cantidades significativas es el vapor de agua por lo que en principio el calentamiento del aire tiene lugar a través del agua y del suelo.

En líneas generales el aire rodea al cuerpo en todo momento, mientras se esté en la superficie terrestre y no bajo el agua o dentro de alguna sustancia, esto quiere decir que al ser el aire el medio de transporte del calor, este es capaz de transferirlo y afectar el confort térmico.

2.9 Humedad relativa

La humedad relativa es la relación entre la masa de vapor de agua contenida en un determinado volumen de aire y que podría contener el mismo volumen si estuviese saturado a la misma temperatura para dar una lectura del 100% lo cual crea la posibilidad de lluvia.

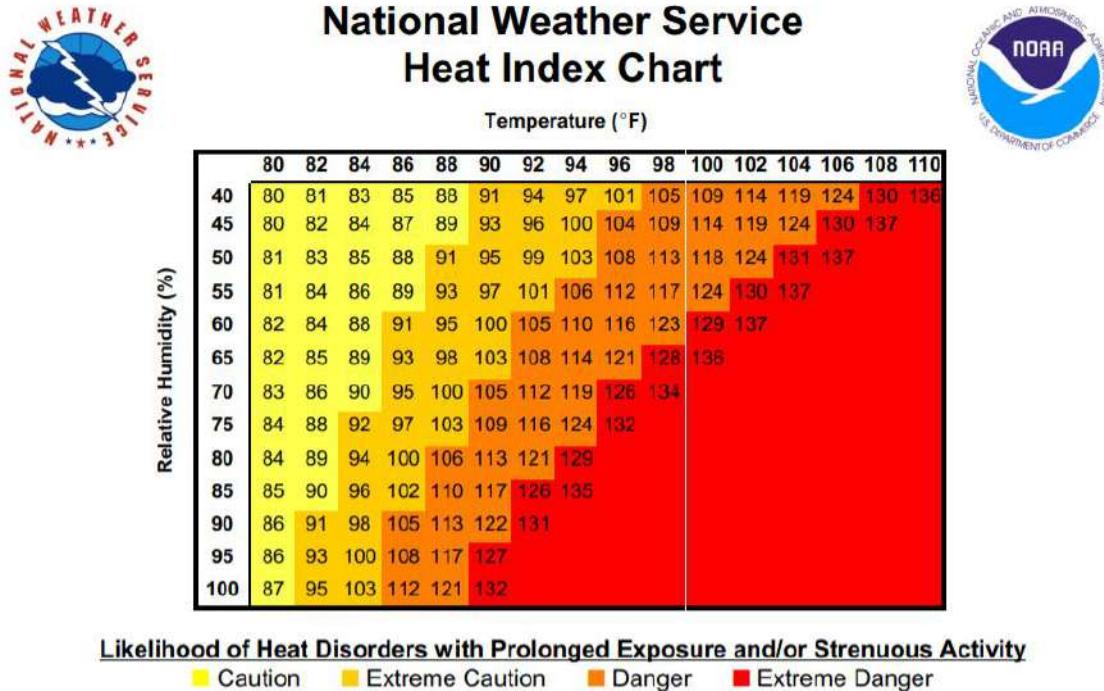
La humedad atmosférica local está determinada por la localización de los elementos de agua en los espacios urbanos, tanto en el sistema general de la vialidad como en el sistema general de espacios libres y verdes y, sobre todo, por la presencia de arbolado frondoso.

Los humanos son muy sensibles a la humedad, ya que la piel depende del aire para deshacerse de la humedad a través de la sudoración. Si hay un 100% de humedad relativa, el sudor no se evaporará en el aire y las personas no podrán refrescarse, esto hace que las personas sientan mucho más calor del que deberían sentir. Si la humedad relativa es baja, las personas se pueden sentir mucho más frescas.

2.10 Índice de calor (Heat Index, HI)

El índice de calor es un sistema de índice de calor desarrollado por The U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA). Este índice combina la temperatura del aire y la humedad relativa en un único valor que indica la temperatura aparente en grados Fahrenheit, o qué tan caliente se sentirá el clima. Mientras más alto sea el índice de calor, más caliente se sentirá el clima y más alto será el riesgo de que los trabajadores experimenten enfermedades relacionadas con el calor.

FIGURA 3. Tabla del índice de calor



Fuente: National Weather Service

2.11 Índice Humidex

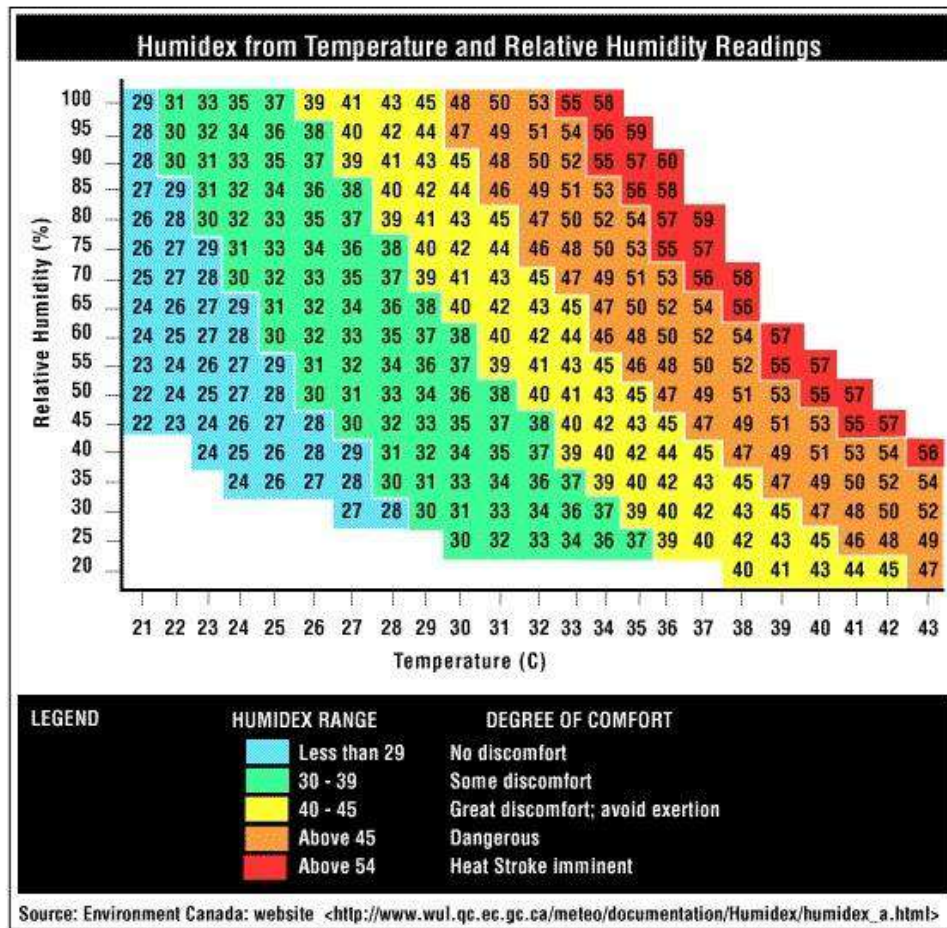
Humidex es un índice que combina la temperatura del aire y humedad relativa con el fin de calcular qué tanto calor percibe un individuo promedio.

Este índice es utilizado principalmente en Canadá y tiene como principal función prevenir la mortalidad de niños pequeños, en mayores de sesenta años y personas en mala condición de salud en general durante los veranos extremadamente húmedos y cálidos. La tabla de Humidex se considera una versión en grados centígrados del índice de calor del National Weather Service.

El servicio meteorológico canadiense considera que cuando Humidex alcanza una lectura arriba de 40°C, se debe evitar toda actividad física que no sea estrictamente necesaria. Si el trabajo al aire libre es una necesidad absoluta en estas condiciones, se recomienda que deben consumirse muchos líquidos y tomarse descansos frecuentes, pues existe riesgo de sufrir choques de calor o de insolación.

Es importante destacar que la relación entre Humidex y el confort térmico es subjetiva ya que puede variar entre individuos, aun así muestra valores que indican si un clima es tolerable o no por el hombre y el riesgo que implica en la salud.

FIGURA 4. Tabla del índice Humidex



Fuente: Environment Canada: página web
http://www.wul.qc.ec.gc.ca/meteo/documentation/Humidex/humidex_a.html

2.12 PMV-PPD

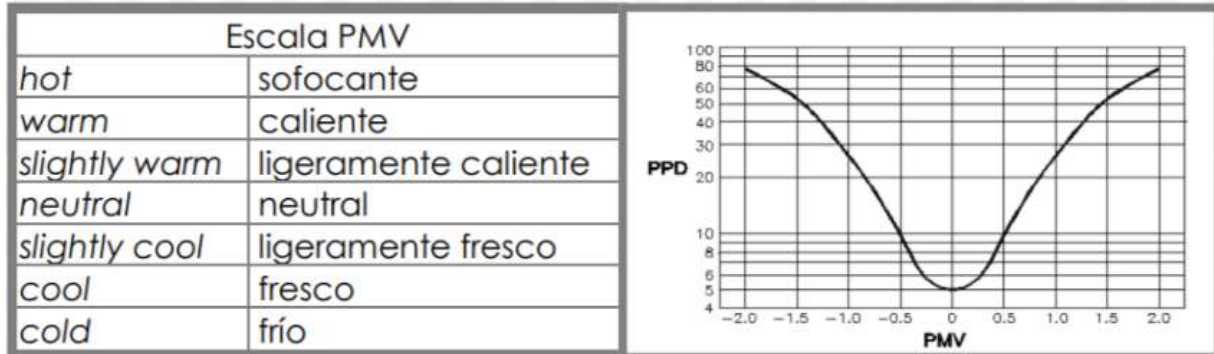
El PMV (predicted mean vote o voto medio previsto) es un índice que permite predecir el valor promedio de la sensación térmica que produciría un ambiente determinado en un grupo de personas expuestas por un largo periodo de tiempo en condiciones constantes a una tasa metabólica constante.

Este índice se puede obtener a través de una herramienta o equipo de medida directa, utilizando programas informáticos o de las tablas que proporcionan valores de PMV para diferentes combinaciones de actividad, vestimenta, temperatura operativa y velocidad relativa del aire. (Hernández 2007)

El PMV establece una tensión térmica basada en la transferencia de calor en estado estacionario entre el cuerpo y el ambiente, y asigna un voto de confort a esa cantidad de tensión, pues este método se deriva de la física de transferencia de calor

combinada con una adaptación empírica para la sensación. PPD es el porcentaje previsto de personas insatisfechas en cada PMV. Como el PMV cambia siempre de cero a cualquier dirección positiva o negativa el PPD incrementa. (Hernández 2007)

FIGURA 5. Tabla y gráfico de Fanger para el PMV y el PPD



Fuente: Tesis Doctoral por: Francisco Javier Chávez del Valle, 2002

Capítulo III: Condiciones climáticas del área de estudio

3.1 Factores determinantes del clima de Panamá

Panamá está ubicado en la región intertropical que se caracteriza en líneas generales por:

- 1) Altas temperaturas con variaciones poco acusadas entre el día y la noche y estacionales.
- 2) Alta humedad relativa debido a las dos grandes masas de agua al norte y al sur, el Océano Atlántico y el Océano Pacífico, respectivamente.
- 3) Hay frecuente nubosidad y fuertes precipitaciones irregulares.
- 4) La radiación es intensa, directa y relativamente difusa.
- 5) Los vientos son muy variables y fácilmente pueden tornarse huracanados.

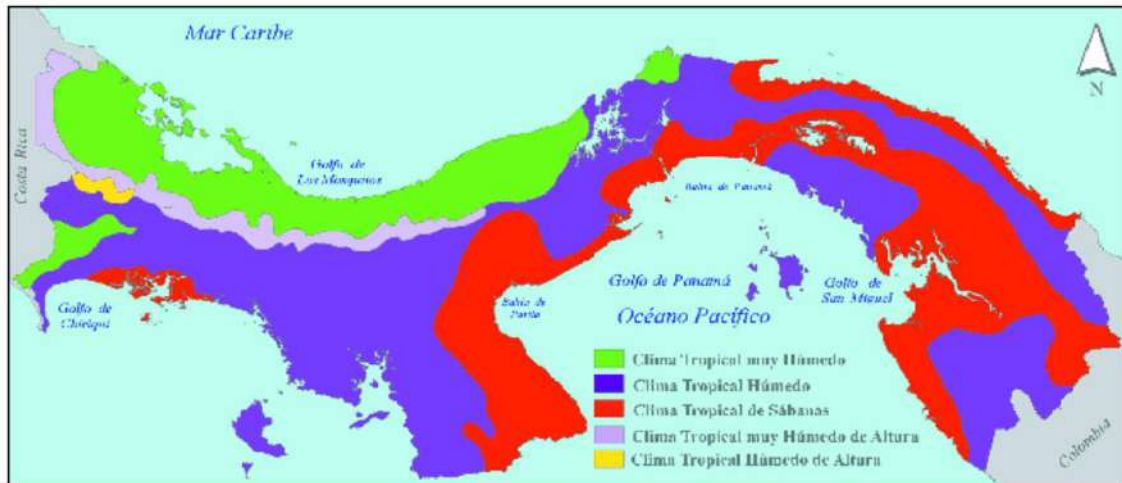
3.2 Climas de Panamá según la clasificación de Köppen

En Panamá se distinguen cinco tipos de climas, siendo el tropical de sabana (Awi) la zona climática en la cual se encuentra el área de estudio (Clayton).

1. Tropical muy húmedo (Afi): Este tipo de clima se caracteriza por la presencia de lluvia copiosa todo el año, en el mes más seco la precipitación es mayor a 60 mm. La temperatura media del mes más fresco es mayor a 18°C. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el más fresco es menos de 5°C. (Atlas Nacional de Panamá, 1988)
2. Tropical de sabana (Awi): Este tipo de clima se caracteriza por una precipitación anual mayor a 2 500 mm, uno o más meses con precipitación menor a 60 mm. La temperatura media del mes más fresco es mayor a 18°C. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco es menor a 5°C. (Atlas Nacional de Panamá, 1988)
3. Tropical muy húmedo de altura (Cfh): Precipitación anual menor que 2,500 mm; estación seca prolongada (meses con lluvia menor a 60 mm) en el invierno del hemisferio norte; temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco, menor de 5°C. (Atlas Nacional de Panamá, 1988)
4. Tropical húmedo de altura (Cwh): Lluvia copiosa todo el año, mes más seco con precipitaciones mayores que 60 mm Temperatura media del mes más fresco menores a 18°C; diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco menor a 5°C, determinado por la altura del lugar (mayor a 1,200 mm). (Atlas Nacional de Panamá, 1988)

5. Tropical húmedo (Af): Las lluvias están repartidas a lo largo del año donde todos los meses se registran arriba de 60 mm de lluvia, sin que exista una estación seca. Se caracteriza por las altas temperaturas y su temperatura anual promedio es de 27°C. (Atlas Nacional de Panamá, 1988)

FIGURA 6. Mapa de climas de la República de Panamá



Fuente: Atlas Nacional de Panamá. 1988.

3.3 Caracterización del microclima en Clayton

Los datos micro climáticos del área de Clayton fueron extraídos de la estación meteorológica de la Florida State University-Panama (FSU).

FIGURA 7. Ubicación de la Florida State University-Panama



Fuente: Google Earth 2021

1) Temperaturas medias, máximas y mínimas.

De acuerdo con mediciones del 2019 del Weather Stem de la FSU Republic of Panama:

CUADRO 1. Temperatura máxima por mes en 2019

Temperatura máxima 2019 (°C)					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
33.16	34.22	34.55	35.55	34.88	35.16
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
34.33	34.61	33.83	33.16	35.44	33.94

Fuente: Weather stem FSU Republic of Panama

- Las temperaturas medias por mes durante el año se registraron entre los 27.77°C y los 25.55°C.
- Las temperaturas máximas por mes medidas durante el año se registraron entre los 35.55°C (siendo esta la más alta registrada, en el mes de abril) y los 33.01°C.
- Las temperaturas mínimas por mes medidas durante el año se registraron entre los 22.7°C y los 20.56°C (siendo esta la más baja registrada en el mes de enero).

2) Humedad relativa.

De acuerdo con mediciones del 2019 del Weather Stem de la FSU Republic of Panama:

CUADRO 2. Humedad relativa máxima por mes en 2019

Humedad relativa máxima 2019 (%)					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
94	87	84	91	95	95
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
94	94	94	95	95	93

Fuente: Weather stem FSU Republic of Panama

- La humedad relativa promedio por mes durante el año se registró entre un 87.5% y un 66%.
- La humedad relativa máxima medida durante el año se registró en un 95% en los meses de mayo, junio, octubre y noviembre.
- La humedad relativa mínima medida durante el año se registró en un 36% en el mes de marzo.

3) Radiación solar.

De acuerdo con mediciones del 2019 del Weather Stem de la FSU Republic of Panama:

CUADRO 3. Radiación solar máxima por mes en 2019

Radiación solar máxima 2019 (W/m2)					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1187	1318	1389	1287	1281	1299
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1274	1329	1369	1274	1192	1155

Fuente: Weather stem FSU Republic of Panama

A lo largo del año las radiaciones máximas por mes se mantuvieron por arriba de los 1150 watt/m2, siendo 1389 watt/m2 la radiación máxima anual medida en el mes de marzo.

4) Dirección y velocidad del viento.

De acuerdo con mediciones del 2019 del Weather Stem de la FSU Republic of Panama.

CUADRO 4. Dirección del viento promedio por mes en 2019

Dirección del viento promedio 2019					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
SW	SW	SW	WSW	SW	WSW
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
WSW	SSW	SSW	SSW	WSW	WSW

Fuente: Weather stem FSU Republic of Panama

A lo largo del año la dirección del viento promedio varía entre WSW, SW y SSW, siendo WSW la dirección mayoritaria durante el año.

CUADRO 5. Velocidad del viento promedio por mes en 2019

Velocidad del viento promedio 2019 (m/s)					
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1.5	1.57	1.73	1.26	1.04	0.86
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0.84	0.82	1.01	0.93	0.78	0.7

Fuente: Weather stem FSU Republic of Panama

La velocidad del viento promedio osciló entre 0.7 m/s y 1.73 m/s, estando la medida más alta en marzo y la más baja en abril.

3.3 Tipologías de tejido urbano a analizar

En líneas generales el tipo de proporción urbana en las áreas residenciales que suele haber en Clayton es de viviendas unifamiliares o aisladas, ya que la altura máxima de las edificaciones no pasa los tres niveles.

Este tejido se caracteriza por ser de baja densidad y regularmente el ancho de las calles sobrepasa a la altura de las edificaciones por lo que la incidencia solar es crítica durante prácticamente todo el año para el clima tropical-húmedo, en principio por la poca obstrucción de la radiación sobre la cobertura de suelo.

3.3.1 Objetivo del análisis

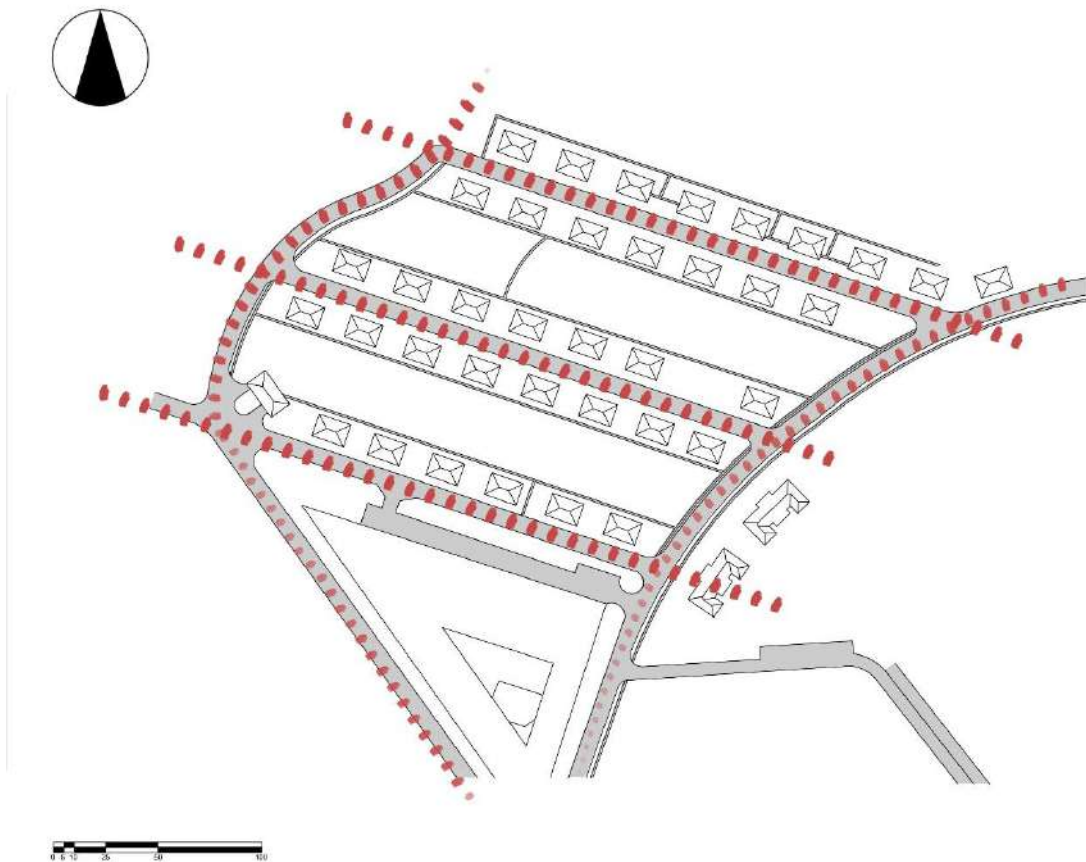
Evaluar y comparar el desempeño térmico de los cinco escenarios y su influencia en el confort térmico.

3.3.2 Descripción de los escenarios

Se escogieron cinco escenarios distintos y se dividieron por zonas. Se denominaron dos zonas y un área de estacionamientos para comparar las dos zonas con el peor escenario posible. Zona A está conformada por Zona A-Patio y Zona A-Calle; Zona B está conformada por Zona B-Patio y Zona B-Calle y Zona de Estacionamientos.

Zona A:

FIGURA 8. Traza de la Zona A



Forma: Retícula sencilla por la presencia de calles paralelas y perpendiculares.

Orientación: Calle con directriz ONO – ESE, que esencialmente genera fachadas orientadas al NNE y SSO. Esta orientación favorece a la ventilación de los espacios públicos con los vientos provenientes del NO y la de las viviendas con los vientos provenientes del NE.

Características de los elementos que la conforman: Existe un predominio de cobertura vegetal (césped) en el área de patio de las casas que en su mayoría está expuesta a la radiación solar directa, ya que no hay casi árboles que la obstruyan. Los árboles están ubicados en su mayoría entre las casas.

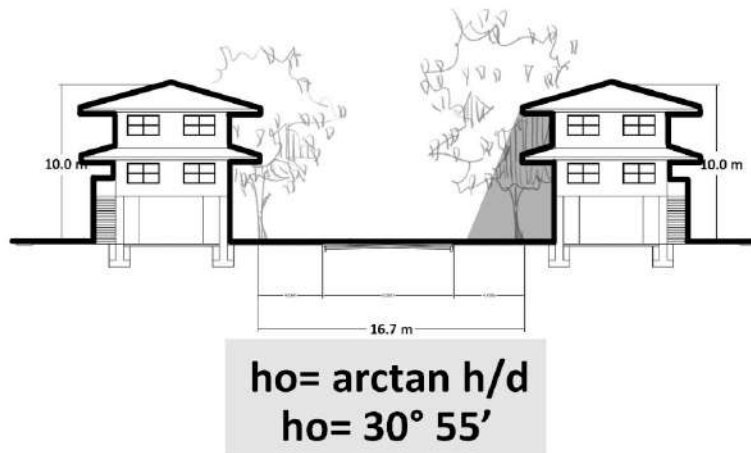
El pavimento de las calles es de concreto a excepción de la vía principal al este de la retícula, que está cubierta de asfalto.

Las edificaciones son viviendas aisladas de tres alturas.

Relación altura edificatoria y ancho de calle:

FIGURA 9. Sección de calle Zona A

Zona A - calle

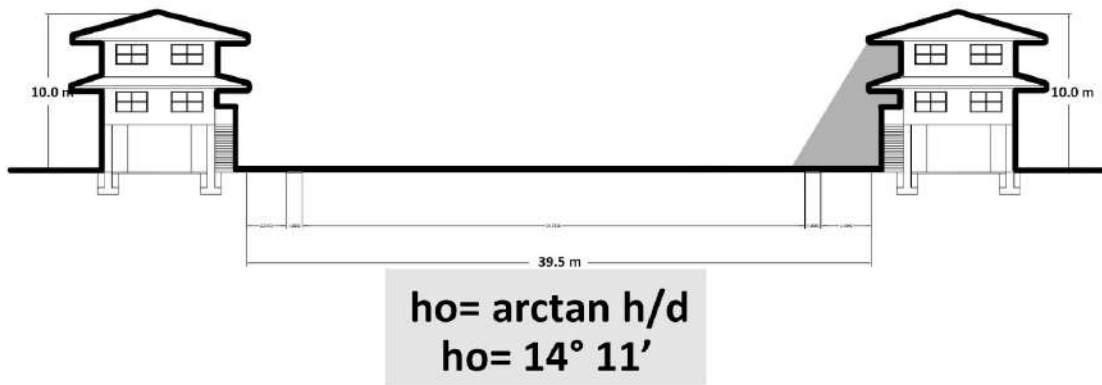


Proporción $h/d = 1:1.67$

La proporción altura - distancia para la sección de calle en Zona A es igual a 0.65 e indica que la calle es 1.67 veces más ancha que la altura de las edificaciones, lo que puede significar para nuestra latitud que una edificación no es capaz de obstruir la radiación solar sobre la otra durante las horas de significativa altura solar.

FIGURA 10. Sección de patio Zona A

Zona A - patio



Proporción h/d = 1:3.95

La proporción altura - distancia para la sección de patio en Zona A es de 0.25 e indica que la calle es 3.95 veces más ancha que la altura de las edificaciones, lo que puede significar para nuestra latitud que una edificación no es capaz de obstruir la radiación solar sobre la otra ni sobre el patio durante el día.

FIGURA 11. Sombras proyectadas en Zona A a las 9:00 a.m. en abril



FIGURA 12. Sombras proyectadas en Zona A a las 12:00 p.m. en abril

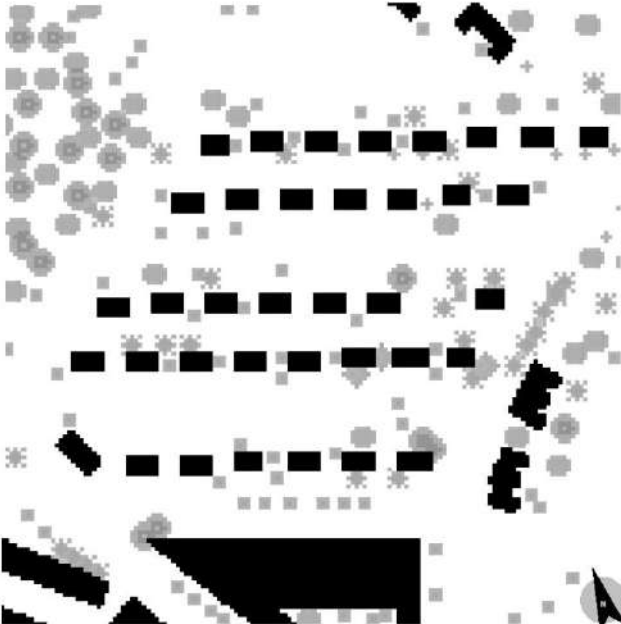
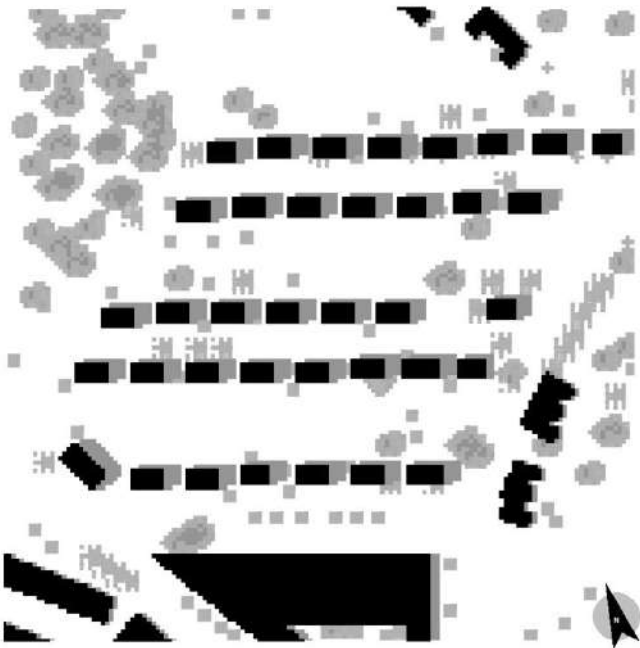
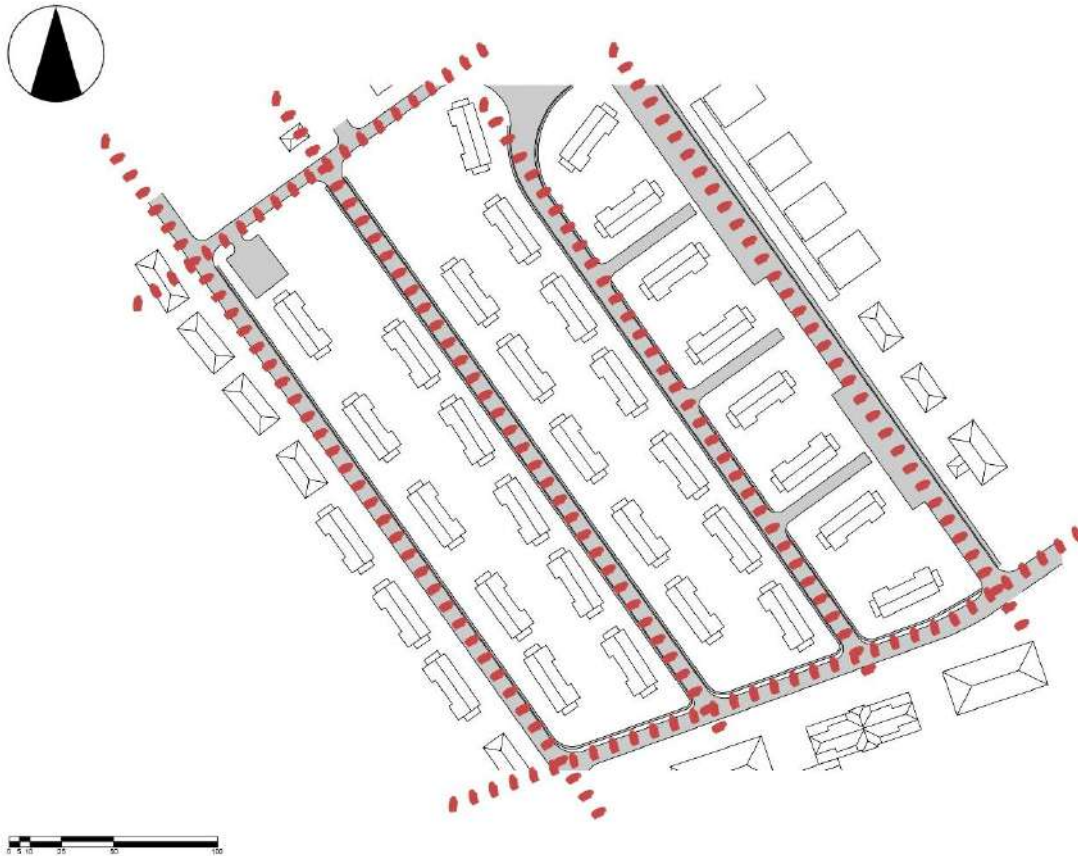


FIGURA 13. Sombras proyectadas en Zona A a las 3:00 p.m. en abril



Zona B:

FIGURA 14. Traza de la Zona B



Forma: Retícula sencilla por la presencia de calles paralelas y perpendiculares.

Orientación: calle con directriz NO – SE, que esencialmente genera fachadas orientadas al NE y SO. Esta orientación favorece a la ventilación de los espacios públicos con los vientos provenientes del NO y la de las viviendas con los vientos provenientes del NE.

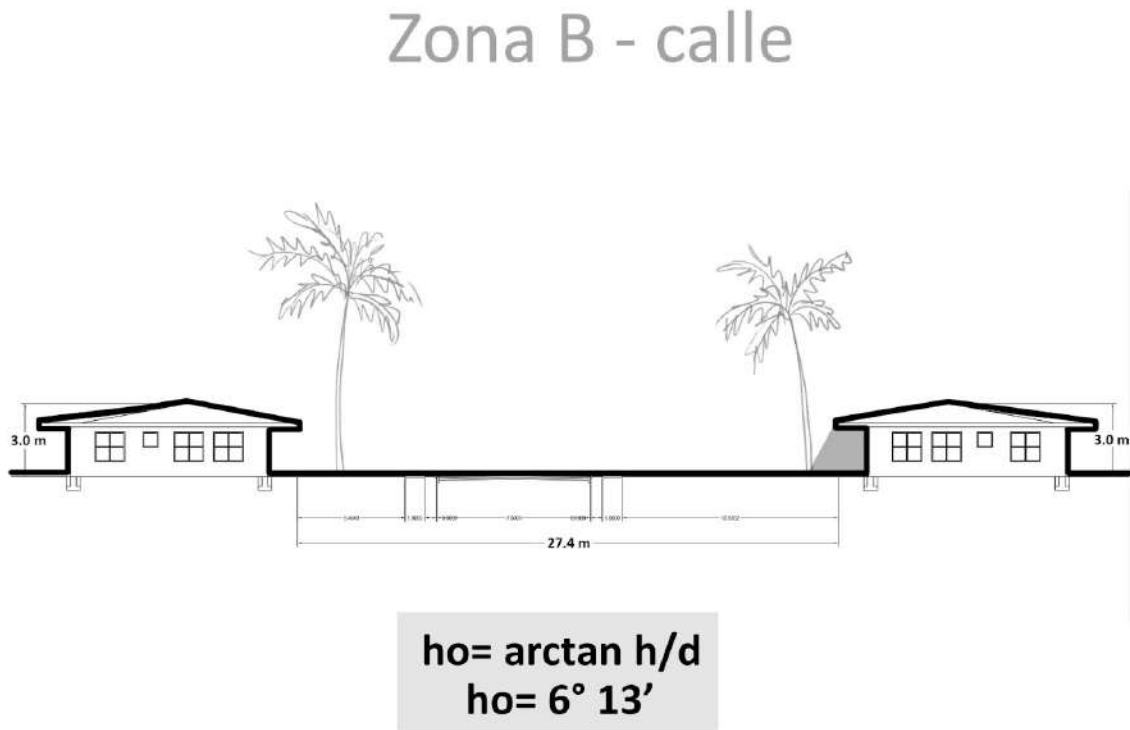
Características de los elementos que la conforman: Existe un predominio de cobertura vegetal (césped) cubierta de árboles que obstruyen la radiación solar a las zonas de patios de las casas.

El pavimento de las calles es de asfalto.

Las edificaciones son viviendas aisladas de una altura.

Relación altura edificatoria y ancho de calle:

FIGURA 15. Sección de calle Zona B

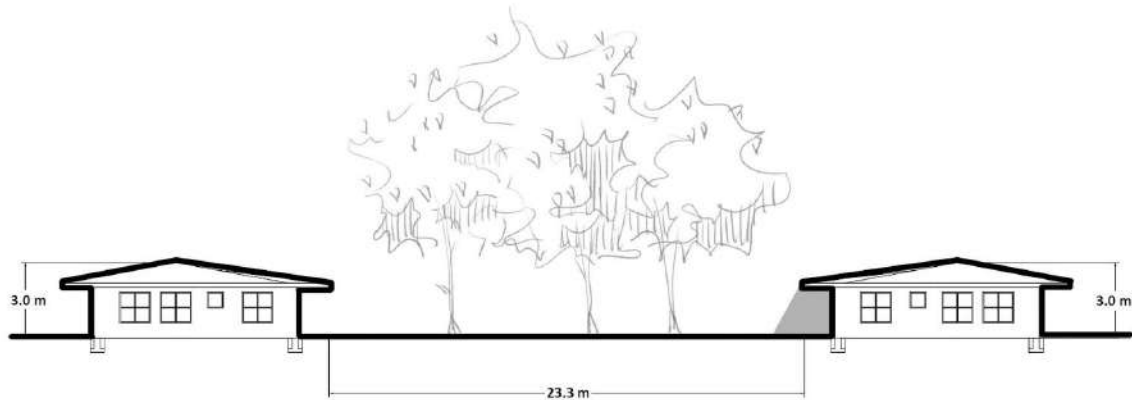


Proporción h/d = 1:9.17

La proporción altura - distancia para la sección de calle en Zona B es de 0.10 e indica que la calle es 9.17 veces más ancha que la altura de las edificaciones, lo que puede significar para nuestra latitud que una edificación no es capaz de obstruir la radiación solar sobre la otra y sobre la calle durante el día.

FIGURA 16. Sección de patio Zona B

Zona B - patio



$$h_o = \arctan h/d$$
$$h_o = 7^\circ 21'$$

Proporción h/d = 1:7.76

La proporción altura - distancia para la sección de patio en Zona B es de 0.13 e indica que la calle es 7.76 veces más ancha que la altura de las edificaciones, lo que puede significar para nuestra latitud que una edificación no es capaz de obstruir la radiación solar sobre la otra ni sobre el patio de las casas durante el día.

FIGURA 17. Sombras proyectadas en Zona B a las 9:00 a.m. en abril

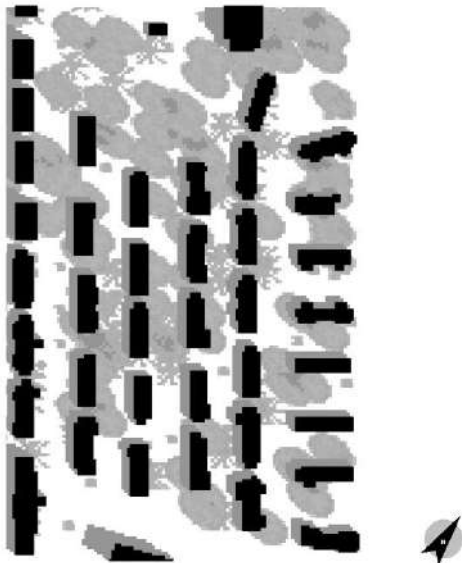


FIGURA 18. Sombras proyectadas en Zona B a las 12:00 p.m. en abril

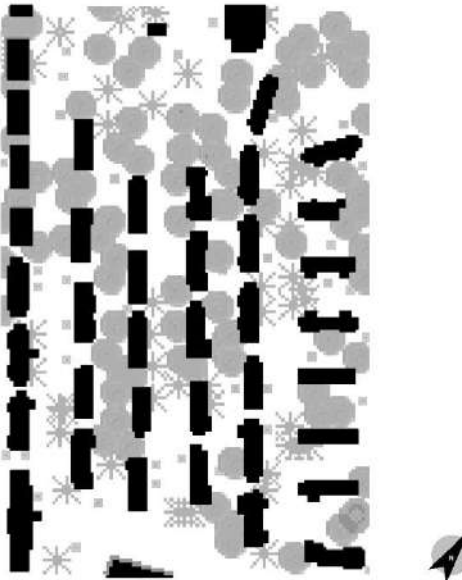
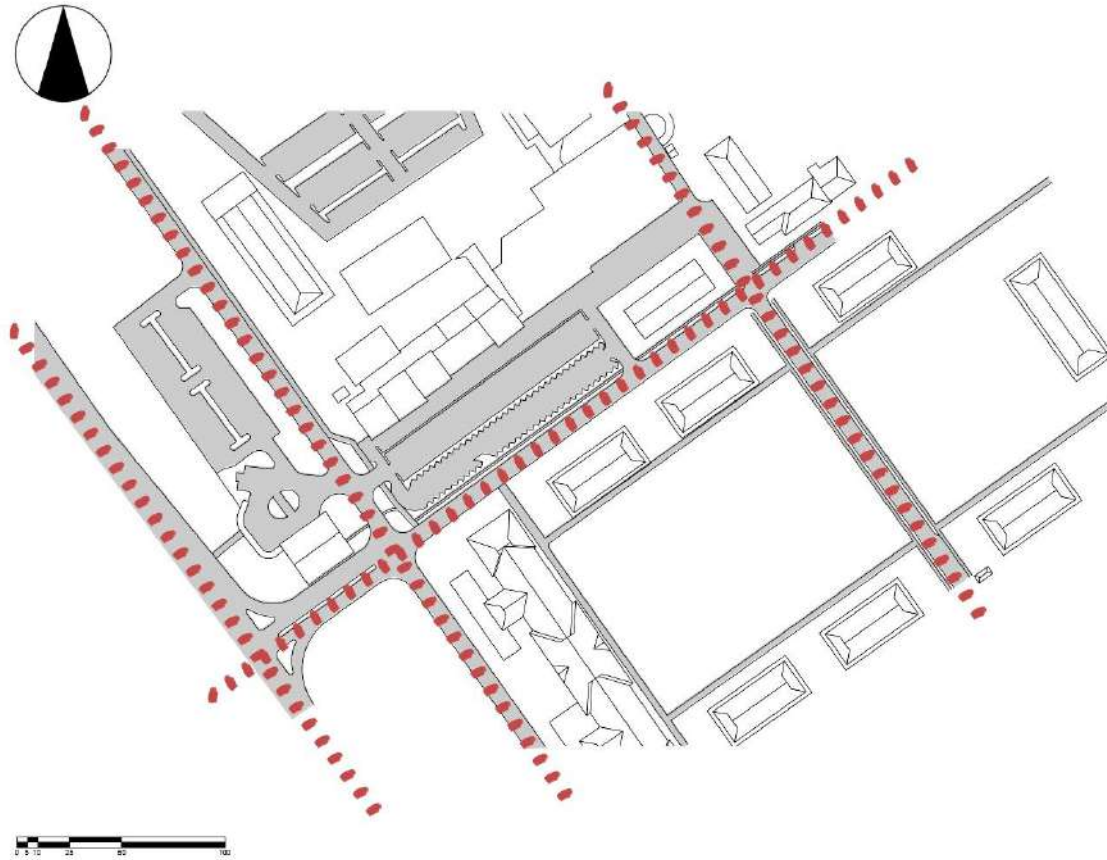


FIGURA 19. Sombras proyectadas en Zona B a las 3:00 p.m.



Zona de Estacionamientos:

FIGURA 20. Traza Zona de Estacionamientos



Forma: Pertenece a una forma urbana reticular por la presencia de calles paralelas y perpendiculares.

Orientación: Calle con directriz NE – SO, que esencialmente genera fachadas orientadas NO y SE. Esta orientación favorece a la ventilación de los espacios públicos con los vientos provenientes del NE y de las edificaciones con los vientos provenientes del NO.

Características de los elementos que la conforman: Existe un predominio de pavimento, pues es un área de estacionamientos. El tipo de pavimento es asfalto en su mayoría, en combinación con algunas calles de concreto.

Las edificaciones colindantes son de uso institucional de cuatro alturas.

Relación altura edificatoria y ancho de calle:

FIGURA 21. Sección de calle Zona de Estacionamientos

Zona estacionamientos



$$h_o = \arctan h/d$$
$$h_o = 10^\circ 52'$$

Proporción $h/d = 1:5.22$

La proporción altura - distancia para la sección de calle en Zona de Estacionamientos es de 0.19 e indica que la calle es 5.22 veces más ancha que la altura de las edificaciones, lo que puede significar para nuestra latitud que una edificación no es capaz de obstruir la radiación solar sobre la otra, ni sobre la vialidad durante el día.

FIGURA 22. Sombras proyectadas en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. en abril

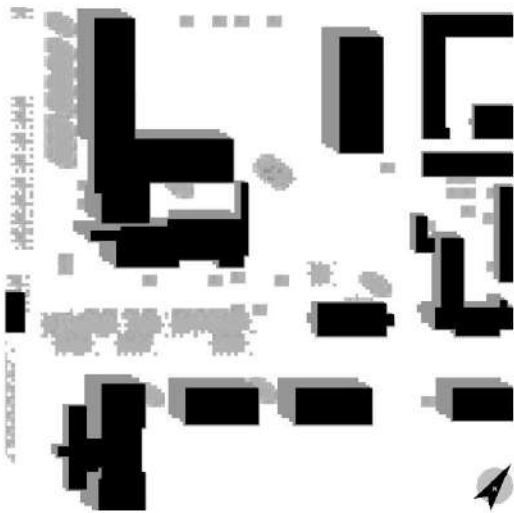


FIGURA 23. Sombras proyectadas en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. en abril

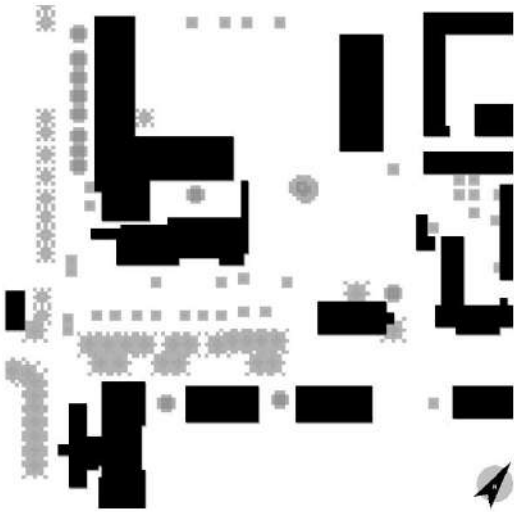
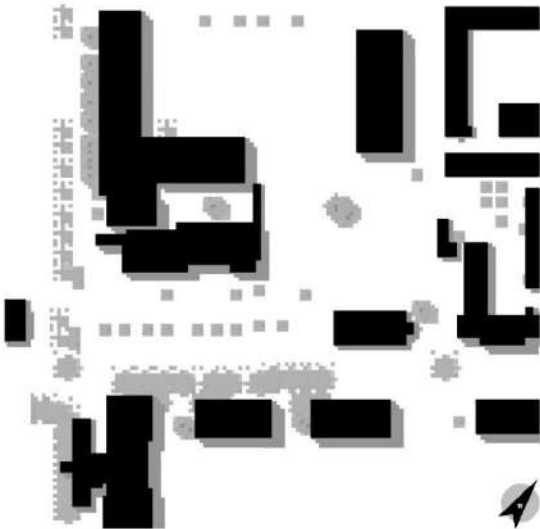


FIGURA 24. Sombras proyectadas en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. en abril



Capítulo IV: Metodología de modelados

Para la realización de esta investigación se hicieron seis simulaciones para las tres zonas de estudio. El programa elegido fue ENVI-met por su capacidad de simular climas en ambientes urbanos y de evaluar el efecto de la atmósfera, vegetación, arquitectura y materiales sobre el espacio.

ENVI-met tiene cinco subprogramas principales, estos son:

- Spaces: es un programa que permite realizar un modelo en 3D utilizando como referencia un archivo en bitmap, también permite ubicar el modelo geográficamente, rotarlo para alinear las edificaciones a la retícula existente en el programa (con el fin de crear la menor cantidad de diagonales posibles), modelar, asignar materiales de cobertura de suelo y añadir el tipo de vegetación.
- ENVI-guide: es un programa que tiene la función de tomar los parámetros específicos que alimentarán la simulación como: fecha, hora, tiempo de la simulación, dirección y velocidad del viento entre otras cosas.
- ENVI-core: es el espacio en el que se juntan el modelo en 3D de Spaces y los parámetros de simulación de ENVI-guide para realizar los cálculos de la simulación.
- Leonardo: es el programa que permite visualizar los resultados de la simulación de ENVI-core y elaborar mapas con la información de interés.
- BIO-met: es el programa que está exclusivamente dedicado a evaluar el confort térmico y obtiene los datos que necesita de los resultados de ENVI-core para hacer superposición de información y generar resultados propios que pueden ser visualizados posteriormente en Leonardo.

4.1 Modelado en Spaces y definición de materiales

El modelado en ENVI-met funciona a través de la colocación de distintas superficies y volúmenes en una retícula. La metodología es simple pero tediosa ya que la colocación de los distintos elementos en el espacio de trabajo debe hacerse por cuadro. Por ejemplo si se tiene una retícula de 130 x 130 entonces es necesario definir un total de 16 900 cuadros en X y Y a través de herramientas que asignan la cobertura de suelo, la vegetación (según la librería de vegetación) y la volumetría de los edificios (solo para este caso se puede definir la altura). Es importante mencionar que en una primera instancia se modela en dos dimensiones y para visualizar el modelo es necesario cambiar a 3D, lo cual es útil para añadir detalles difíciles de colocar en dos dimensiones.

Los materiales utilizados para la simulación corresponden lo más posible con los materiales actuales del área de estudio.

Basado en esto se definió que:

- Edificaciones: techo de teja y paredes de bloques de concreto
- Pavimento: asfalto negro y concreto gris
- Cobertura de suelo vegetal: grama
- Árboles: palmeras o árboles con copas frondosas de distinto diámetro (utilizando el diámetro visible en mapas de vista aérea importados al programa)

Zona A:

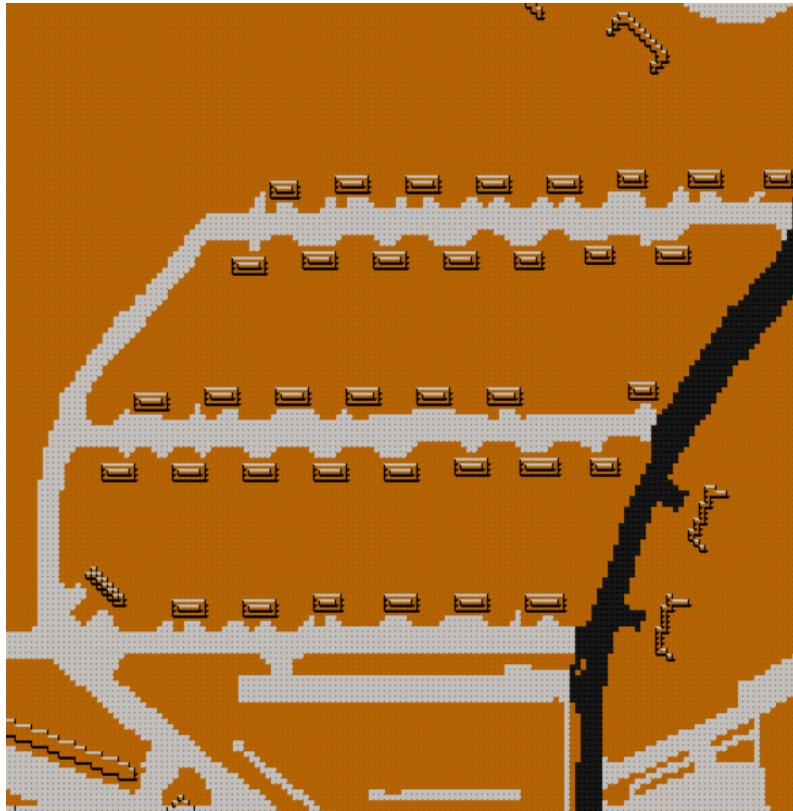
La primera imagen es una vista en dos dimensiones del modelo terminado que se hizo en una retícula de 300 x 300. La segunda imagen es una vista en planta detallando la capa de suelos y la tercera imagen es la vista en 3D del mismo modelo en la cual se observan claramente las edificaciones y la vegetación.

FIGURA 25. Planta de Zona A en la retícula de ENVI-met



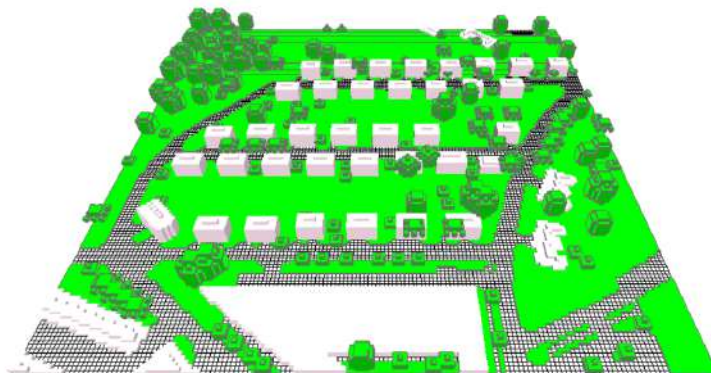
Esta vista en planta muestra la huella de las edificaciones en gris oscuro, la posición de los árboles con un círculo verde y las áreas cubiertas con césped en verde claro.

FIGURA 26. Planta de tipo de suelo de Zona A en ENVI-met



Esta vista en planta representa los suelos designados para cada espacio siendo el gris pavimento de concreto, el negro pavimento de asfalto y el marrón suelo natural.

FIGURA 27. Vista 3D de Zona A en ENVI-met

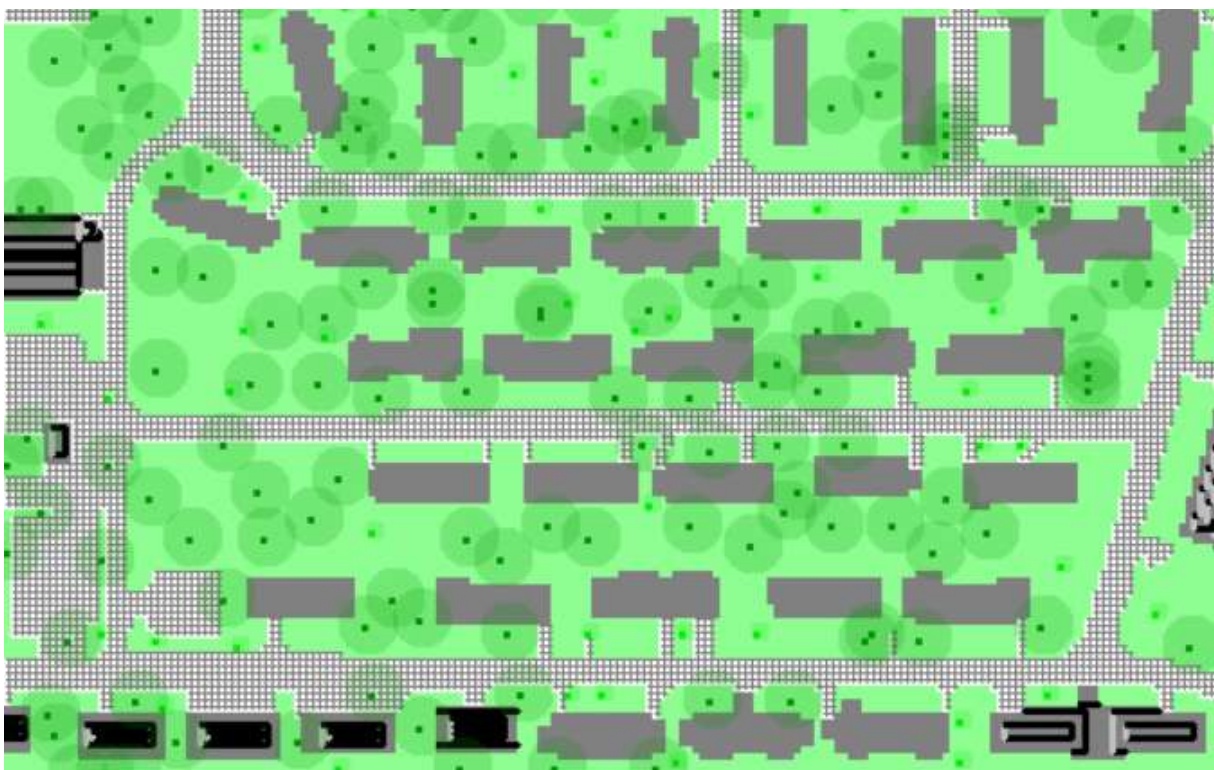


Esta vista en 3D muestra la volumetría de las edificaciones y los árboles en el espacio.

Zona B:

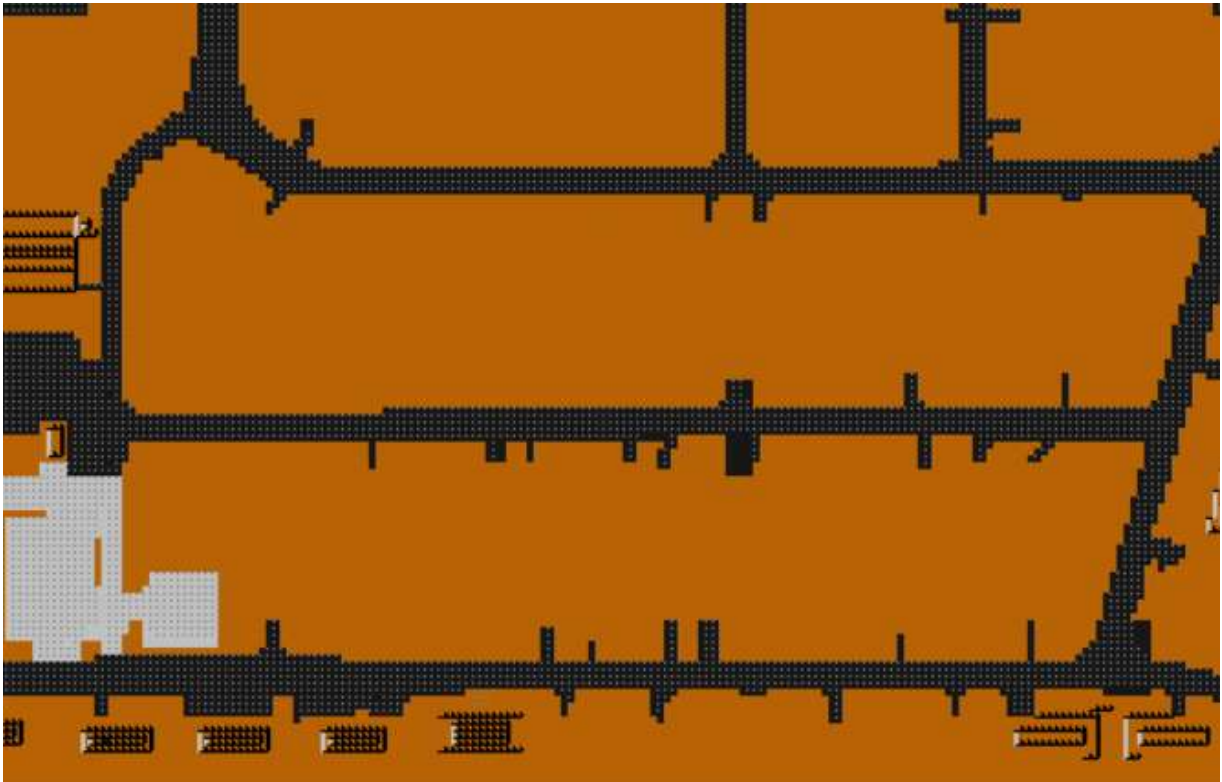
La primera imagen es una vista en dos dimensiones del modelo terminado que se hizo en una retícula de 180 x 120. La segunda imagen es una vista en planta detallando la capa de suelos y la tercera imagen es la vista en 3D del mismo modelo en la cual se observan claramente las edificaciones y la vegetación.

FIGURA 28. Planta de Zona B en la retícula de ENVI-met



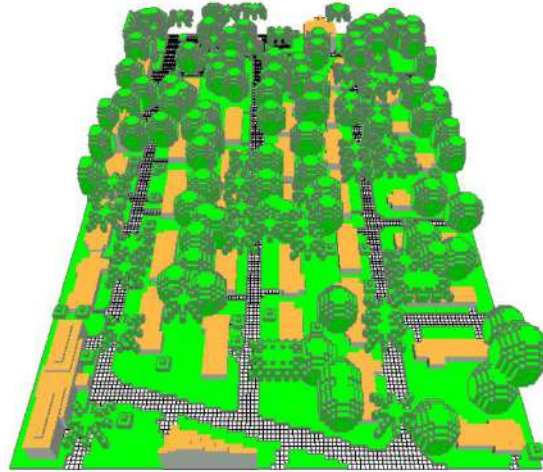
Esta vista en planta muestra la huella de las edificaciones en gris oscuro, la posición de los árboles con un círculo verde y las áreas cubiertas con césped en verde claro.

FIGURA 29. Planta de tipo de suelo de Zona B en ENVI-met



Esta vista en planta representa los suelos designados para cada espacio siendo el gris pavimento de concreto, el negro pavimento de asfalto y el marrón suelo natural.

FIGURA 30. Vista 3D de Zona B en ENVI-met

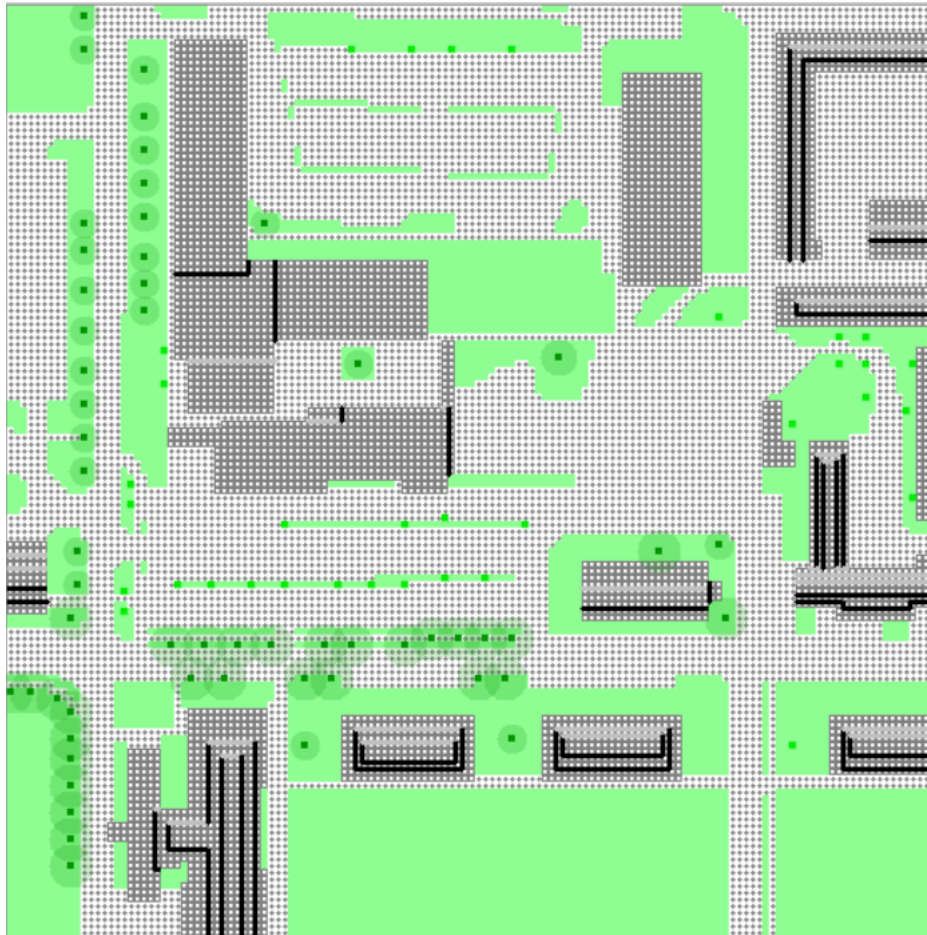


Esta vista en 3D muestra la volumetría de las edificaciones y los árboles en el espacio.

Zona de Estacionamientos:

La primera imagen es una vista en dos dimensiones del modelo terminado que se hizo en una retícula de 280 x 280. La segunda imagen es una vista en planta detallando la capa de suelos y la tercera imagen es la vista en 3D del mismo modelo en la cual se observan claramente las edificaciones y la vegetación.

FIGURA 31. Planta de Zona de Estacionamientos en la retícula de ENVI-met



Esta vista en planta muestra la huella de las edificaciones en gris oscuro, la posición de los árboles con un círculo verde y las áreas cubiertas con césped en verde claro.

FIGURA 32. Planta de tipo de suelo en Zona de Estacionamientos en ENVI-met



Esta vista en planta representa los suelos designados para cada espacio siendo el gris pavimento de concreto, el negro pavimento de asfalto y el marrón suelo natural.

FIGURA 33. Vista 3D de Zona de Estacionamientos en ENVI-met



Esta vista en 3D muestra la volumetría de las edificaciones y los árboles en el espacio.

4.2 Definición de las horas para simulación

Para definir las horas de simulación hay que entender que la cantidad de horas durante el día en el trópico es casi la misma cantidad de horas durante la noche por casi todo el año, habiendo aproximadamente 12 horas en cada uno. También se toma en cuenta el hecho de que la actividad y el uso del espacio se desarrolla durante el día.

Se toma como referencia las 6:00 a.m. para la hora en la que sale el sol y las 6:00 p.m. como hora en la que hay radiación solar mínima por el anochecer, con esto se pueden determinar tres puntos horarios equidistantes en los cuales la radiación solar y térmica empieza a ser significativa para los usuarios.

El espacio horario intermedio entre las 6:00 a.m. y las 6:00 p.m. es las 12:00 p.m., esta hora también es la de mayor altura solar y por consecuencia la radiación solar se encuentra en su punto máximo.

Tomando como referencia el espacio entre las 6:00 a.m. y las 12:00 p.m.; se determina que el punto horario intermedio entre ambos es las 9:00 a.m., hora en la que la radiación solar empieza a ser significativa.

Tomando como referencia el espacio horario entre las 12:00 p.m. y las 6:00 p.m.; se determina de igual manera que el punto horario intermedio entre ambos es las 3:00

p.m., hora en la que la radiación solar aún es significativa, aunque la radiación va en disminución ha habido una cantidad considerable de horas en las que las superficies han absorbido radiación y esto tiene un efecto en el ambiente.

El propósito de esta elección es el de cubrir un día entero en las horas más relevantes que representen puntos de inflexión en los microclimas en el trópico húmedo (a las 9:00 a.m., a las 12:00 p.m. y a las 3:00 p.m.), a su vez es importante considerar que entre estas horas se llevan a cabo gran parte de la actividad de los usuarios del espacio.

4.3 Definición de parámetros de simulación para *ENVI-core*

Para definir los parámetros de simulación se tomaron los datos de: temperatura del aire, humedad relativa, dirección y velocidad del viento de la estación meteorológica de la Florida State University. Es importante mencionar que esta estación se encuentra en Ciudad del Saber y es la que puede proporcionar datos históricos más certeros de las tres zonas de estudio.

Estos datos se colocan en el programa de instrucciones ENVI-guide para posteriormente alimentar a la simulación en ENVI-core en conjunto con el modelo creado en Spaces.

Se eligieron dos fechas del año 2020 para realizar la simulaciones: el 10 de abril y el 23 de septiembre. Se eligió abril por ser el mes más caliente en Panamá y septiembre por el equinoccio de septiembre, luego se realizaron varias tablas comparativas para determinar qué día del mes tenía las condiciones más desfavorables tomando en cuenta la temperatura del aire y la humedad relativa.

4.3.1 Simulación en ENVI-core

Para el 10 de abril del 2020 se utilizaron las siguientes condiciones:

CUADRO 6. Datos climáticos de la estación meteorológica de la FSU 10 de abril del 2020

abril 10 2020	Conditions	Wind	Temperature	Cloud cover	Humidity
9:00 a.m.	clear	NNW at 5.8 mph	82.27 °F	45%	72%
12:00 p.m.	partly cloudy	N at 5.72 mph	91.78 °F	58%	52%
3:00 p.m.	mostly cloudy	NW at 6.16 mph	93.93 °F	60%	48%

Inicio y duración de la simulación:

Fecha de inicio (DD.MM.YYYY): 10/04/2020

Hora de inicio (HH:MM): 06:00 a.m.

Duración total de la simulación (h): 12h

Condiciones metereológicas iniciales:

Viento:

- Velocidad del viento medida a 10 m de altura (m/s): 1.25m/s
- Dirección del viento (deg): 337.5° (NNW)

Datos de temperatura y humedad:

Estos datos de temperatura y humedad fueron extraídos por hora del historial de la estación meteorológica de la FSU.

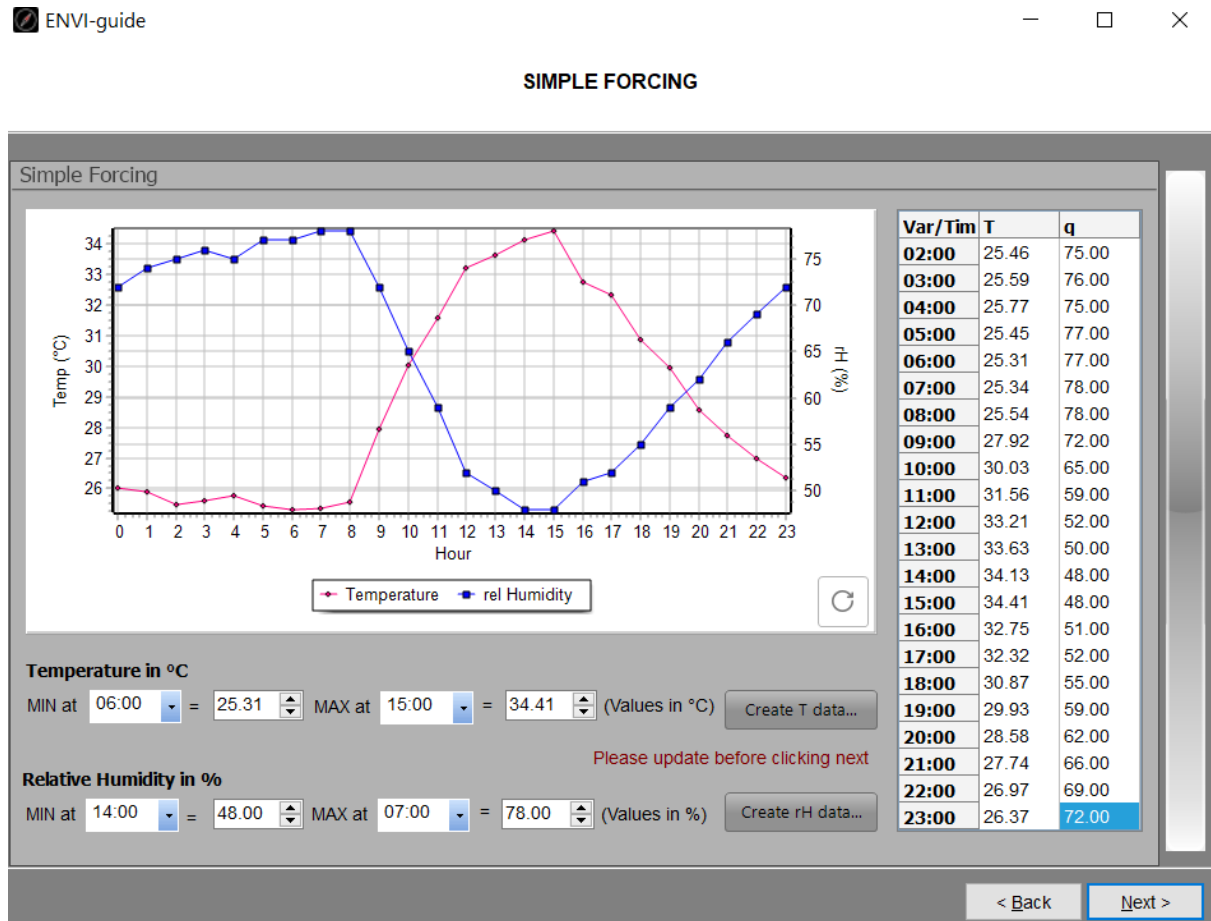
CUADRO 7. Temperatura y humedad relativa por hora por 24 horas

10 abril 2020		
Hora	Temperatura	Humedad
12:00 a.m.	26.04 °C	72 %
1:00 a.m.	25.88 °C	74 %
2:00 a.m.	25.46 °C	75 %
3:00 a.m.	25.59 °C	76 %
4:00 a.m.	25.77 °C	75 %
5:00 a.m.	25.45 °C	77 %
6:00 a.m.	25.31 °C	77 %
7:00 a.m.	25.34 °C	78 %
8:00 a.m.	25.54 °C	78 %
9:00 a.m.	27.92 °C	72 %
10:00 a.m.	30.03 °C	65 %
11:00 a.m.	31.56 °C	59 %
12:00 p.m.	33.21 °C	52 %
1:00 p.m.	33.63 °C	50 %
2:00 p.m.	34.13 °C	48 %
3:00 p.m.	34.41 °C	48 %
4:00 p.m.	32.75 °C	51 %
5:00 p.m.	32.32 °C	52 %
6:00 p.m.	30.87 °C	55 %
7:00 p.m.	29.93 °C	59 %
8:00 p.m.	28.58 °C	62 %
9:00 p.m.	27.74 °C	66 %
10:00 p.m.	26.97 °C	69 %
11:00 p.m.	26.37 °C	72 %

Posteriormente se colocaron uno a uno en ENVI-guide en lugar de colocar solo máximos y mínimos con el propósito de tener un resultado más cercano a la realidad.

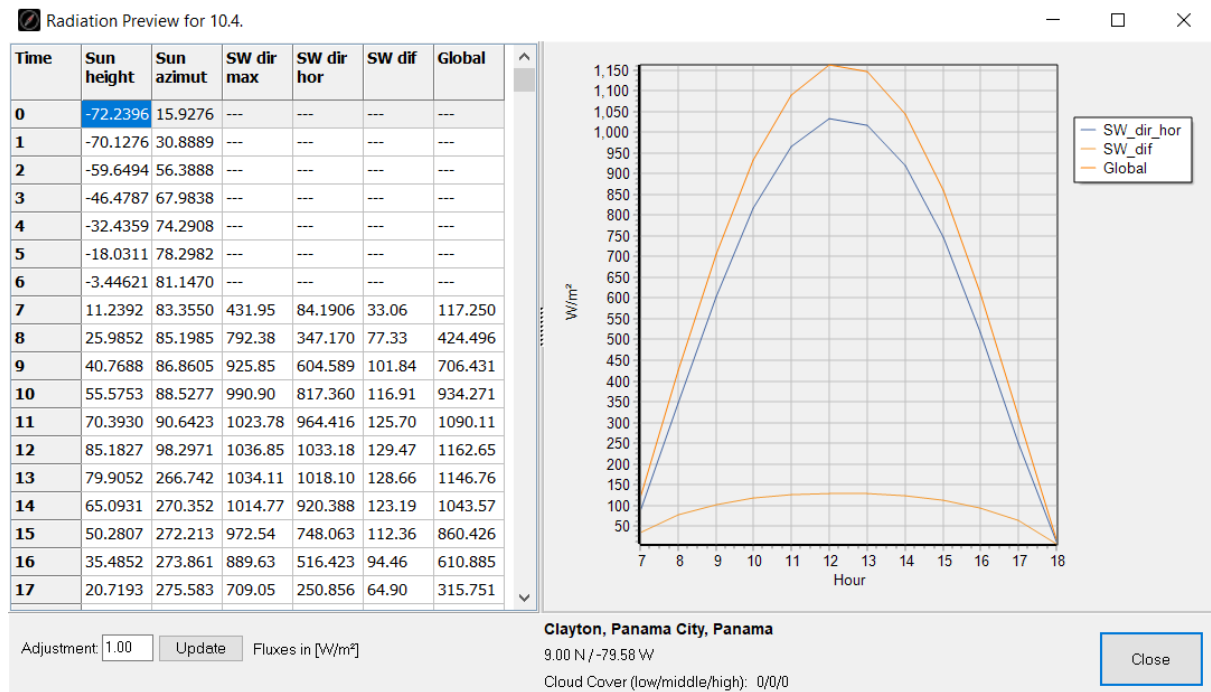
El encabezado de *simple forcing* indica que solo la temperatura y la humedad serán forzados en la simulación por 24 horas, esto también significa que los resultados obtenidos representarán una estimación cruda de un día.

FIGURA 34. Interfaz de ENVI-guide con datos para el 10 de abril del 2020



Los datos de radiación los propone el programa según la ubicación del proyecto, por lo que es importante verificar que la ubicación es correcta y que los datos sean reales para la latitud a simular.

FIGURA 35. Vista previa de la radiación para el 10 de abril del 2020 en ENVI-guide



Para el 23 de septiembre del 2020 se utilizaron las siguientes condiciones:

La siguiente tabla muestra los datos crudos antes de ser convertidos a sistema métrico.

CUADRO 8. Datos climáticos de la estación meteorológica de la FSU 23 de septiembre del 2020

septiembre 23 2	Conditions	Wind	Temperature	Cloud cover	Humidity
9:00 a.m.	possible light rair	NW at 2.92 mph	79.79 °F	64%	85%
12:00 p.m.	possible light rair	WSW at 4.99 mp	88.42 °F	80%	72%
3:00 p.m.	possible light rair	SSE at 5.42 mph	87.38 °F	72%	63%

Inicio y duración de la simulación:

Fecha de inicio (DD.MM.YYYY): 23/09/2020

Hora de inicio (HH:MM): 06:00 a.m.

Duración total de la simulación (h): 12h

Condiciones metereológicas iniciales:

Viento:

- Velocidad del viento medida a 10 m de altura (m/s): 0.4m/s

- Dirección del viento (deg): 225° (SW)

Datos de temperatura y humedad:

Estos datos de temperatura y humedad fueron extraídos por hora del historial de la estación meteorológica de la FSU.

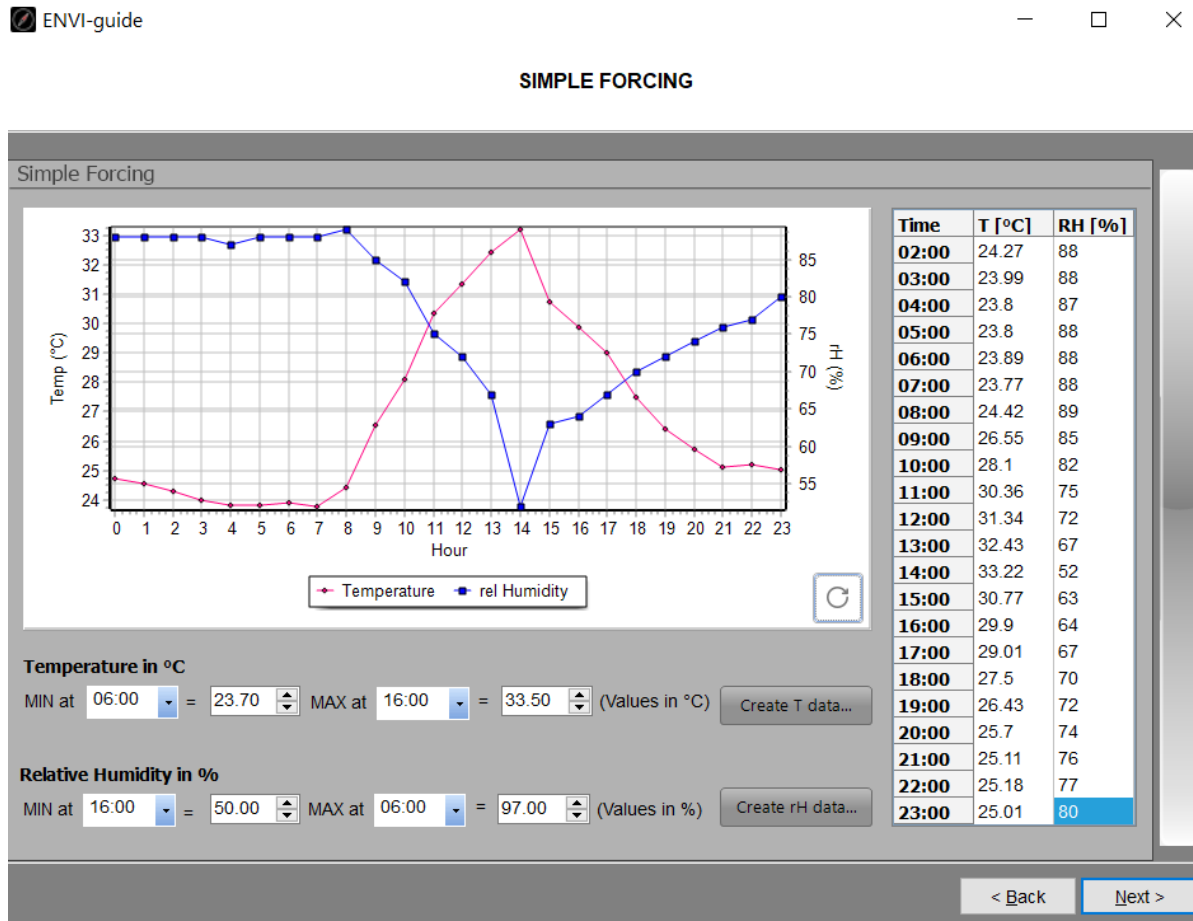
CUADRO 9. Temperatura y humedad relativa del 23 de septiembre del 2020

23 septiembre 2020		
Hora	Temperatura	Humedad
12:00 a.m.	24.74 °C	88 %
1:00 a.m.	24.53 °C	88 %
2:00 a.m.	24.27 °C	88 %
3:00 a.m.	23.99 °C	88 %
4:00 a.m.	23.8 °C	87 %
5:00 a.m.	23.8 °C	88 %
6:00 a.m.	23.89 °C	88 %
7:00 a.m.	23.77 °C	88 %
8:00 a.m.	24.42 °C	89 %
9:00 a.m.	26.55 °C	85 %
10:00 a.m.	28.1 °C	82 %
11:00 a.m.	30.36 °C	75 %
12:00 p.m.	31.34 °C	72 %
1:00 p.m.	32.43 °C	67 %
2:00 p.m.	33.22 °C	52 %
3:00 p.m.	30.77 °C	63 %
4:00 p.m.	29.9 °C	64 %
5:00 p.m.	29.01 °C	67 %
6:00 p.m.	27.5 °C	70 %
7:00 p.m.	26.43 °C	72 %
8:00 p.m.	25.7 °C	74 %
9:00 p.m.	25.11 °C	76 %
10:00 p.m.	25.18 °C	77 %
11:00 p.m.	25.01 °C	80 %

Posteriormente se colocaron uno a uno en ENVI-guide en lugar de colocar solo máximos y mínimos con el propósito de tener un resultado más cercano a la realidad.

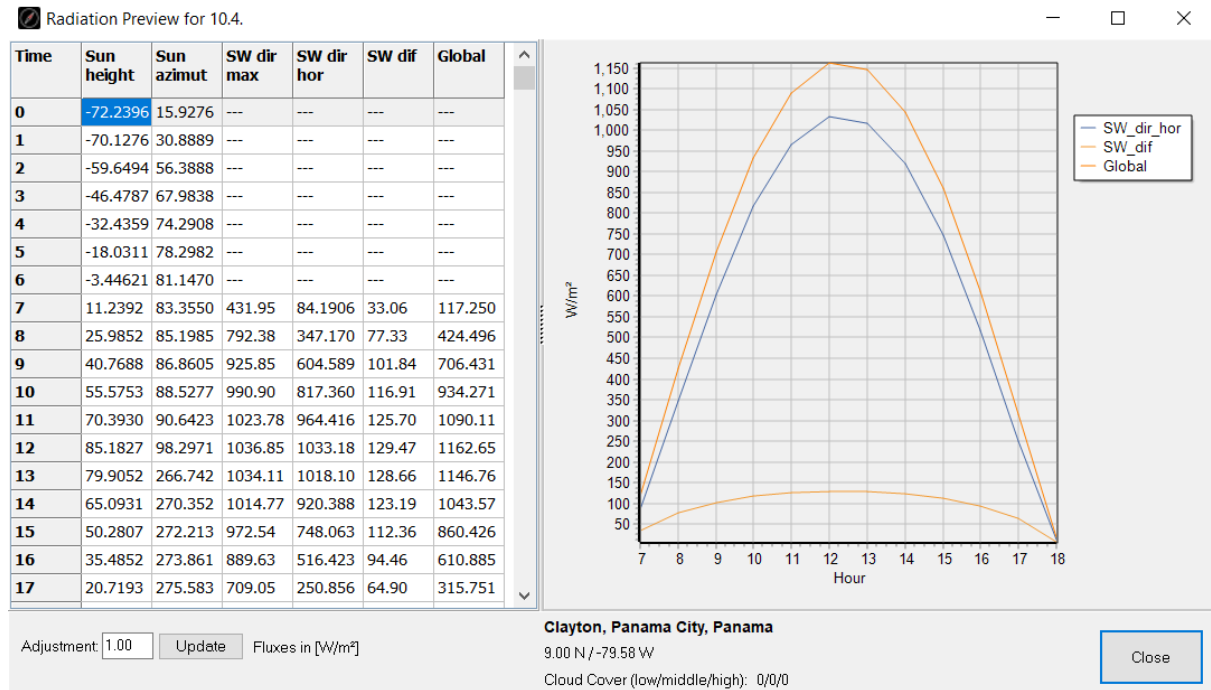
El encabezado de *simple forcing* indica que solo la temperatura y la humedad serán forzados en la simulación por 24 horas, esto también significa que los resultados obtenidos representarán una estimación cruda de un día.

FIGURA 36. Interfaz de ENVI-guide con datos para el 23 de septiembre del 2020



Los datos de radiación los propone el programa según la ubicación del proyecto, por lo que es importante verificar que la ubicación es correcta y que los datos sean reales para la latitud a simular.

FIGURA 37. Vista previa de la radiación para el 23 de septiembre del 2020 en ENVI-guide



4.3.2 Simulación en BioMet

BioMet es una herramienta de posprocesamiento utilizada para calcular índices del confort térmico humano. BioMet utiliza la data generada por ENVI-core en la carpeta de atmósferas para asignar la data de campo, adicional a esto se deben incorporar los parámetros humanos como: los parámetros corporales, parámetros de vestimenta y el metabolismo de la persona.

FIGURA 38. Interfaz de BioMet previo al cálculo del PMV

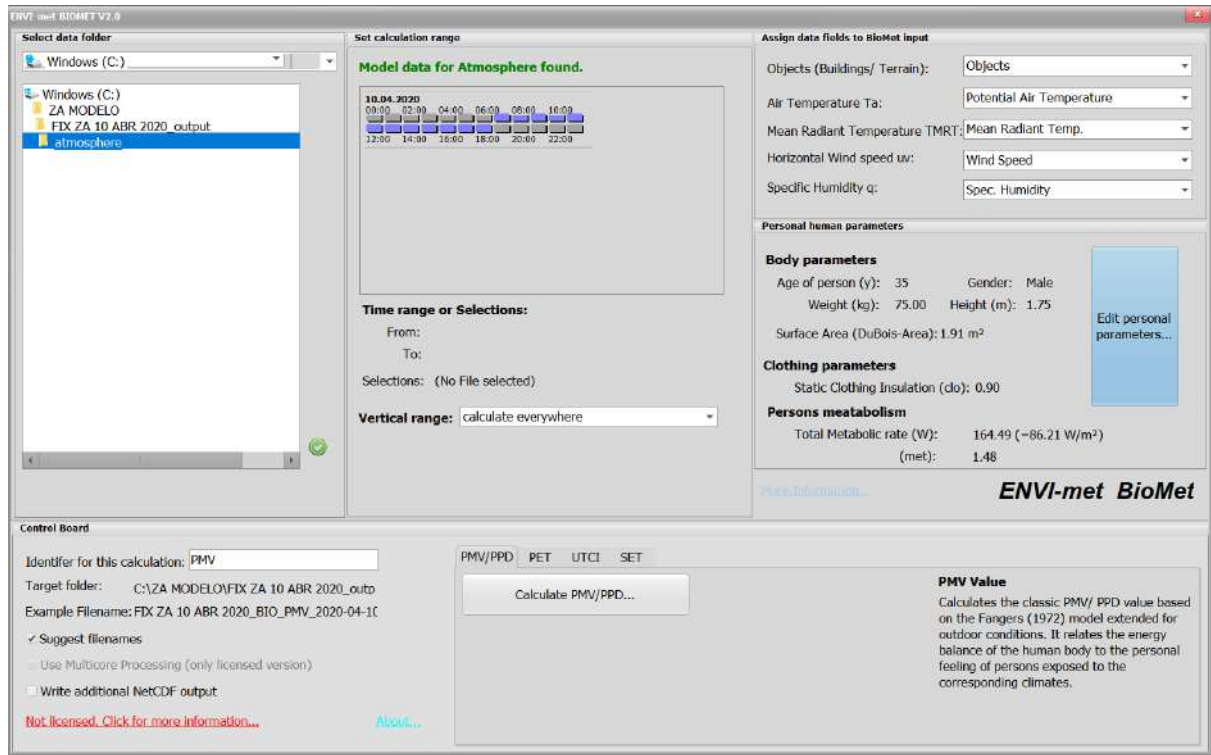
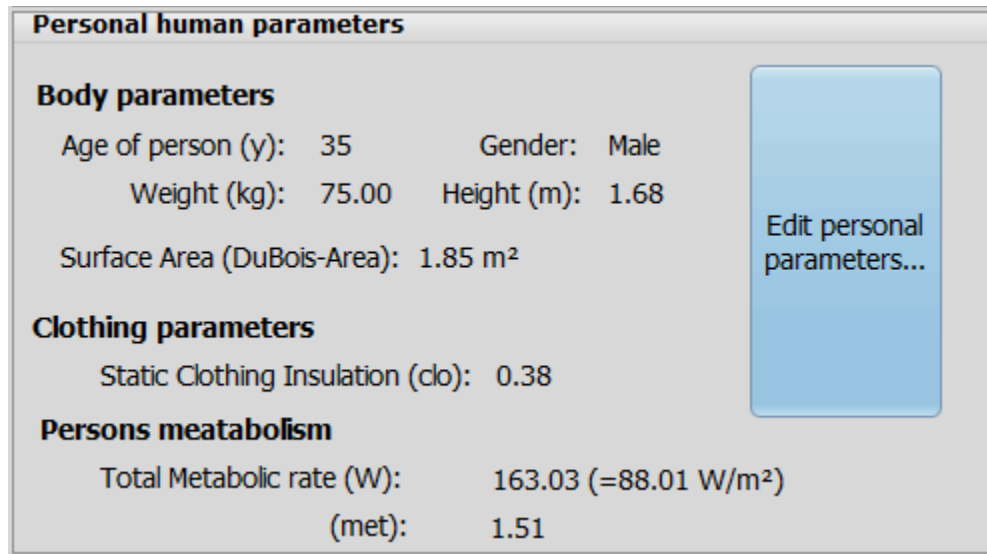


FIGURA 39. Ventana de parámetros humanos para simulación de BioMet



Capítulo V: Resultados

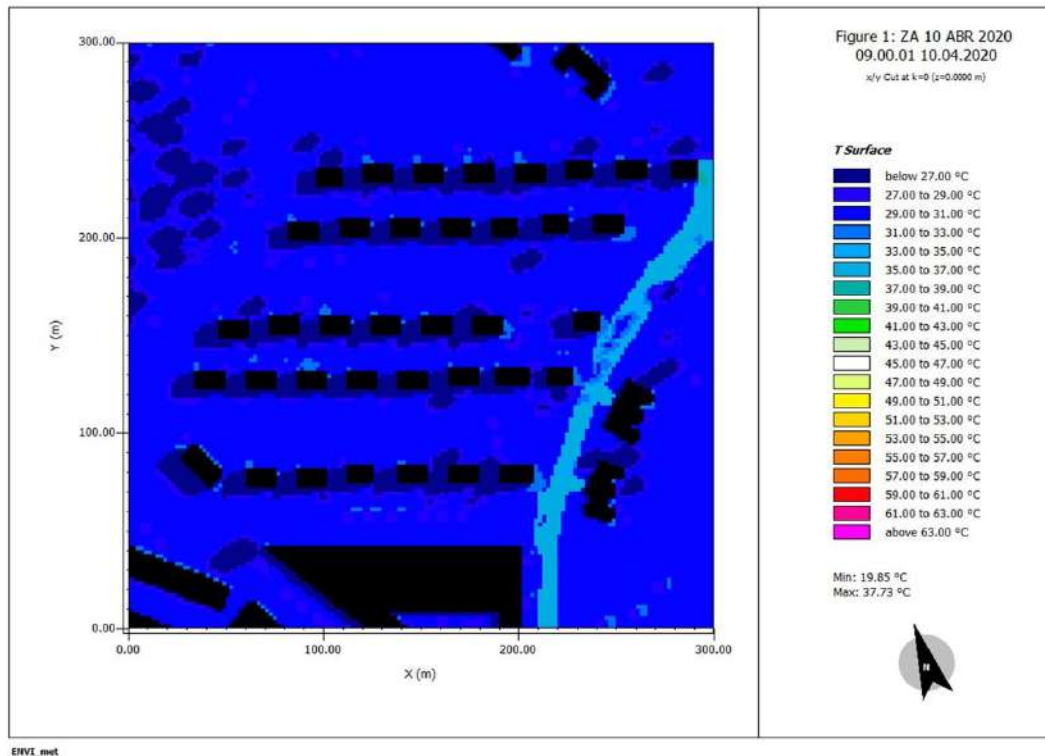
A continuación se analizarán los resultados obtenidos en forma de mapas individualmente para las 9:00 a.m., las 12:00 p.m. y las 3:00 p.m. según la zona de estudio para las simulaciones del 10 de abril del 2020 y la del 23 de septiembre del 2020.

5.1 Resultados obtenidos para la temperatura de las superficies

5.1.1 Zona A

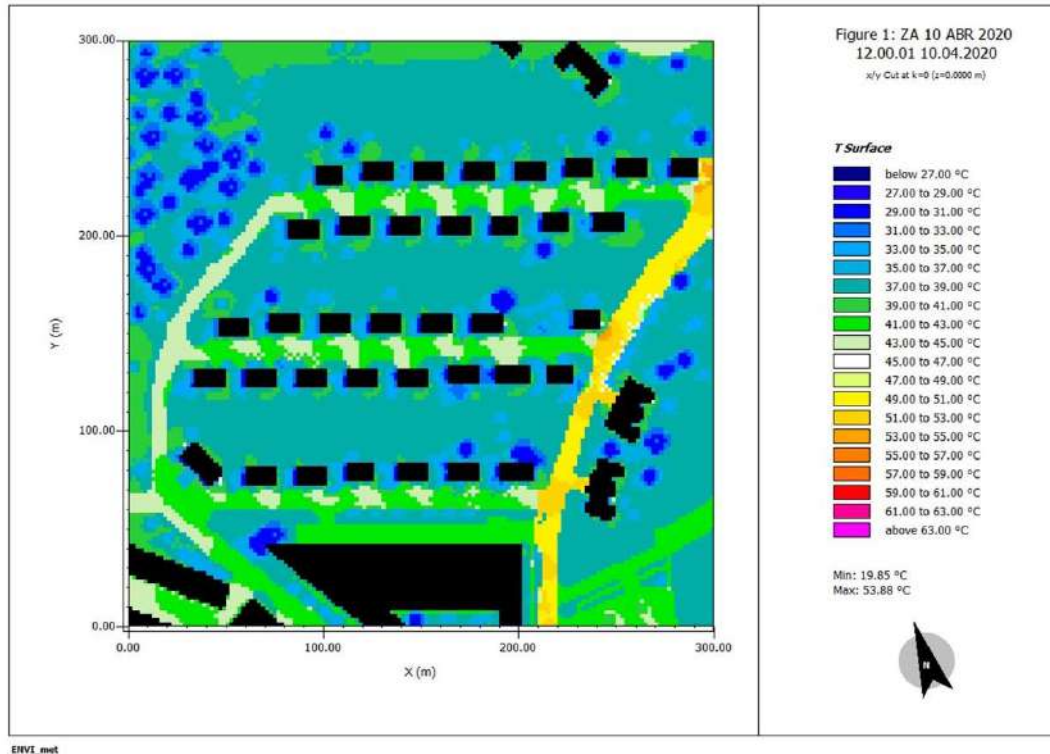
10 de abril de 2020

FIGURA 40. Temperatura de las superficies en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



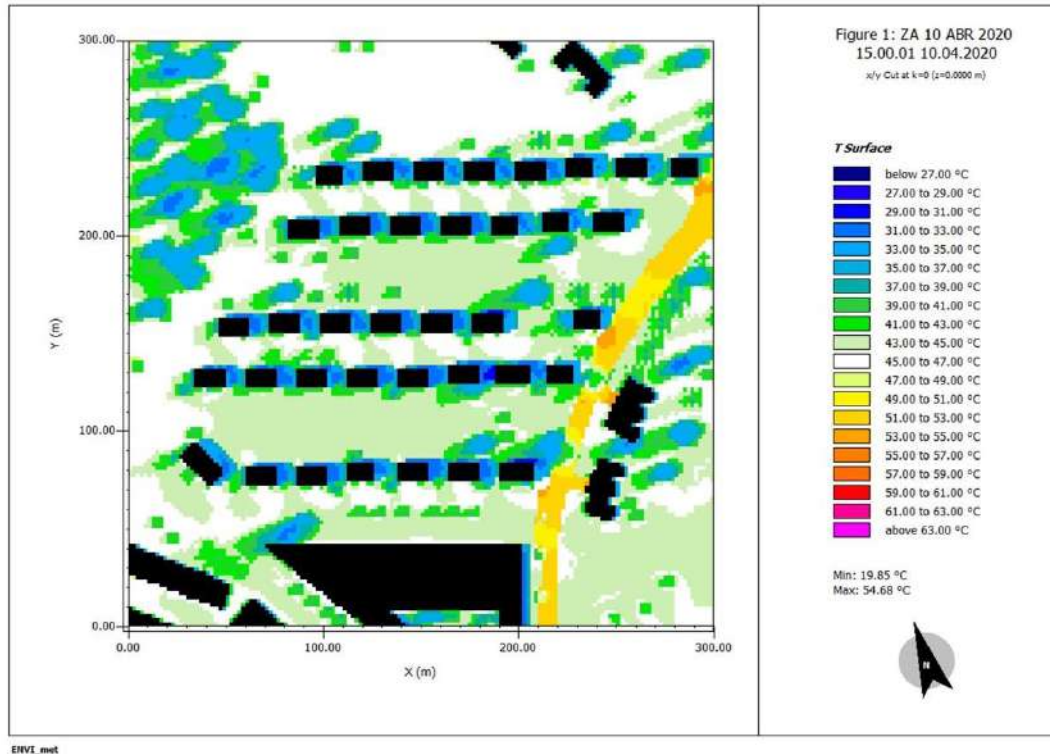
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies varían entre los 20°C y los 35°C, las temperaturas más bajas se encuentran dónde están ubicados los árboles y la más alta en la superficie de la calle principal.

FIGURA 41. Temperatura de las superficies en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 29°C hasta los 53°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y de la sombra de los edificios sobre el césped mientras que la más alta se encuentra sobre la superficie de la calle principal bajo el sol.

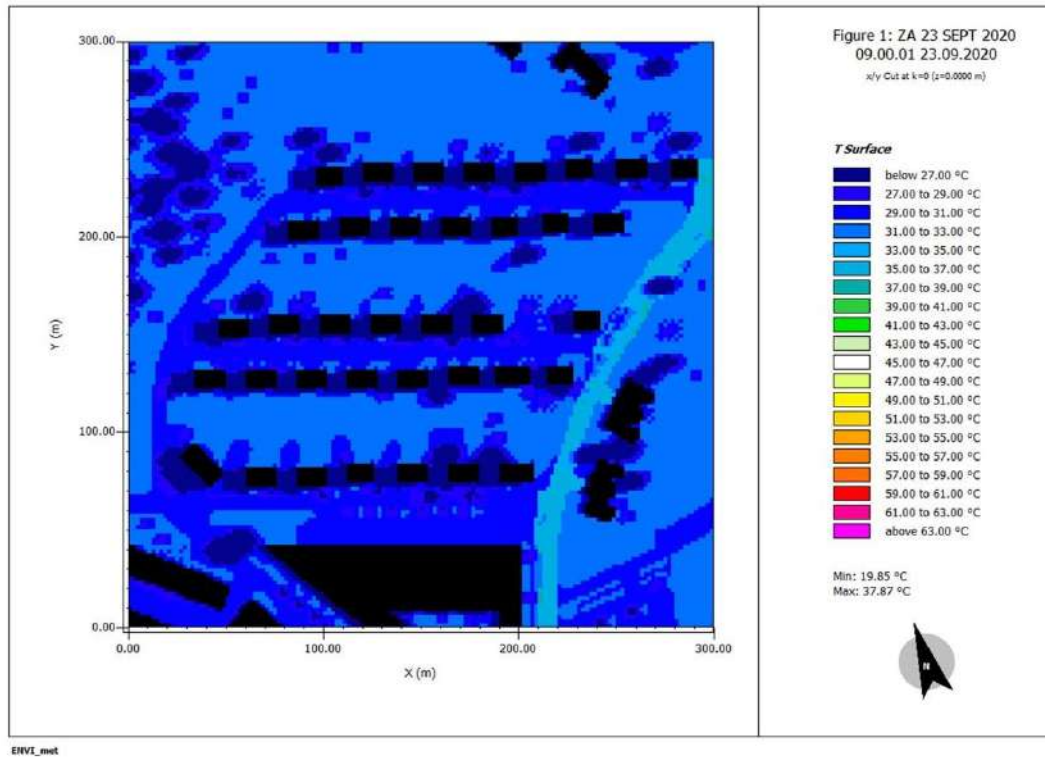
FIGURA 42. Temperatura de las superficies en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 31°C hasta los 53°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y debajo de la sombra de las edificación sobre el césped, se observa que la temperatura sobre las áreas con césped bajo el sol varía entre los 41°C y 43°C y la temperatura más alta está sobre la superficie de la calle bajo el sol alcanzando los 53°C.

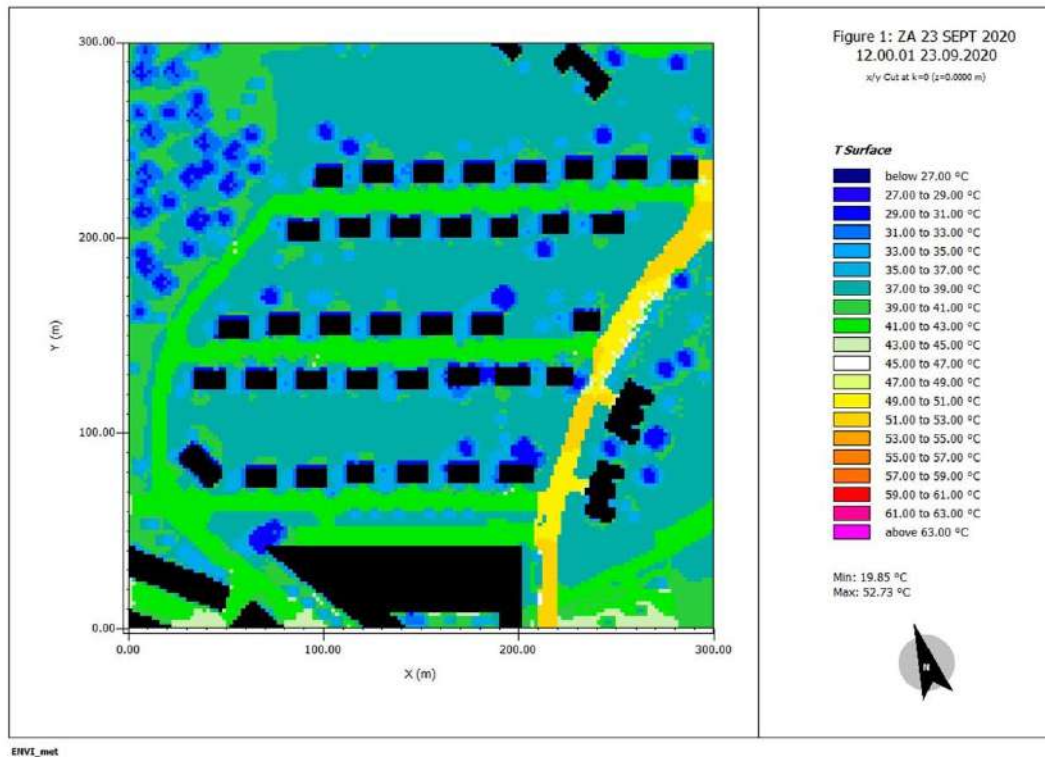
23 de septiembre de 2021

FIGURA 43. Temperatura de las superficies en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



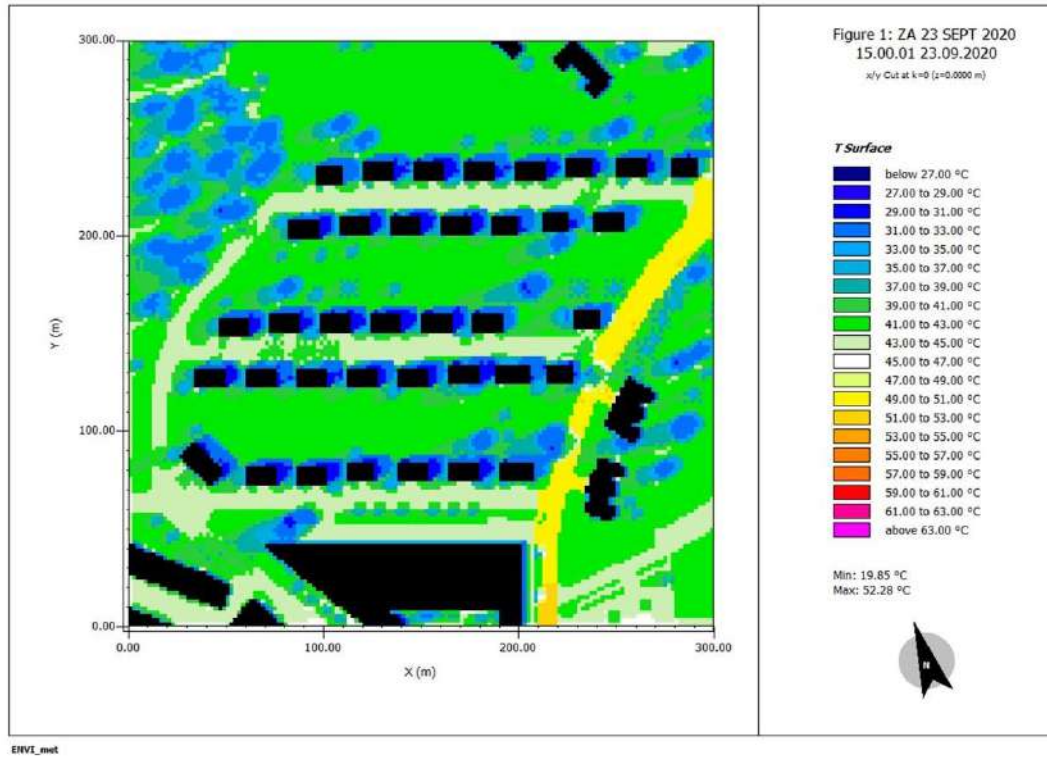
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 20°C hasta los 37°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y bajo la sombra de las edificaciones mientras que la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

FIGURA 44. Temperatura de las superficies en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 51°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

FIGURA 45. Temperatura de las superficies en Zona A a las 3.00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

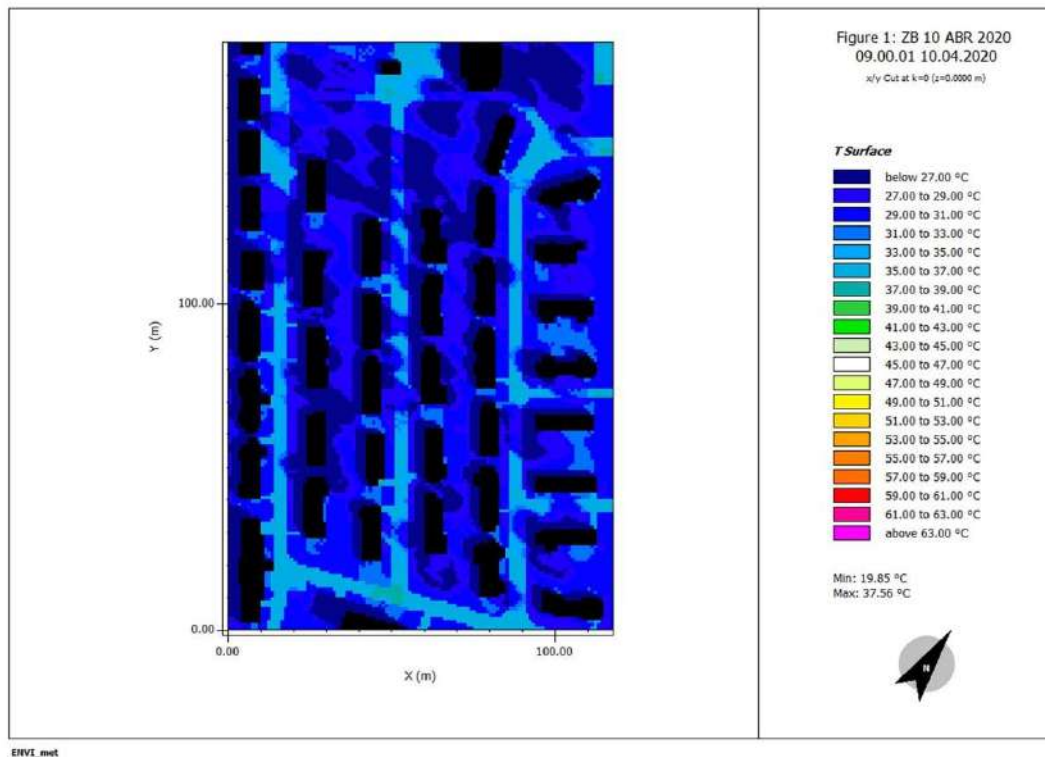


3 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 50°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las zonas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

5.1.2 Zona B

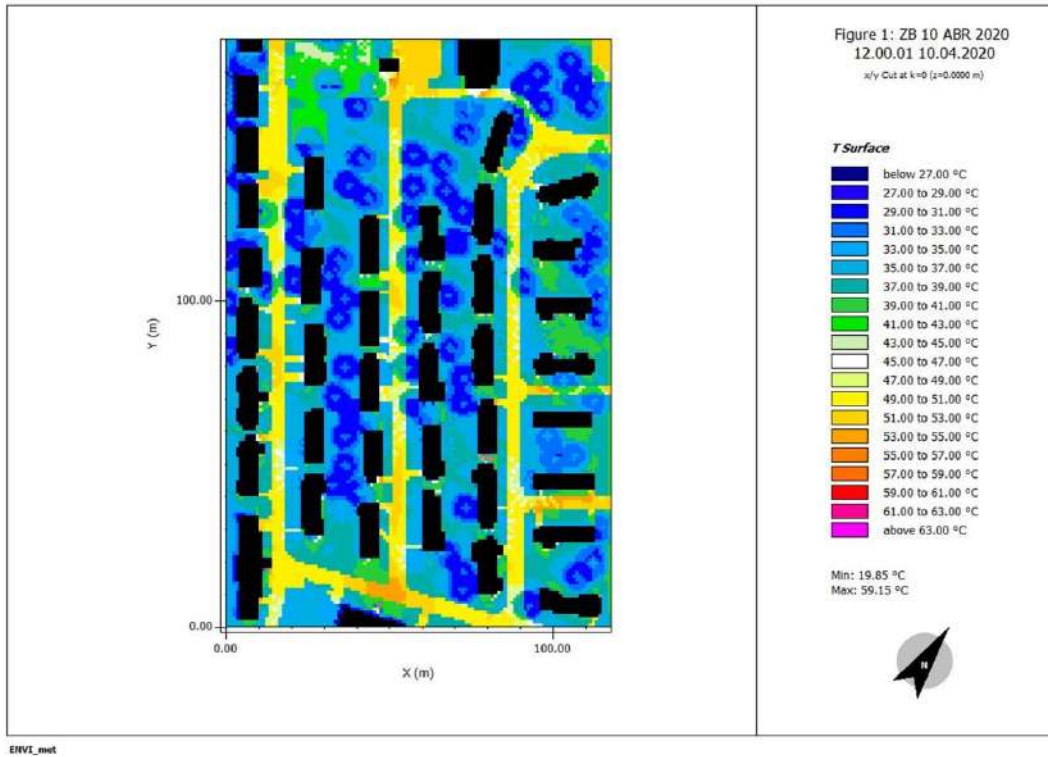
10 de abril de 2021

FIGURA 46. Temperatura de las superficies en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



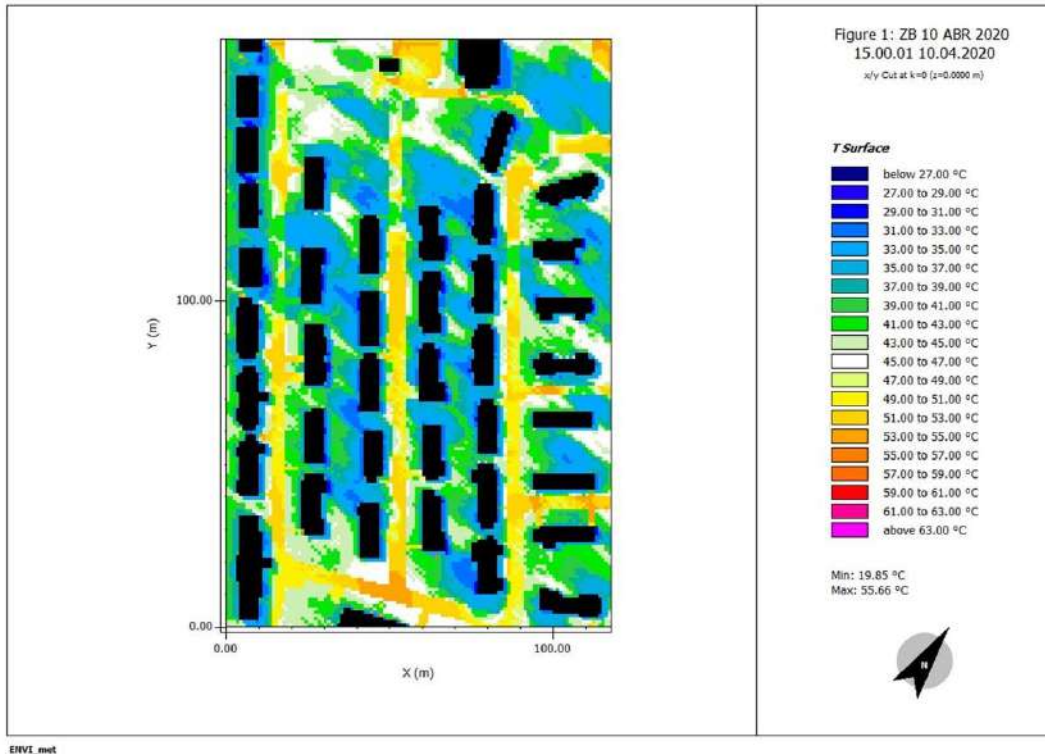
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 20°C hasta los 37°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y aledañas a las edificaciones y la más alta en la superficie pavimentada de la calle.

FIGURA 47. Temperatura de las superficies en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 26°C hasta los 53°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

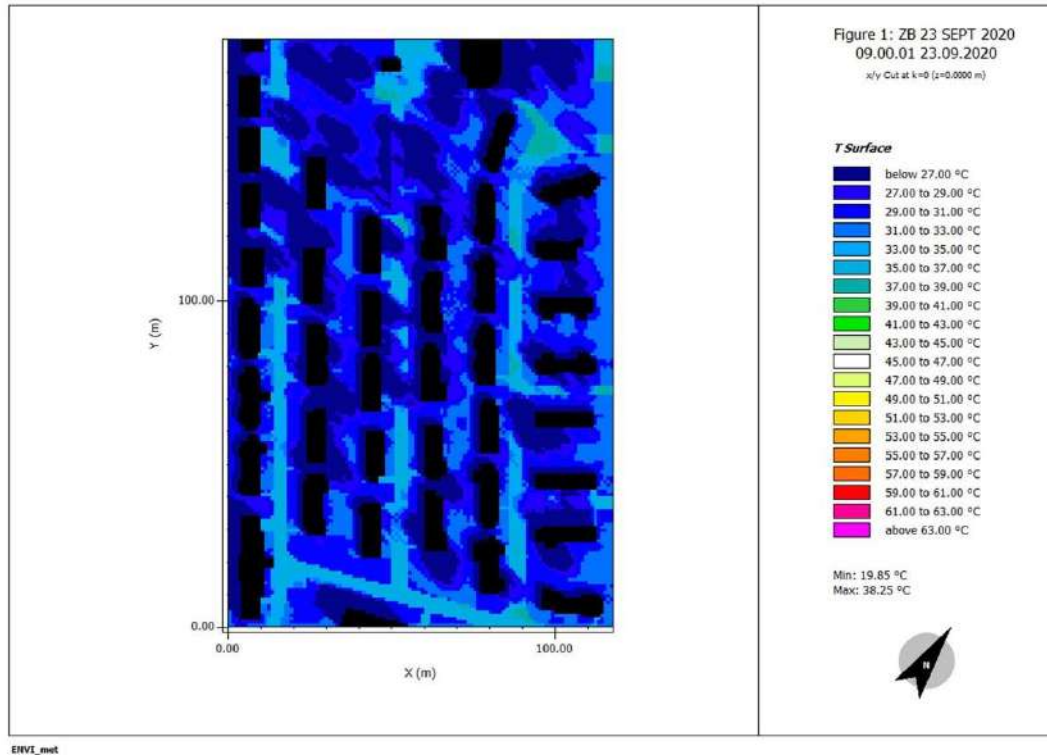
FIGURA 48. Temperatura de las superficies en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 53°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

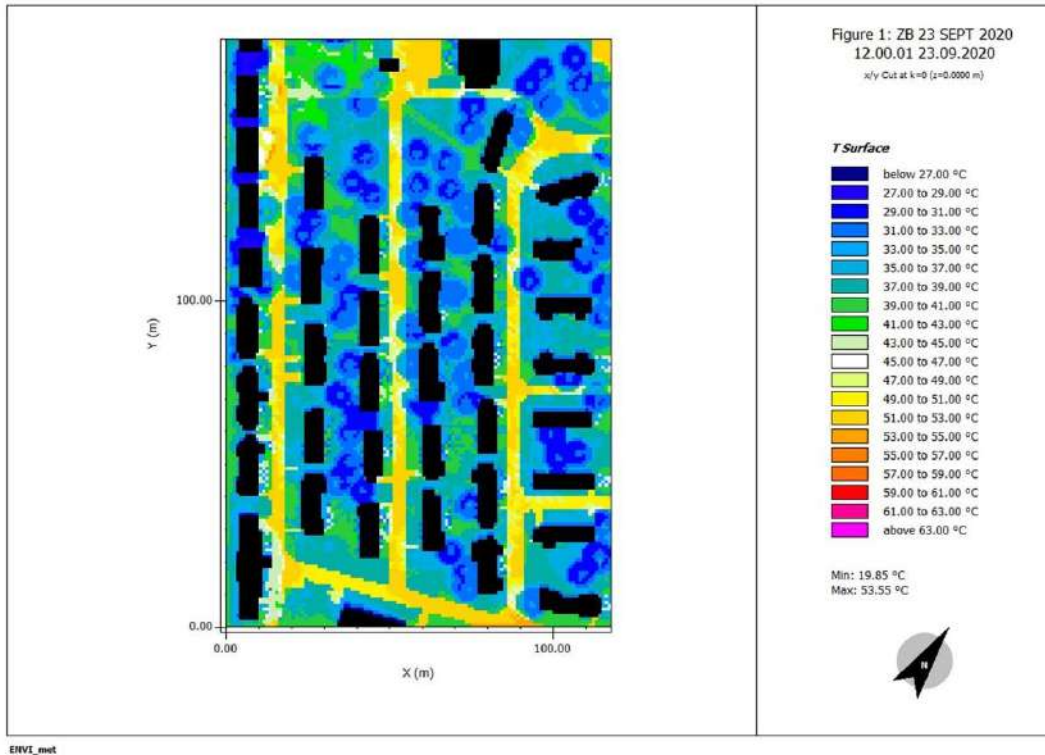
23 de septiembre de 2021

FIGURA 49. Temperatura de las superficies en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



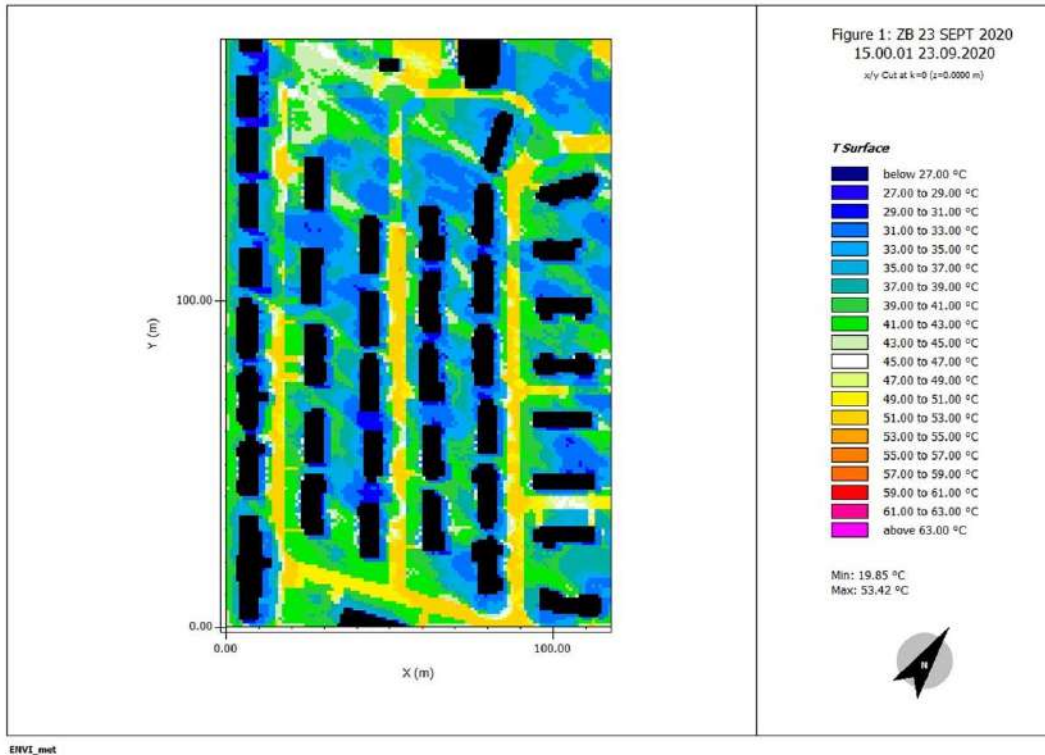
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 20°C hasta los 35°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

FIGURA 50. Temperatura de las superficies en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 51°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y la más alta en la superficie pavimentada de la calle.

FIGURA 51. Temperatura de las superficies en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

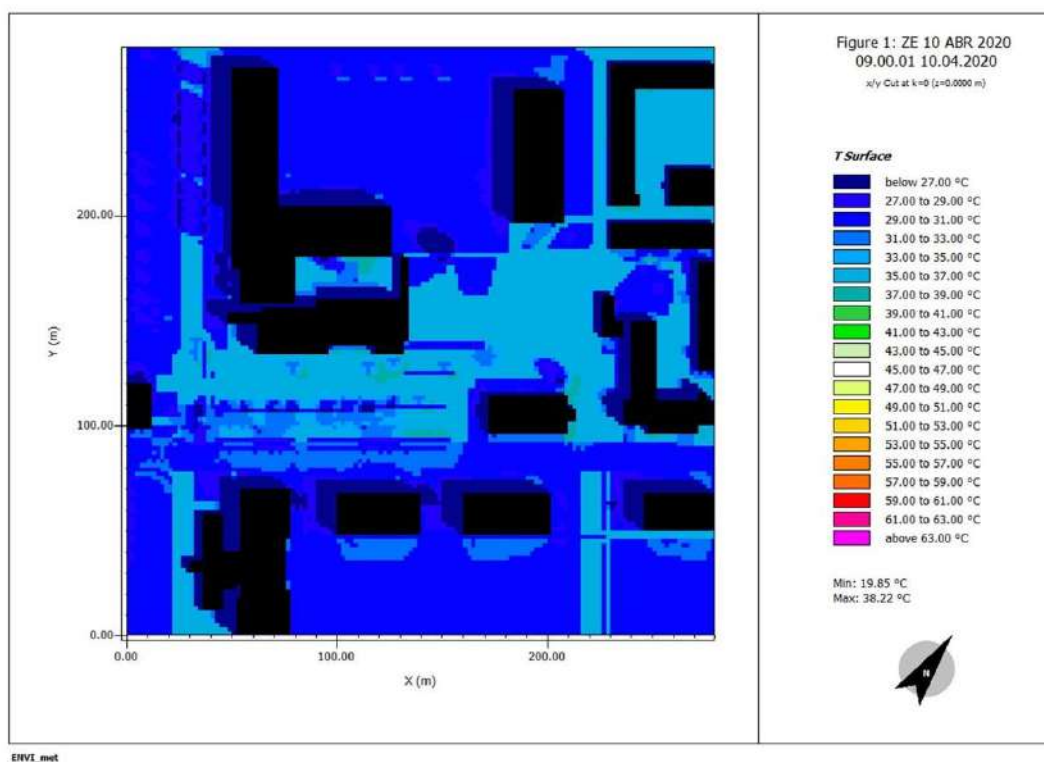


3 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 29°C hasta los 53°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles sobre la superficie pavimentada de la calle.

5.1.3 Zona de Estacionamientos

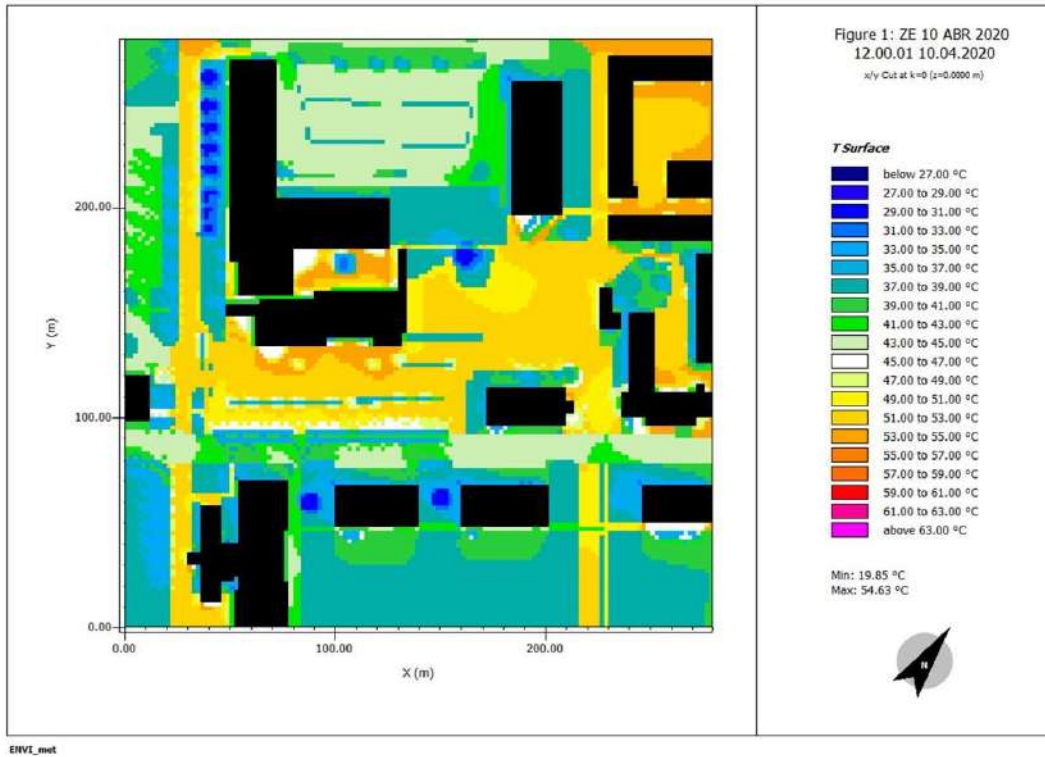
10 de abril de 2021

FIGURA 52. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



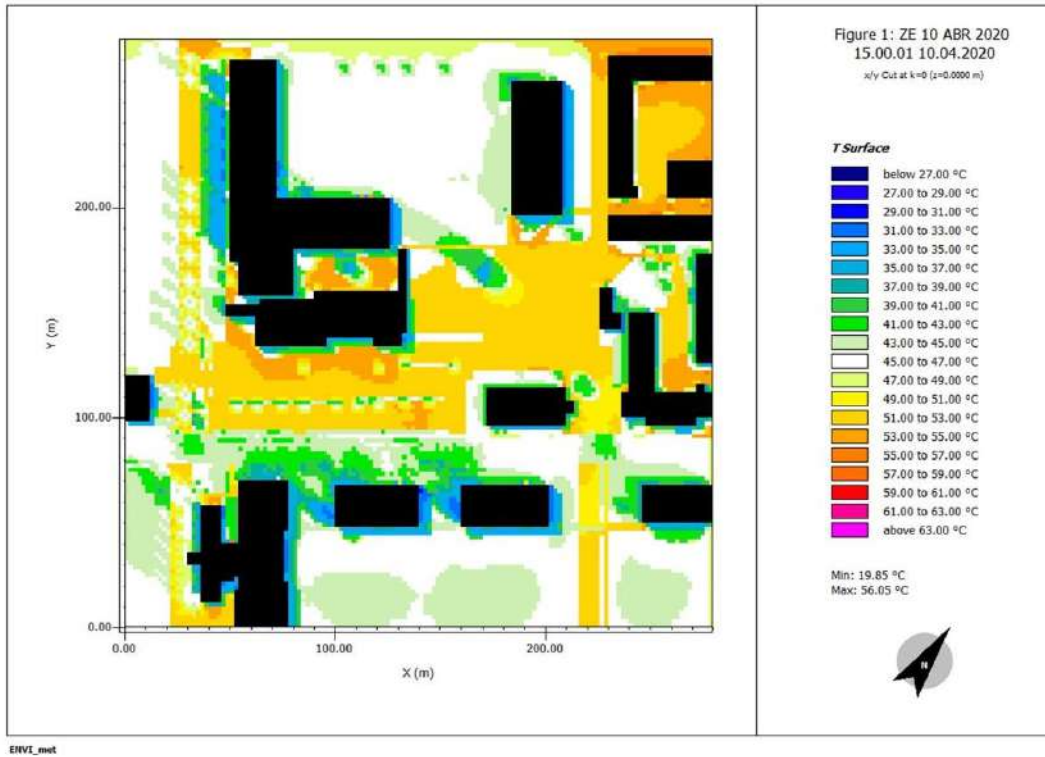
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 20°C hasta los 37°C, las temperaturas más bajas se encuentran debajo de las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta sobre la superficie pavimentada de la calle.

FIGURA 53. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 53°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta en la superficie pavimentada de la calle y estacionamientos.

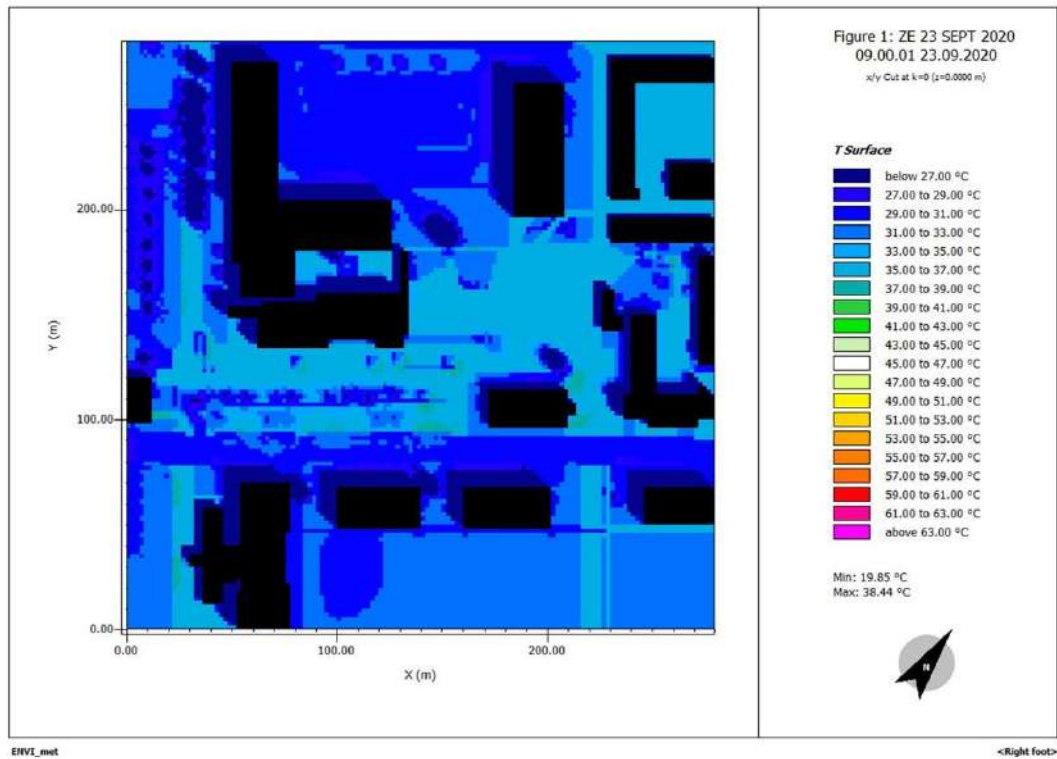
FIGURA 54. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 31°C hasta los 55°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta en la superficie pavimentada de la calle y estacionamientos.

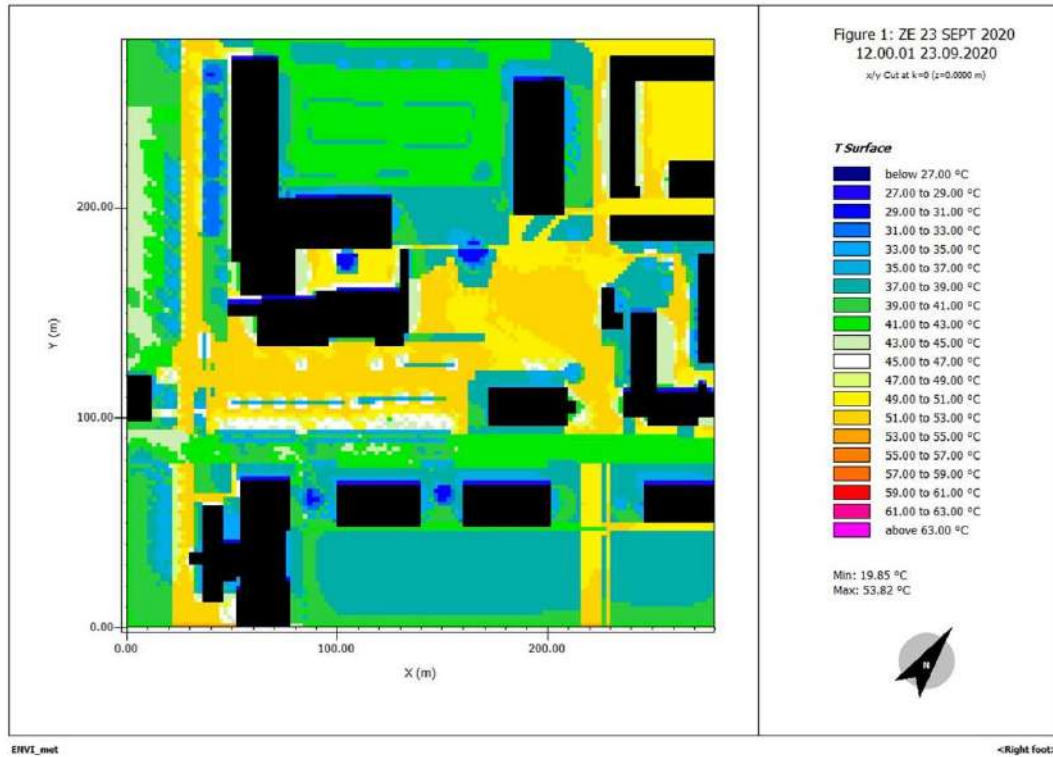
23 de septiembre de 2021

FIGURA 55. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



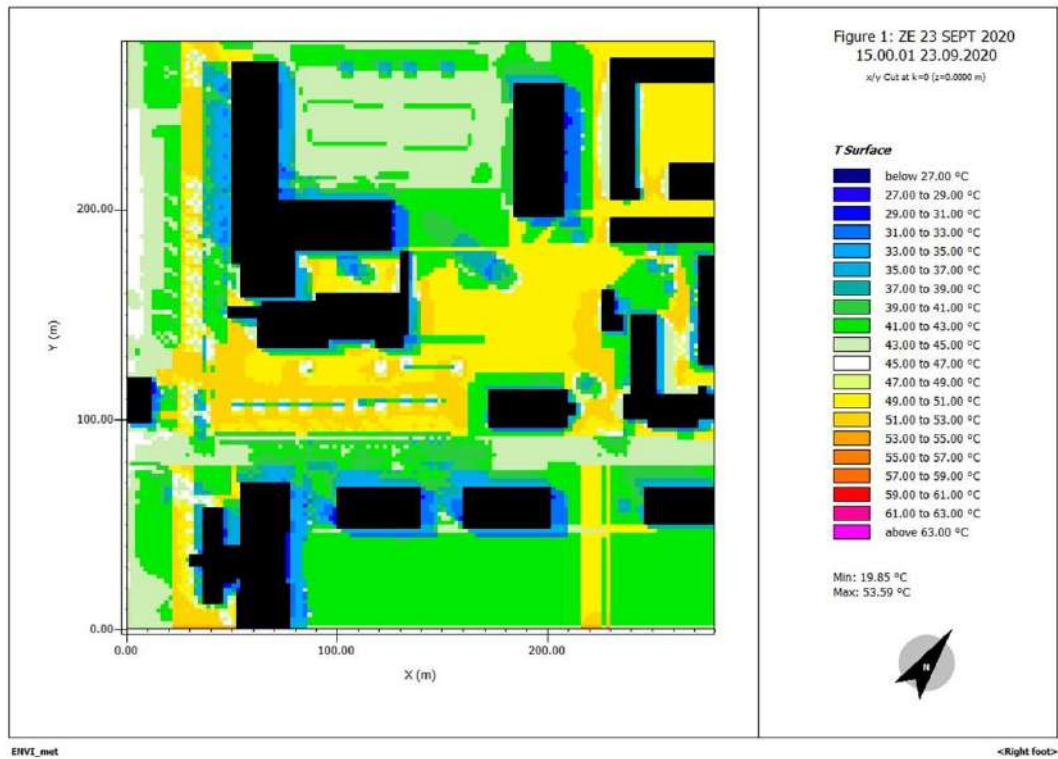
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 20°C hasta los 35°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta en la superficie pavimentada de la calle y estacionamiento.

FIGURA 56. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 51°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta en la superficie pavimentada de la calle y estacionamientos.

FIGURA 57. Temperatura de las superficies en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



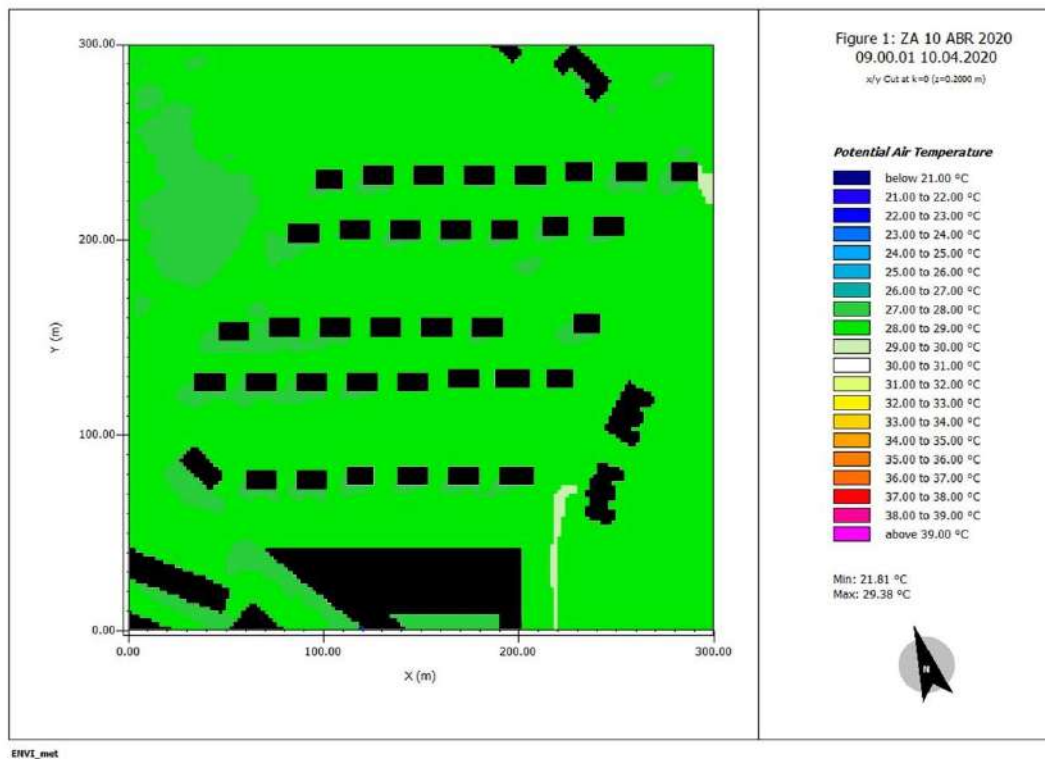
3 p.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas de las superficies van de los 27°C hasta los 51°C, las temperaturas más bajas se encuentran justo debajo de los árboles y las áreas en las que se proyectan las sombras de las edificaciones y la más alta en la superficie pavimentada de la calle y estacionamientos.

5.2 Resultados obtenidos para la temperatura del aire

5.2.1 Zona A

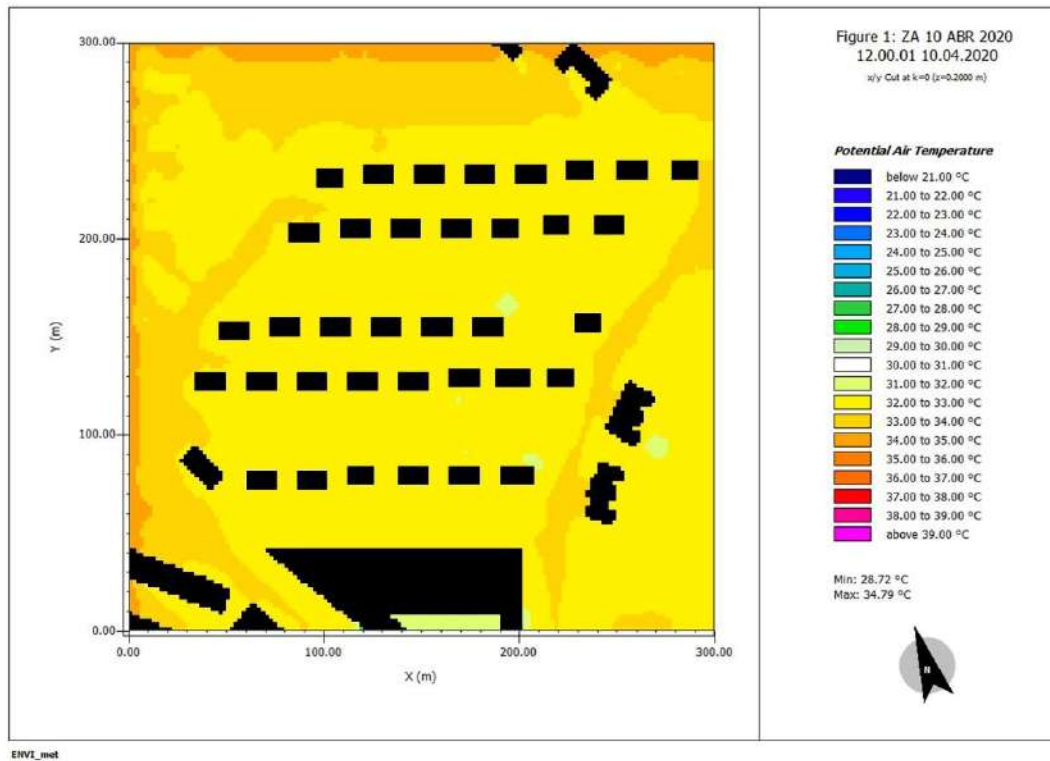
10 de abril de 2021

FIGURA 58. Temperatura del aire en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



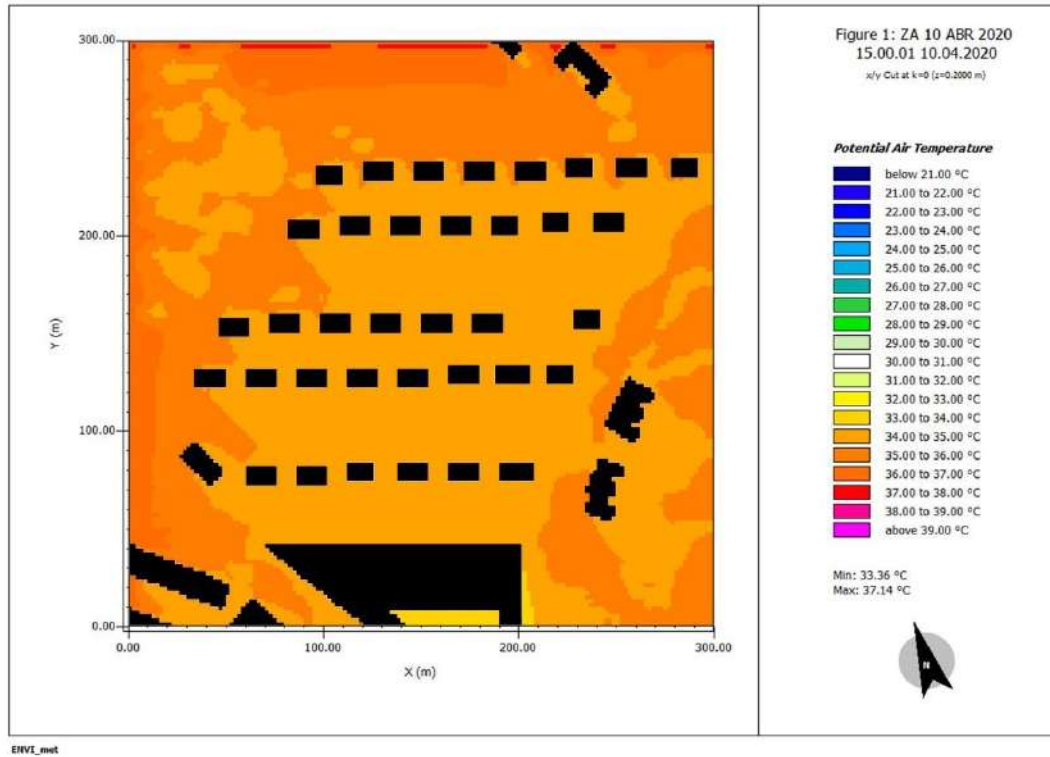
9 a.m: Se detectan zonas en las que las temperaturas van de los 27°C hasta los 30°C, las temperaturas más bajas se encuentran donde están ubicados los árboles y la más alta sobre la calle pavimentada.

FIGURA 59. Temperatura del aire en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 29°C hasta los 32°C. Las temperaturas más altas se detectan sobre la calle.

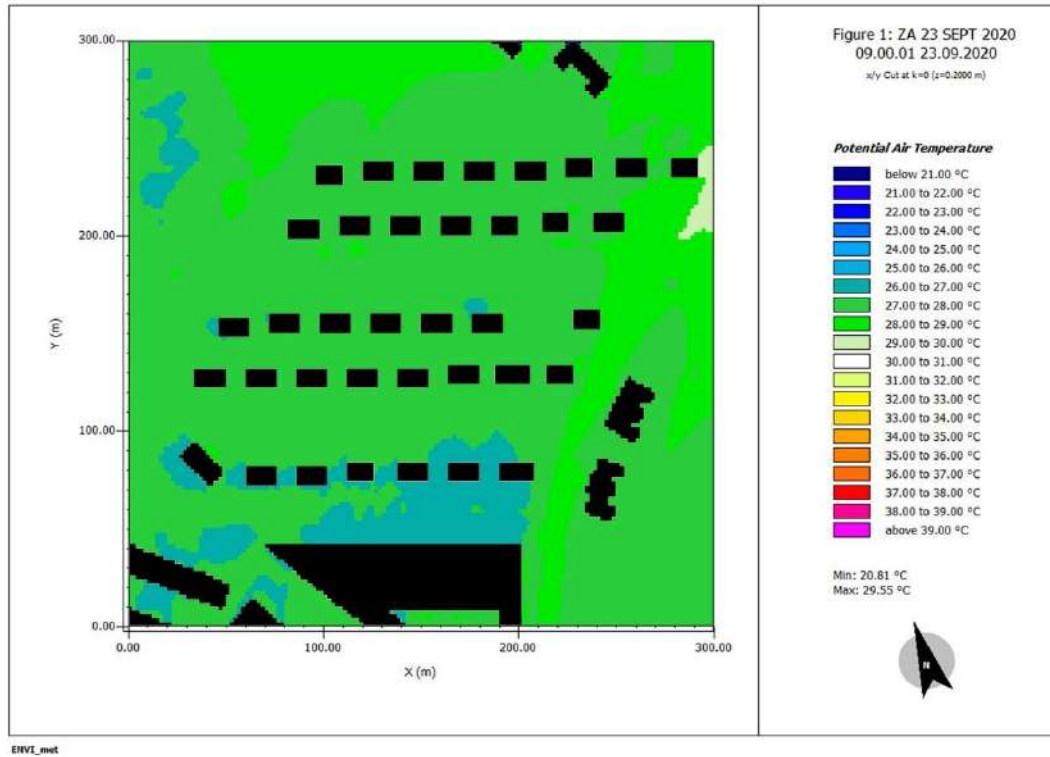
FIGURA 60. Temperatura del aire en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 34°C hasta los 37°C. Donde las temperaturas más bajas se encuentran debajo de los árboles, sobre el área de patio de las edificaciones y sobre algunas de las calles.

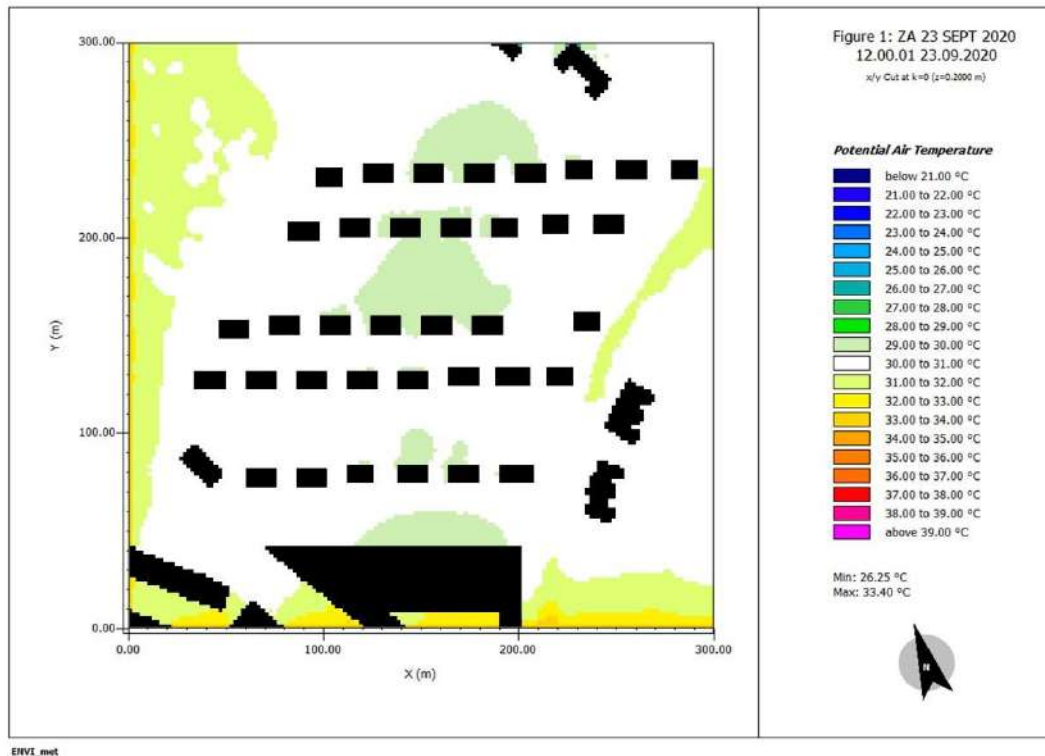
23 de septiembre de 2021

FIGURA 61. Temperatura del aire en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



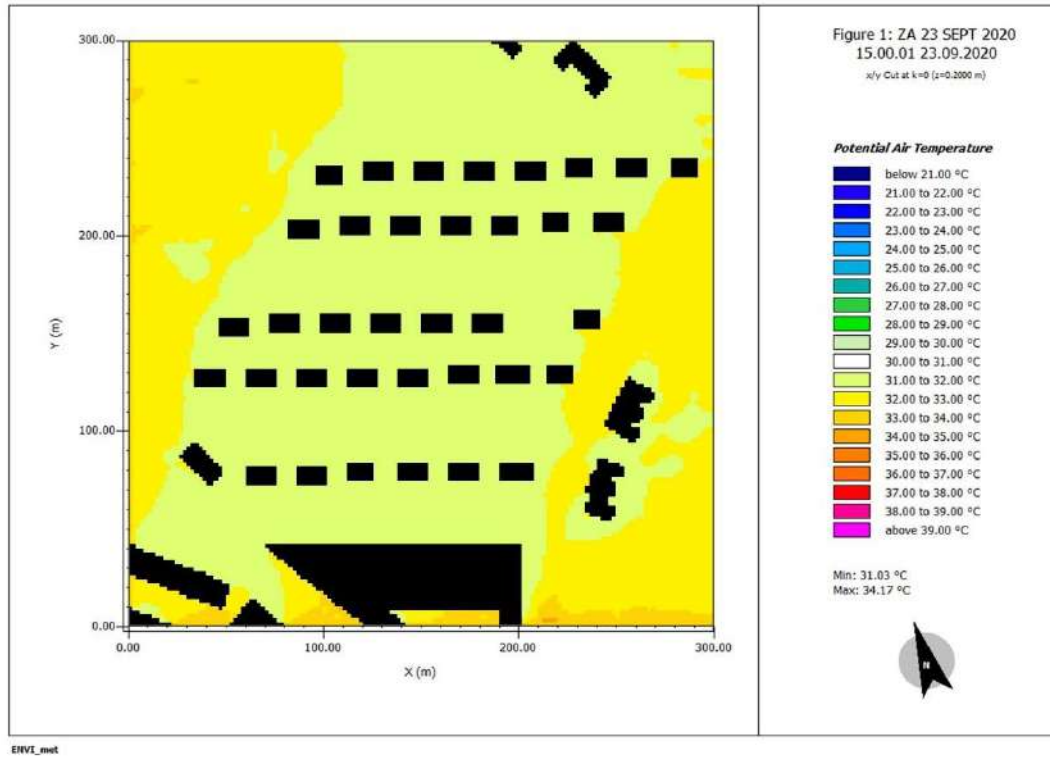
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas van de los 26°C hasta los 29°C, las temperaturas más bajas se encuentran dónde están ubicados los árboles y rodeando algunas edificaciones y la más alta sobre la calle principal.

FIGURA 62. Temperatura del aire en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 29°C hasta los 33°C. Las temperaturas más bajas se encuentran entre las edificaciones ubicadas hacia el centro del conjunto y sobre las zonas de césped.

FIGURA 63. Temperatura del aire en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

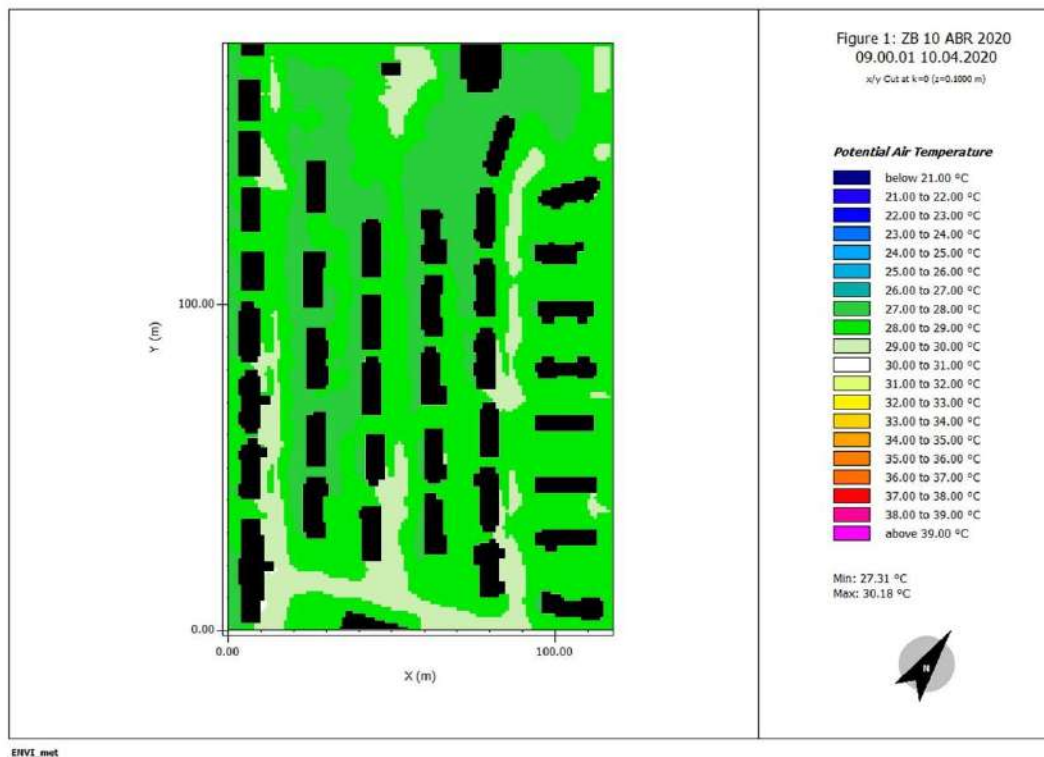


3 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 31°C hasta los 34°C. Las temperaturas más bajas se encuentran entre las edificaciones ubicadas en el conjunto y sobre las zonas de césped.

5.2.2 Zona B

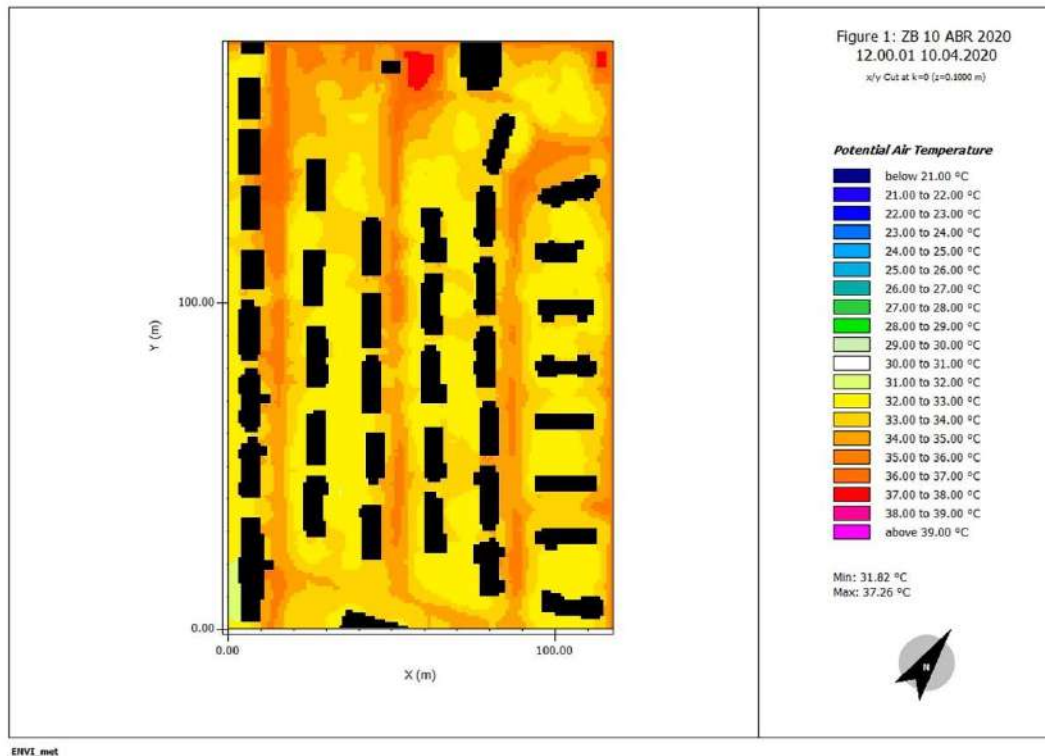
10 de abril de 2021

FIGURA 64. Temperatura del aire en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



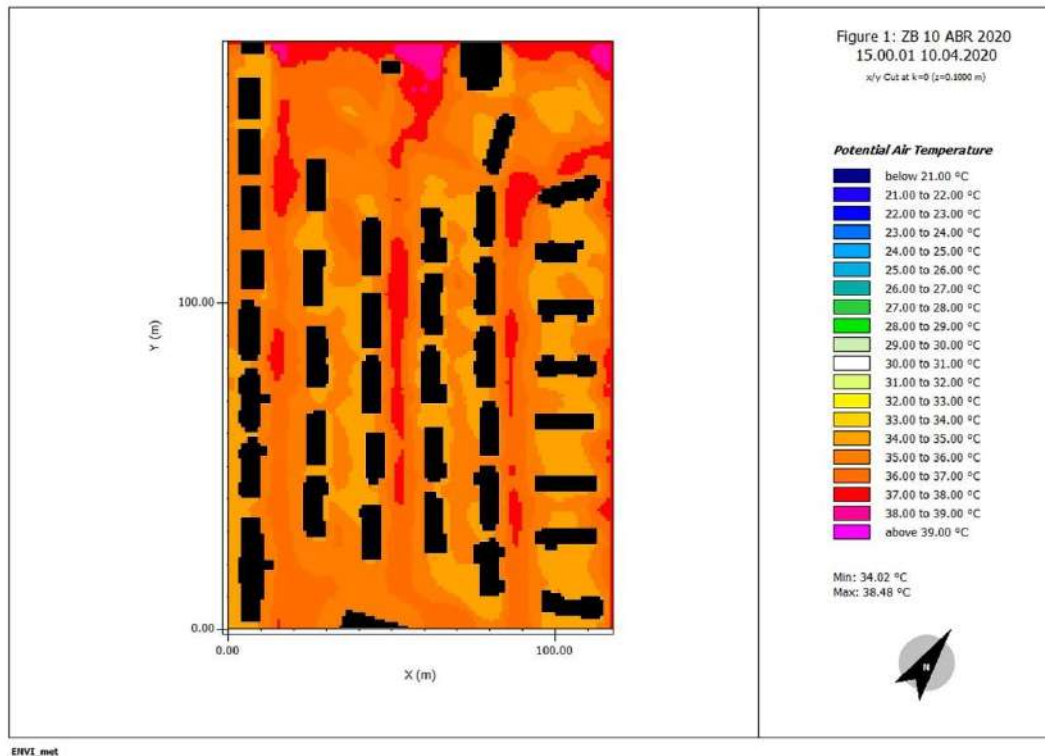
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas van de los 27°C hasta los 29°C, las temperaturas más bajas se encuentran dónde están ubicados los árboles y la más alta sobre las calles.

FIGURA 65. Temperatura del aire en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 32°C hasta los 36°C. Las temperaturas más altas se encuentran directamente sobre las calles.

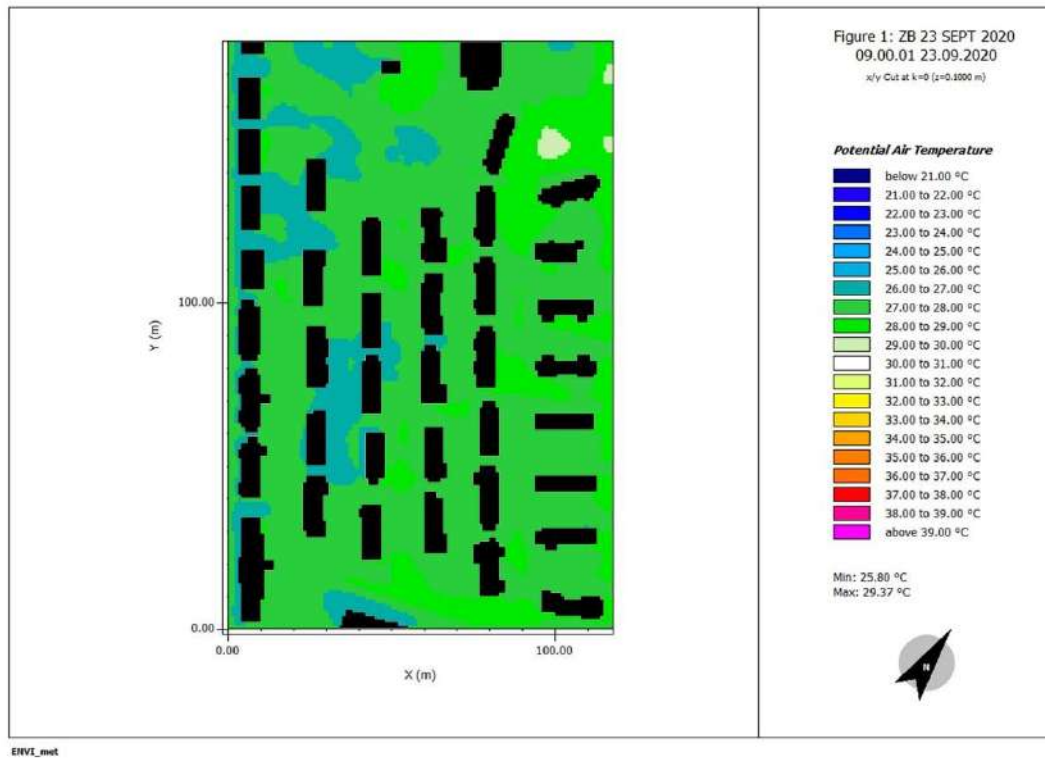
FIGURA 66. Temperatura del aire en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 34°C hasta los 38°C. Las temperaturas más altas se encuentran sobre las zonas de calle.

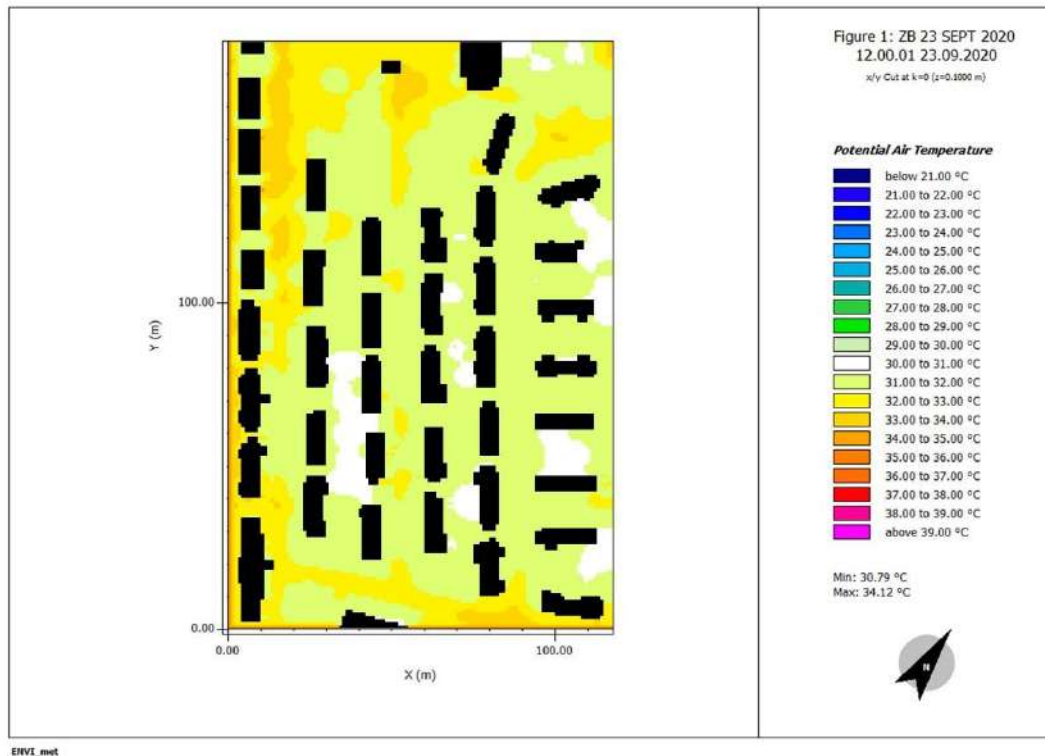
23 de septiembre de 2021

FIGURA 67. Temperatura del aire en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



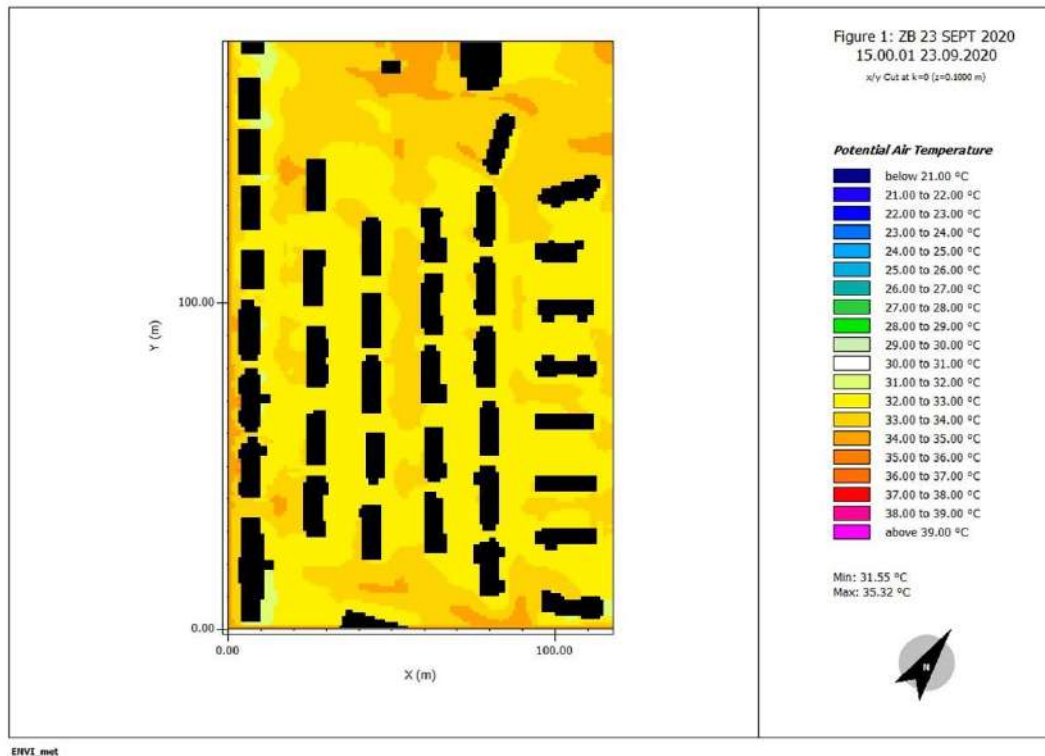
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas van de los 26°C hasta los 29°C, las temperaturas más bajas se encuentran en las áreas de vegetación.

FIGURA 68. Temperatura del aire en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 30°C hasta los 33°C. Las temperaturas más bajas se encuentran sobre las áreas de vegetación.

FIGURA 69. Temperatura del aire en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

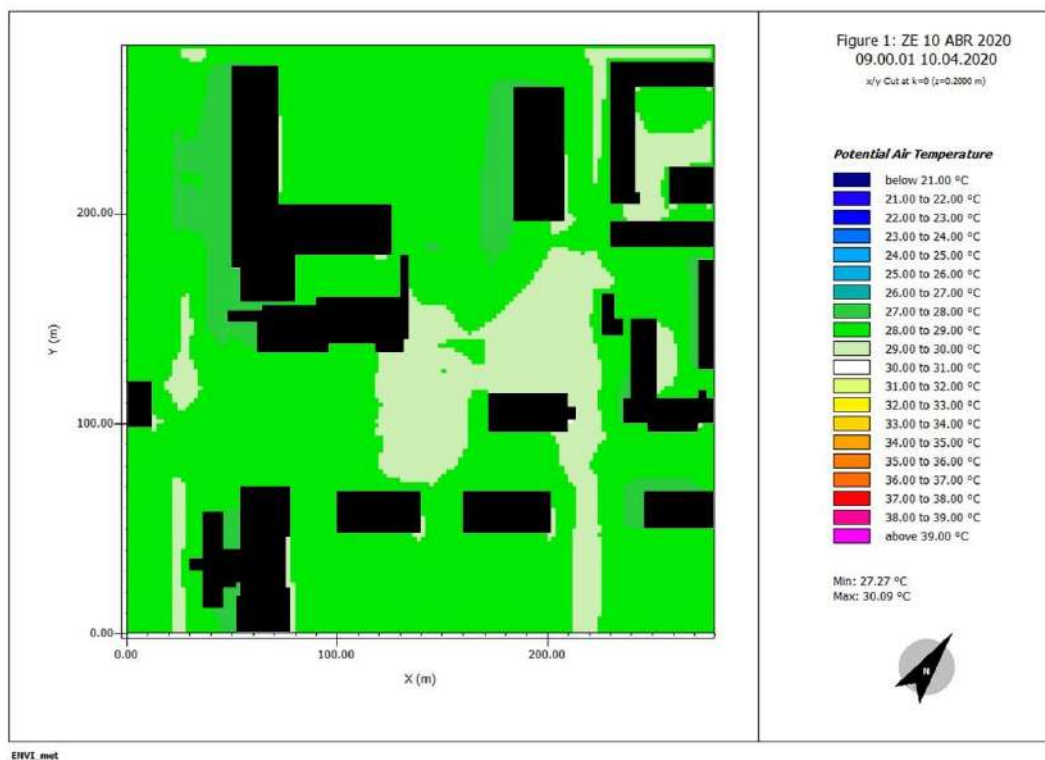


3 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 31°C hasta los 34°C. Las temperaturas más bajas se encuentran sobre las áreas con vegetación.

5.1.3 Zona de Estacionamientos

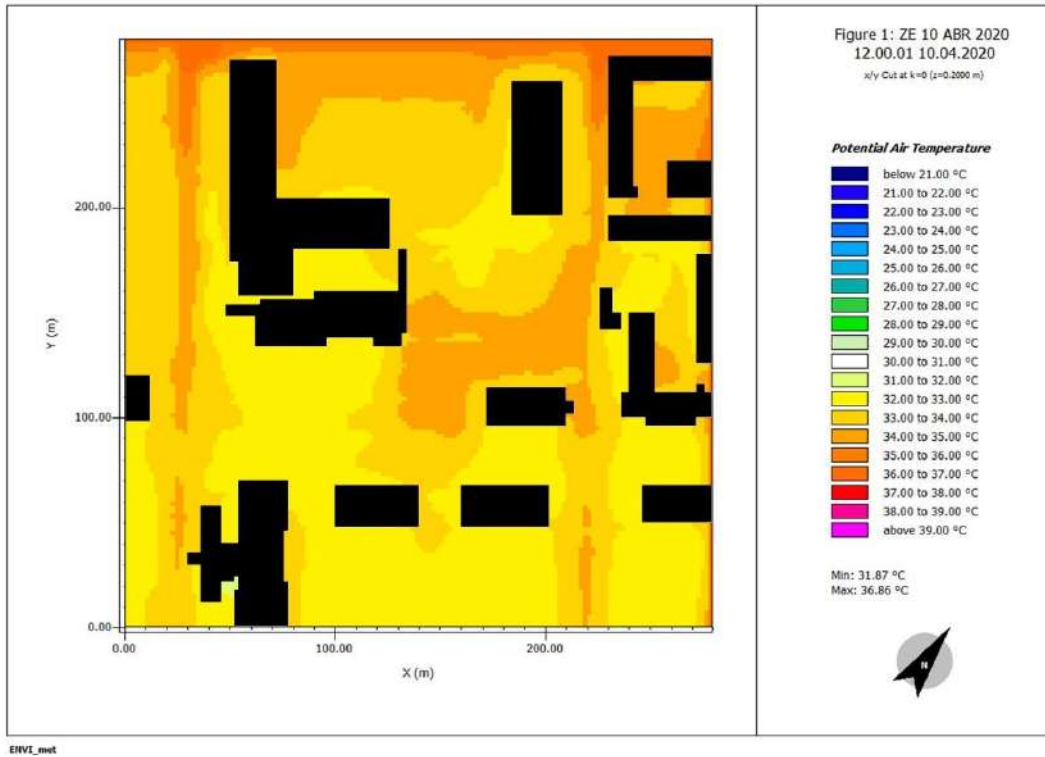
10 de abril de 2021

FIGURA 70. Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



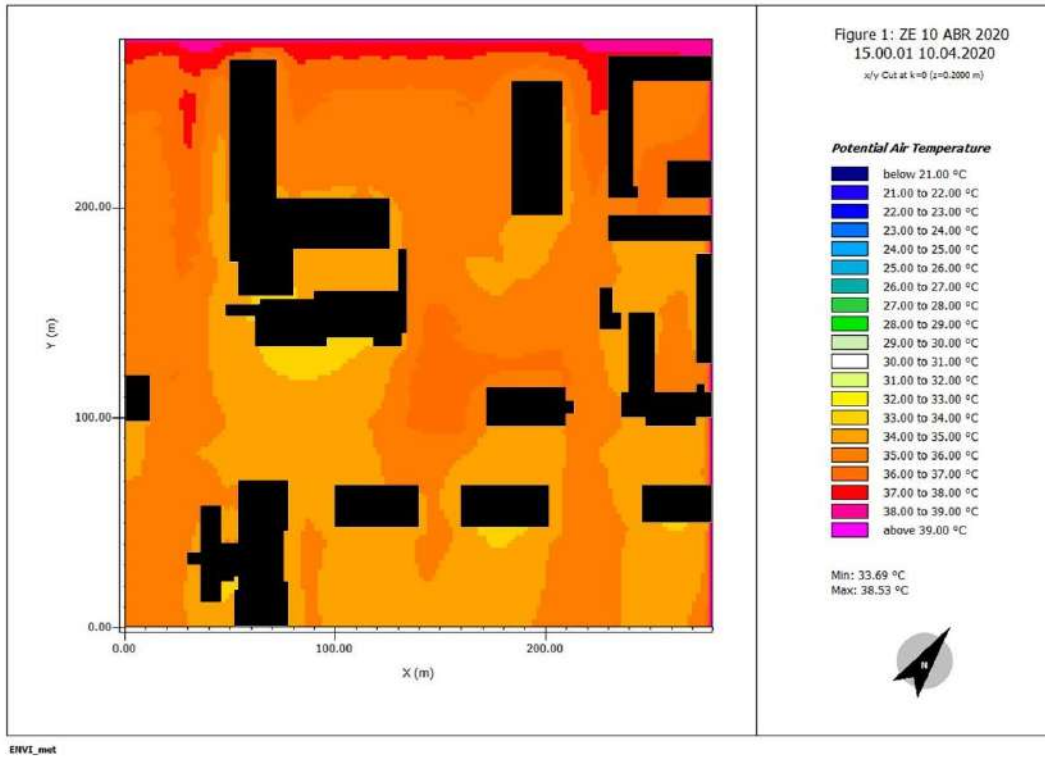
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas van de los 27°C hasta los 29°C. Las temperaturas más altas se encuentran sobre el concreto del área de estacionamientos.

FIGURA 71. Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 32°C hasta los 36°C. Las temperaturas más altas se encuentran sobre el concreto del área de estacionamientos.

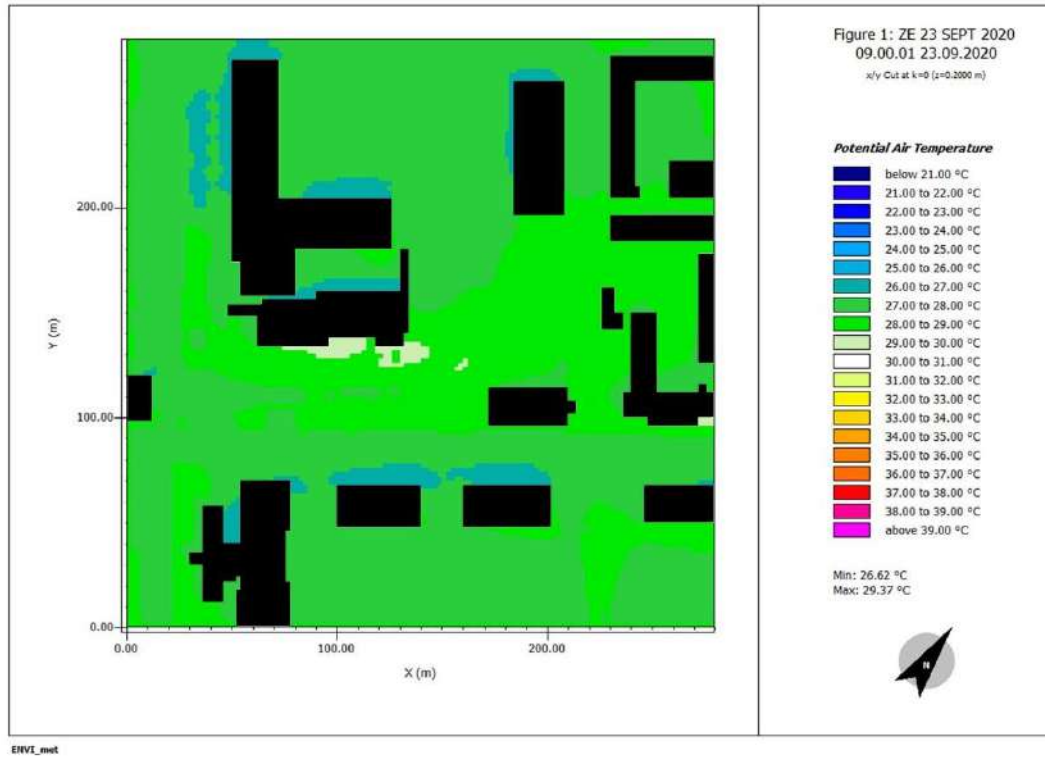
FIGURA 72. Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 33°C hasta los 38°C. Las temperaturas más altas se encuentran sobre el concreto del área de estacionamientos.

23 de septiembre de 2020

FIGURA 73. Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



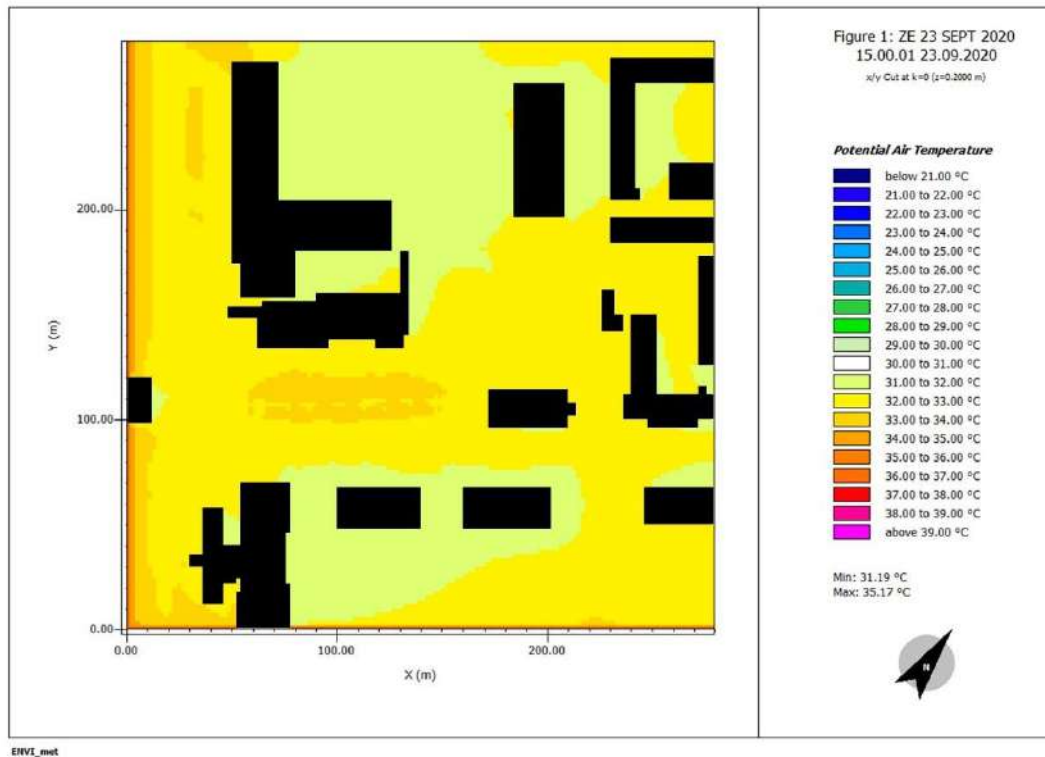
9 a.m.: Se detectan zonas en las que las temperaturas van de los 26°C hasta los 29°C, las temperaturas más bajas se encuentran alrededor de las edificaciones.

FIGURA 74. Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 30°C hasta los 34°C.

FIGURA 75. Temperatura del aire en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



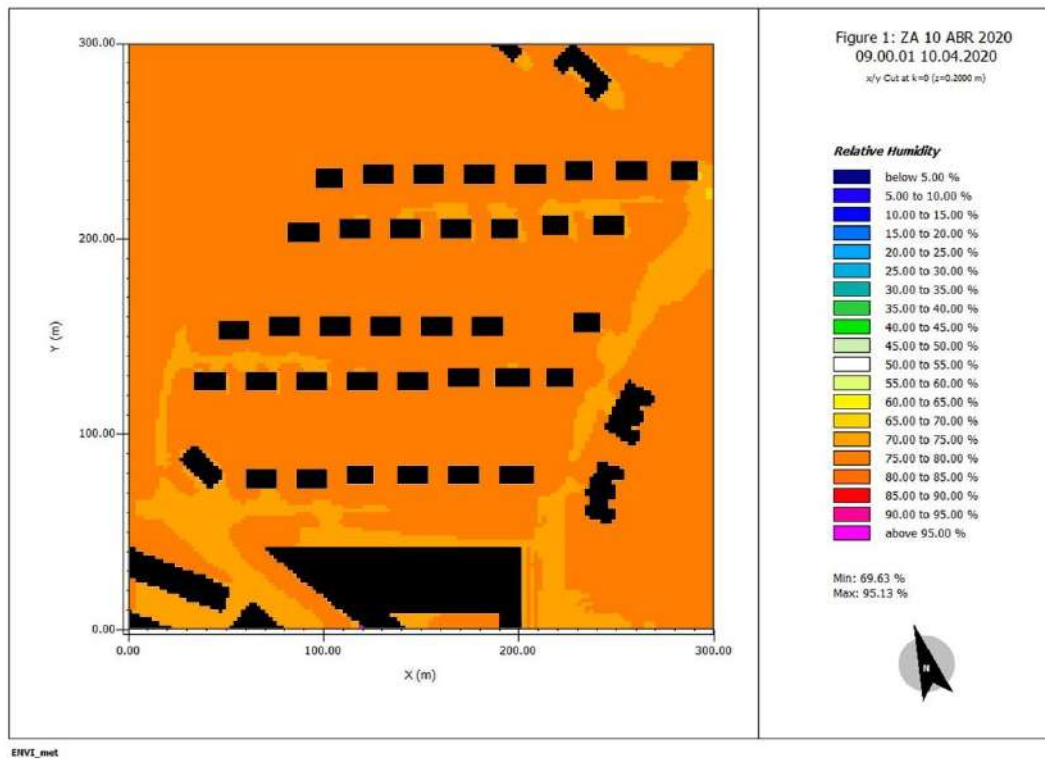
3 p.m.: Se detectan zonas en las cuales las temperaturas van desde los 31°C hasta los 34°C.

5.3 Resultados obtenidos para la humedad relativa

5.3.1 Zona A

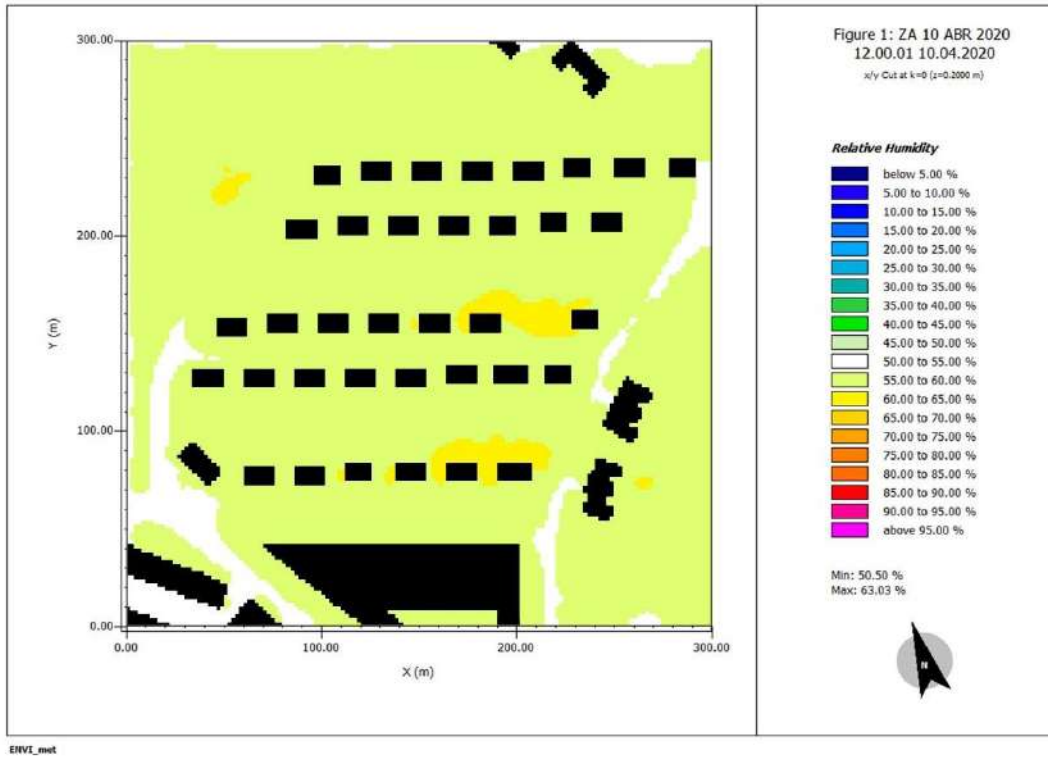
10 de abril de 2021

FIGURA 76. Humedad relativa en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



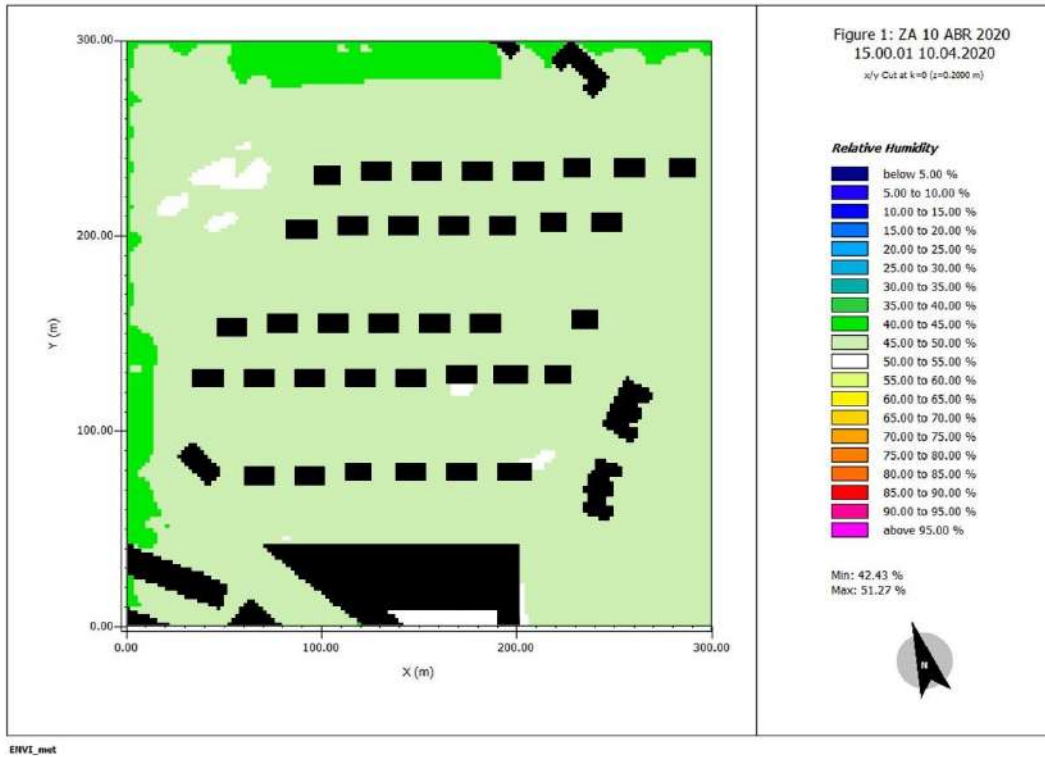
9 a.m.: Se lee que la humedad relativa va del 65% al 75%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 77. Humedad relativa en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 50% al 60%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

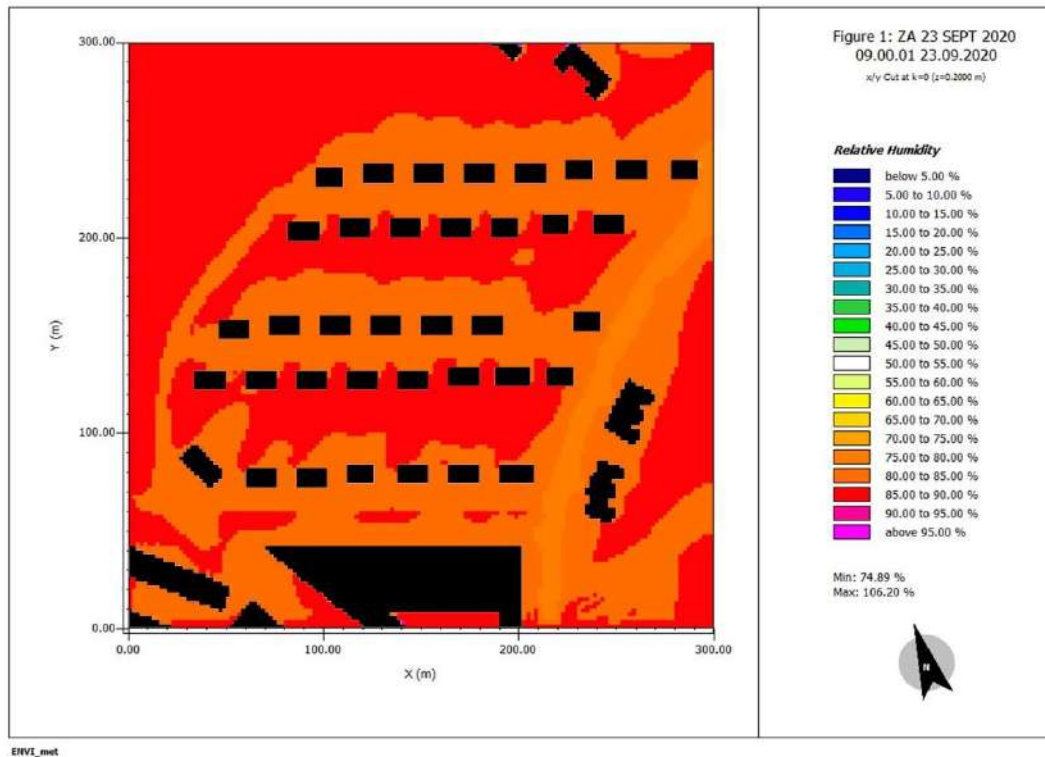
FIGURA 78. Humedad relativa en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 40% al 50%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

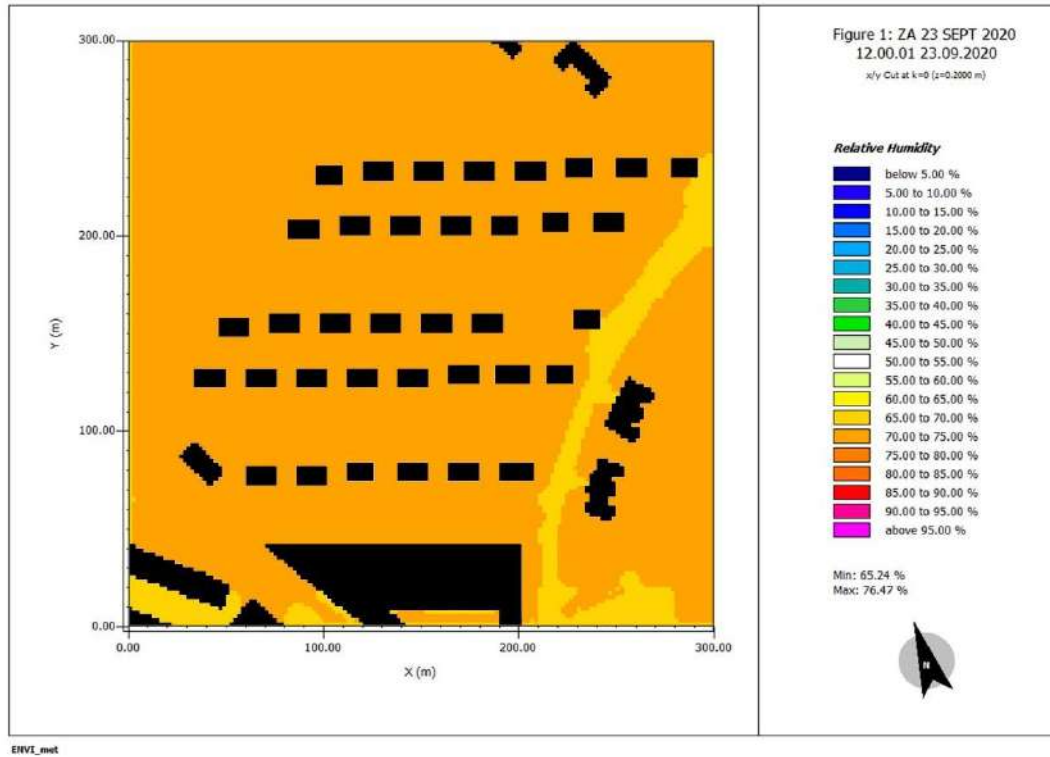
23 de septiembre de 2021

FIGURA 79. Humedad relativa en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



9 a.m.: Se lee que la humedad relativa va del 75% al 85%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 80. Humedad relativa en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 65% al 70%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 81. Humedad relativa en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

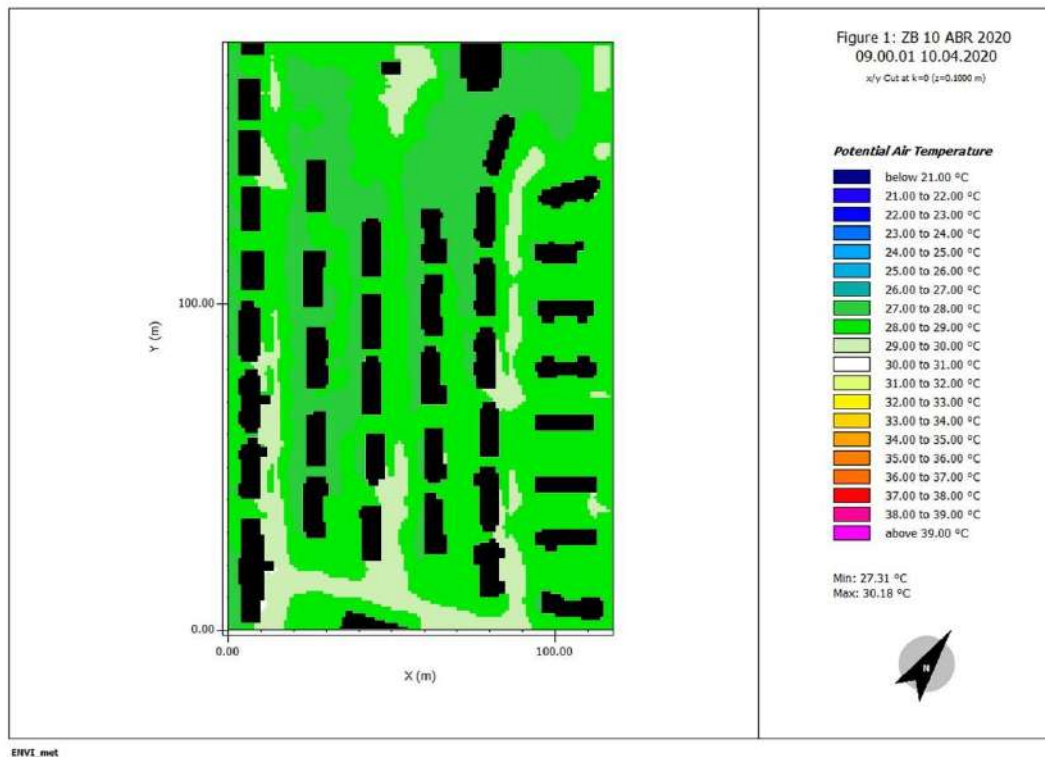


3 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 50% al 60%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

5.1.2 Zona B

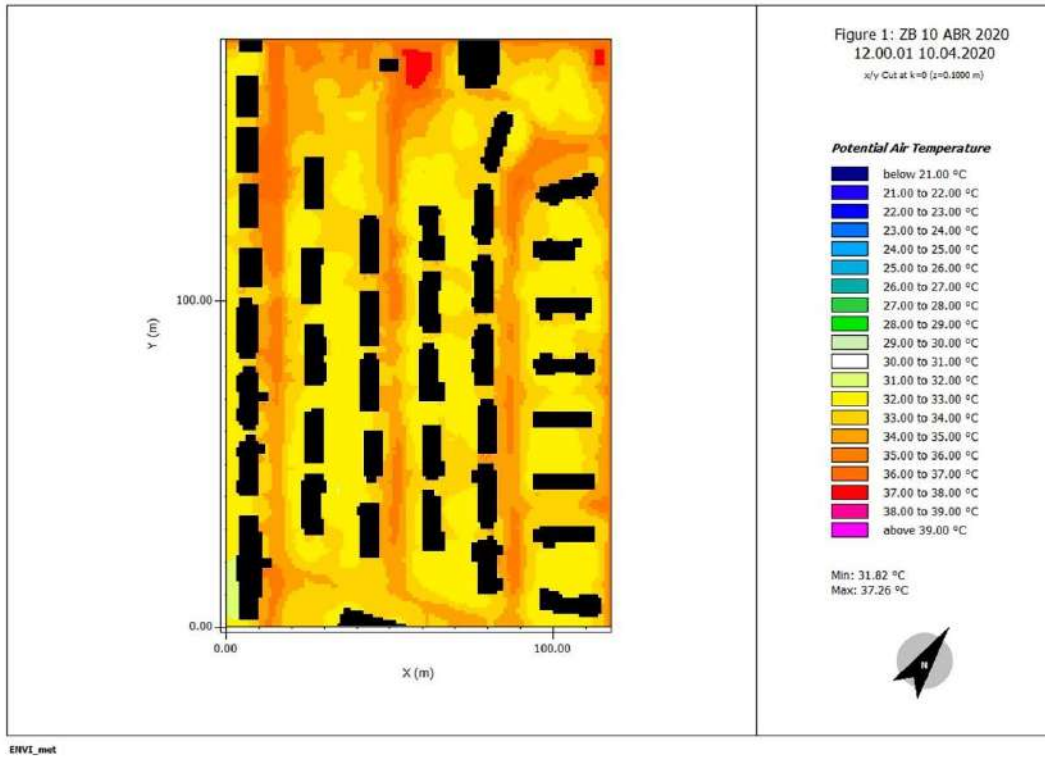
10 de abril de 2021

FIGURA 82. Humedad relativa en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



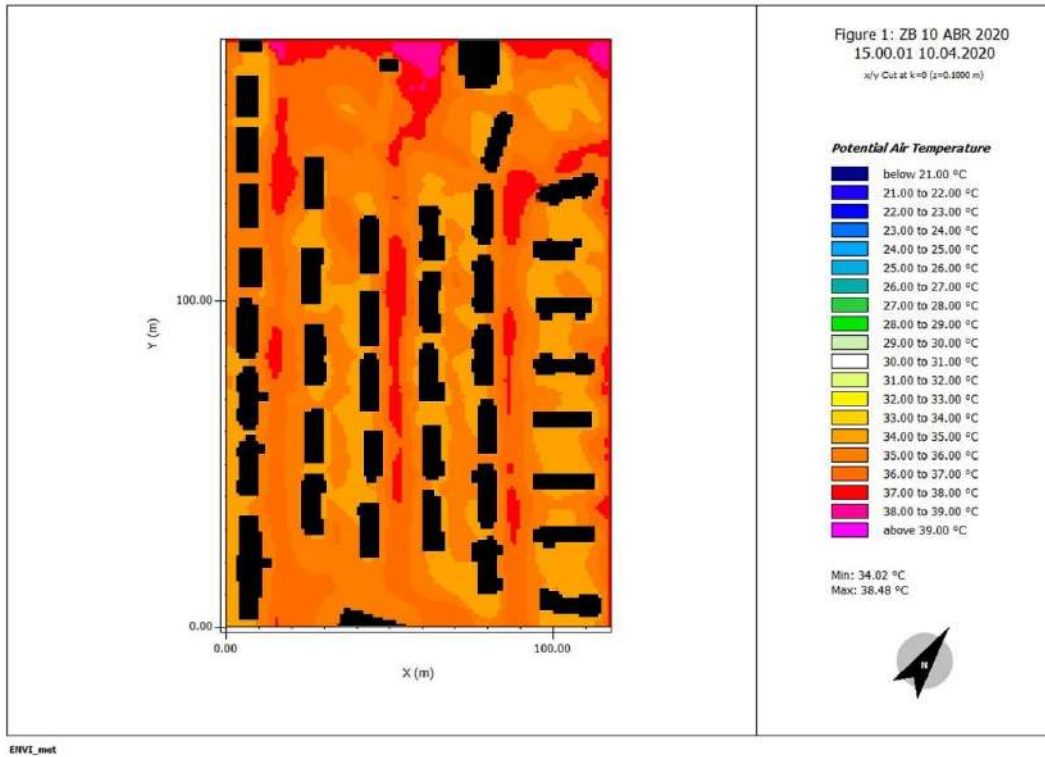
9 a.m.: Se lee que la humedad relativa va del 65% al 75%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 83. Humedad relativa en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 40% al 60%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

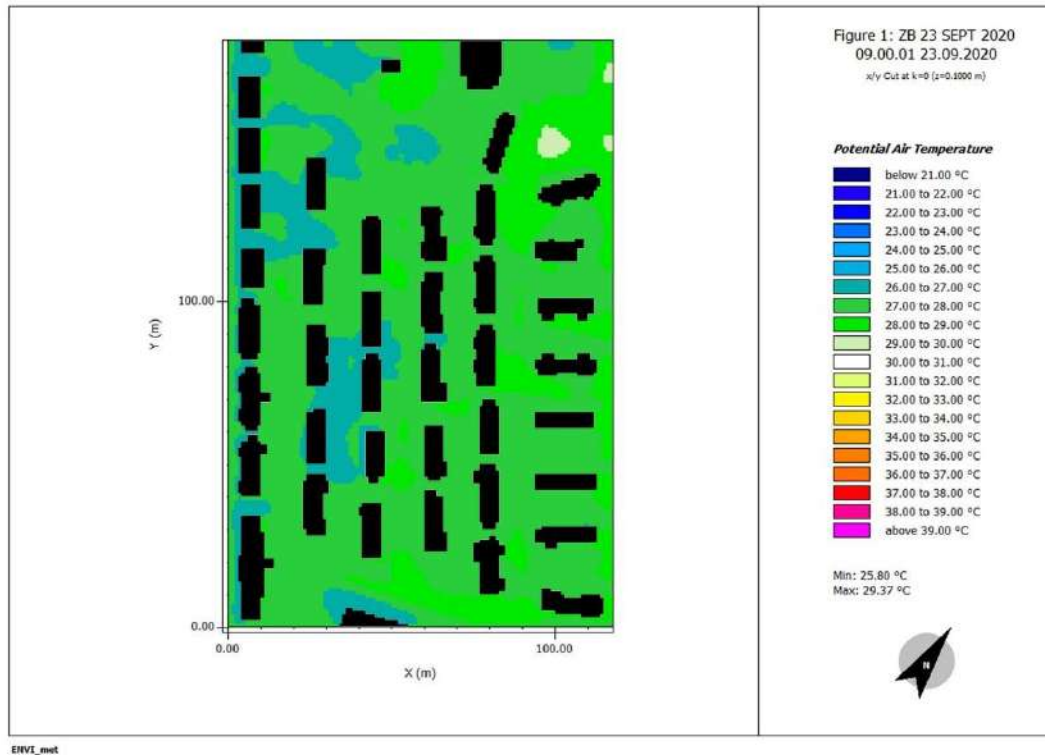
FIGURA 84. Humedad relativa en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 35% al 50%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

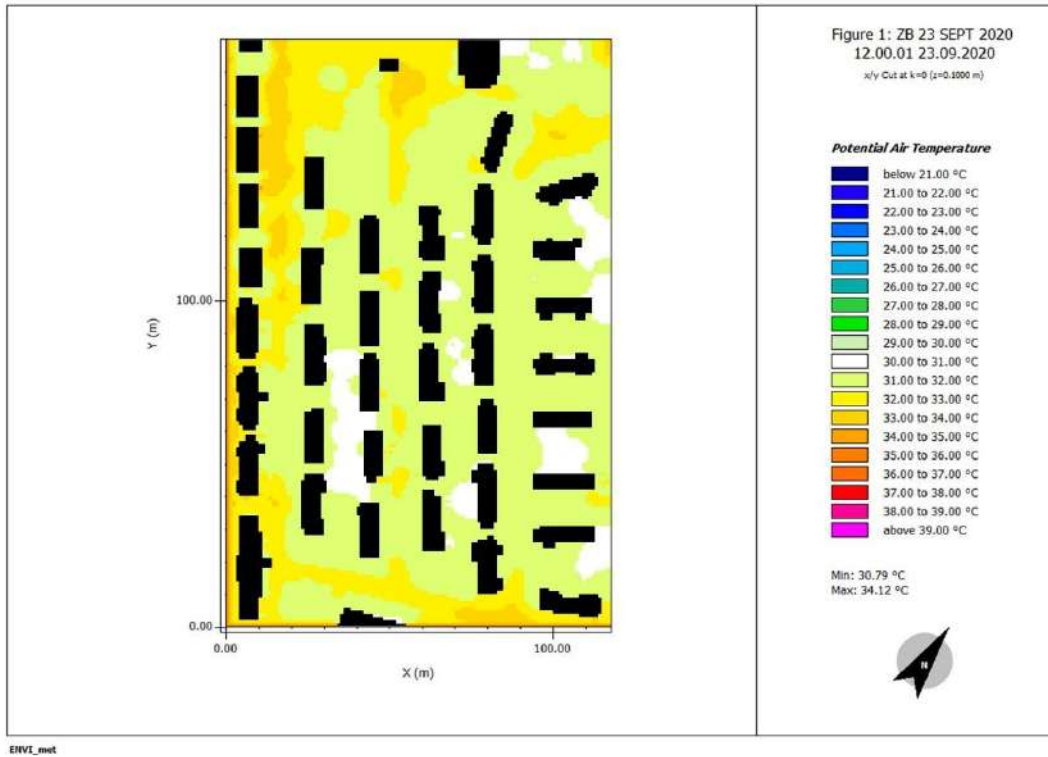
23 de septiembre de 2021

FIGURA 85. Humedad relativa en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



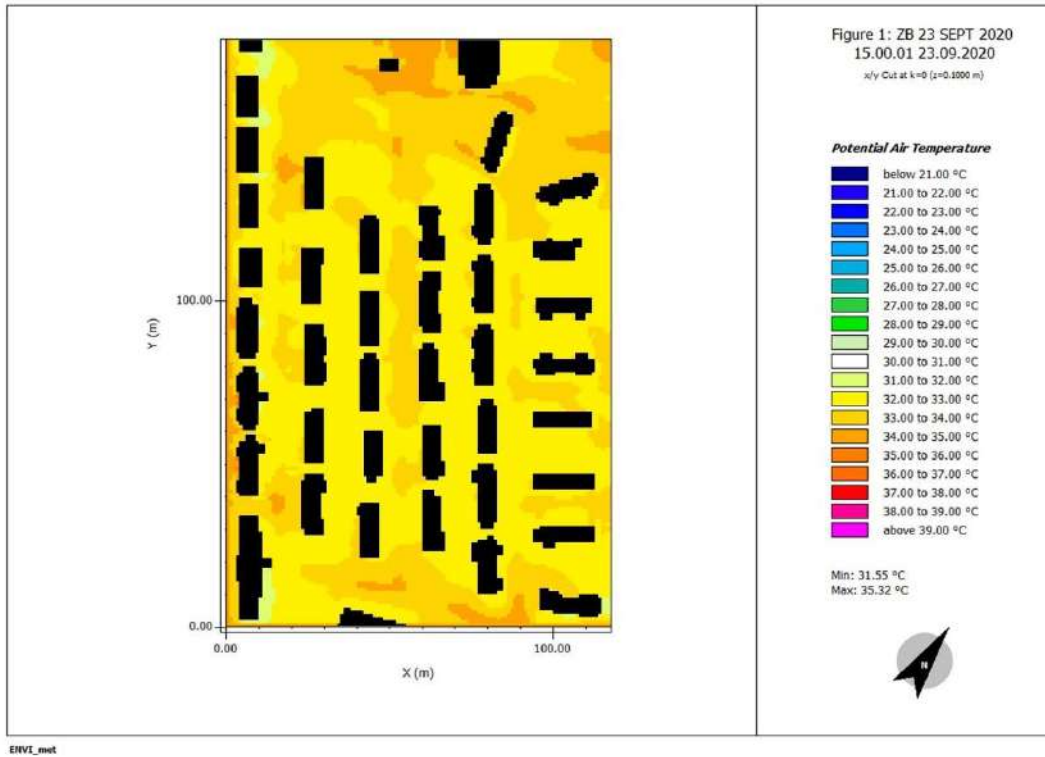
9 a.m.: Se lee que la humedad relativa va del 75% al 85%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 86. Humedad relativa en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 60% al 75%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 87. Humedad relativa en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

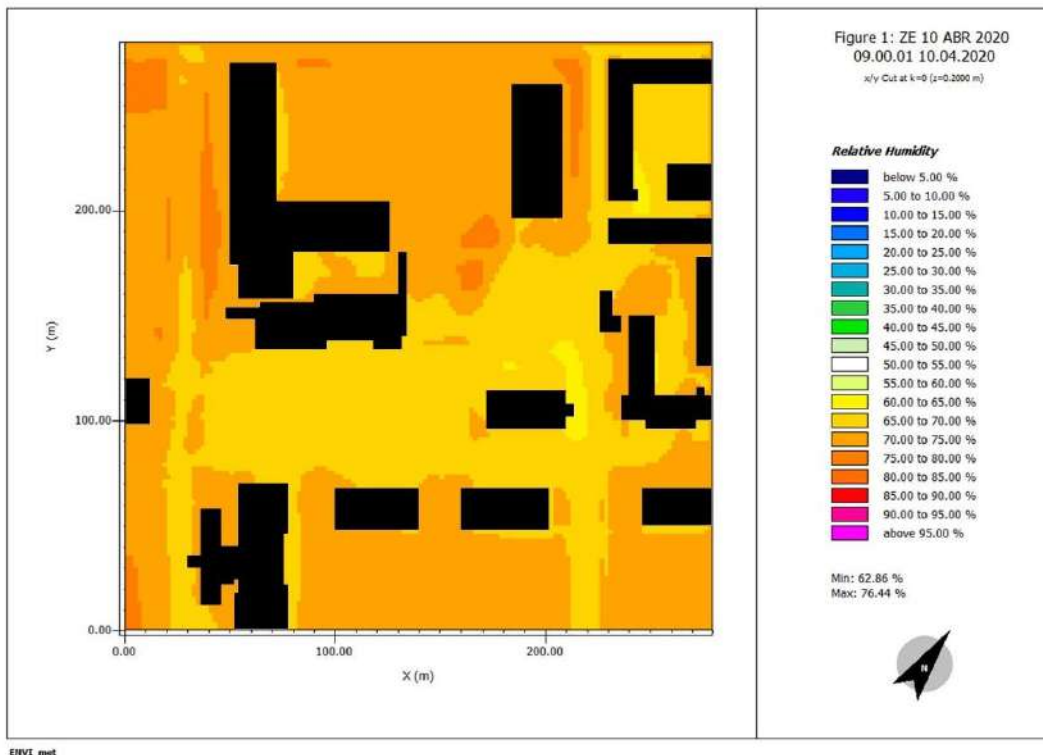


3 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 50% al 60%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

5.1.3 Zona de Estacionamientos

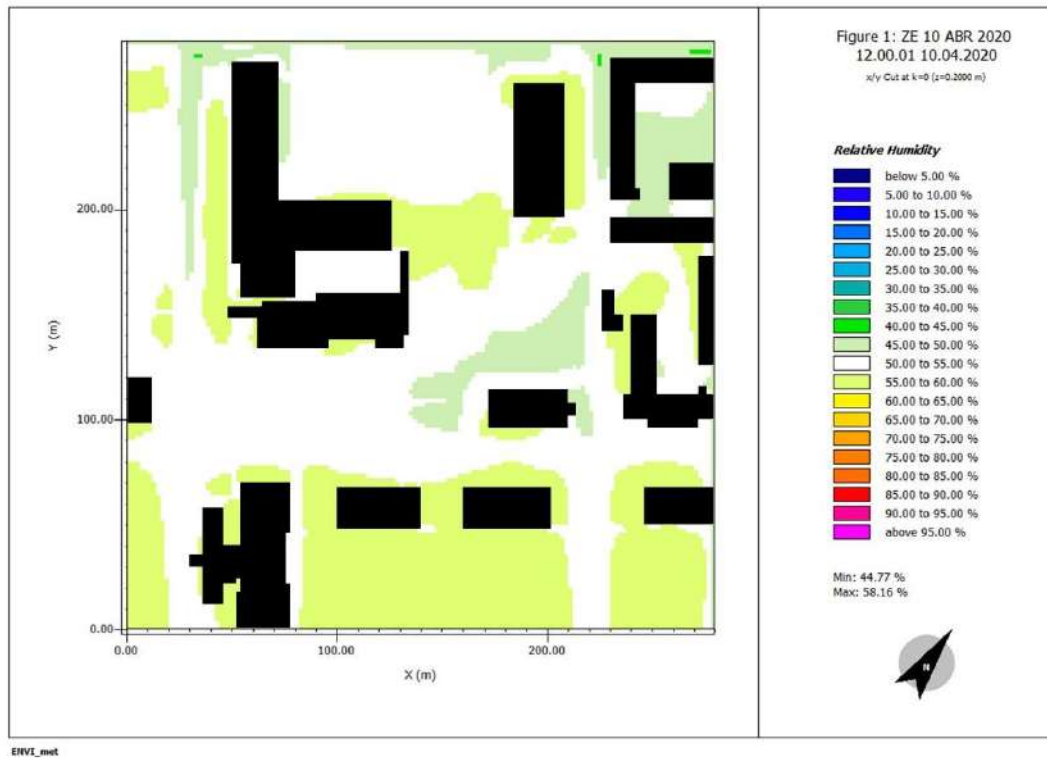
10 de abril de 2021

FIGURA 88. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



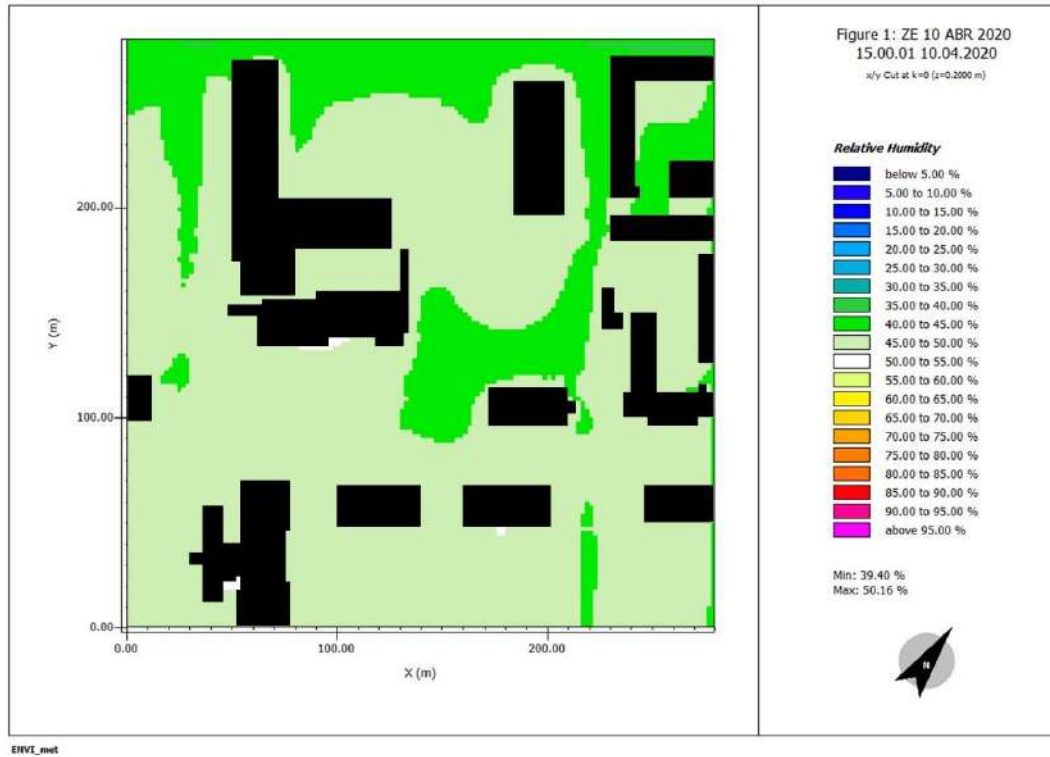
9 a.m.: Se lee que la humedad relativa va del 60% al 75%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 89. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 45% al 55%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

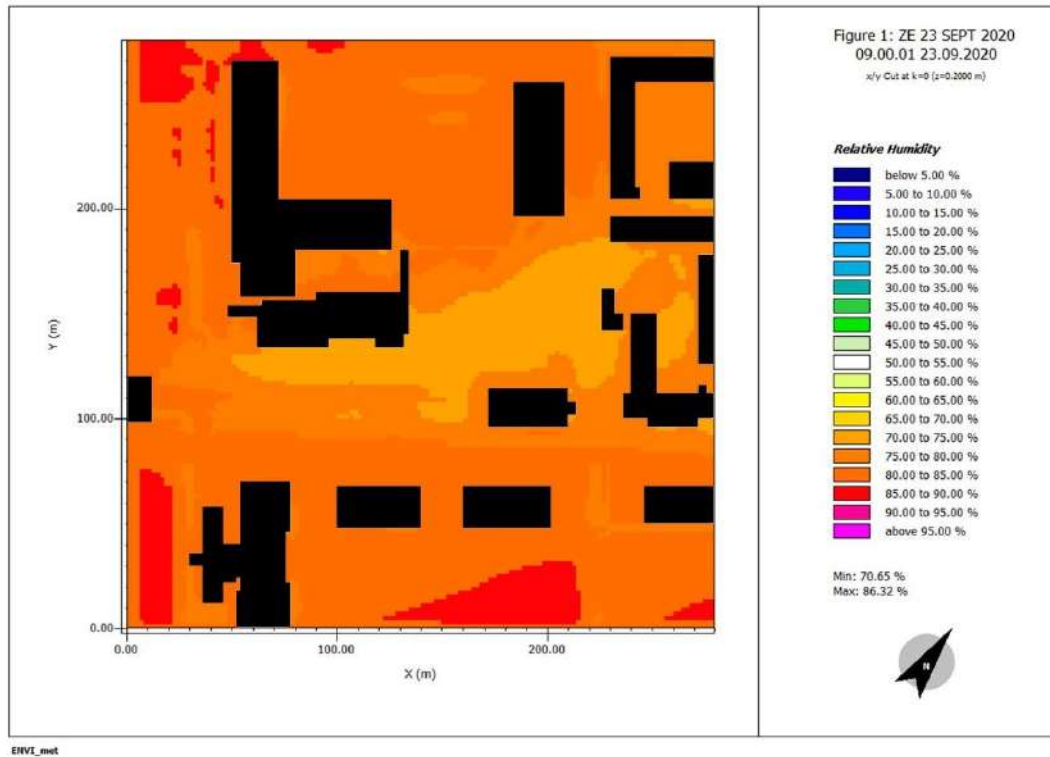
FIGURA 90. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 40% al 50%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

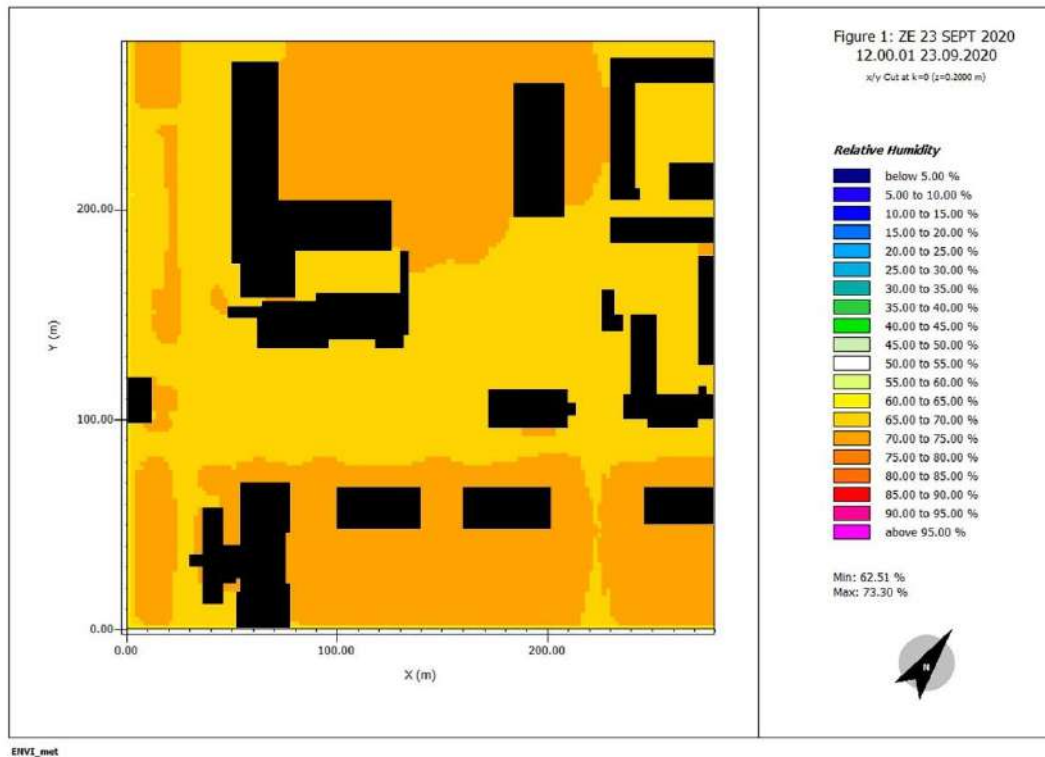
23 de septiembre de 2020

FIGURA 91. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



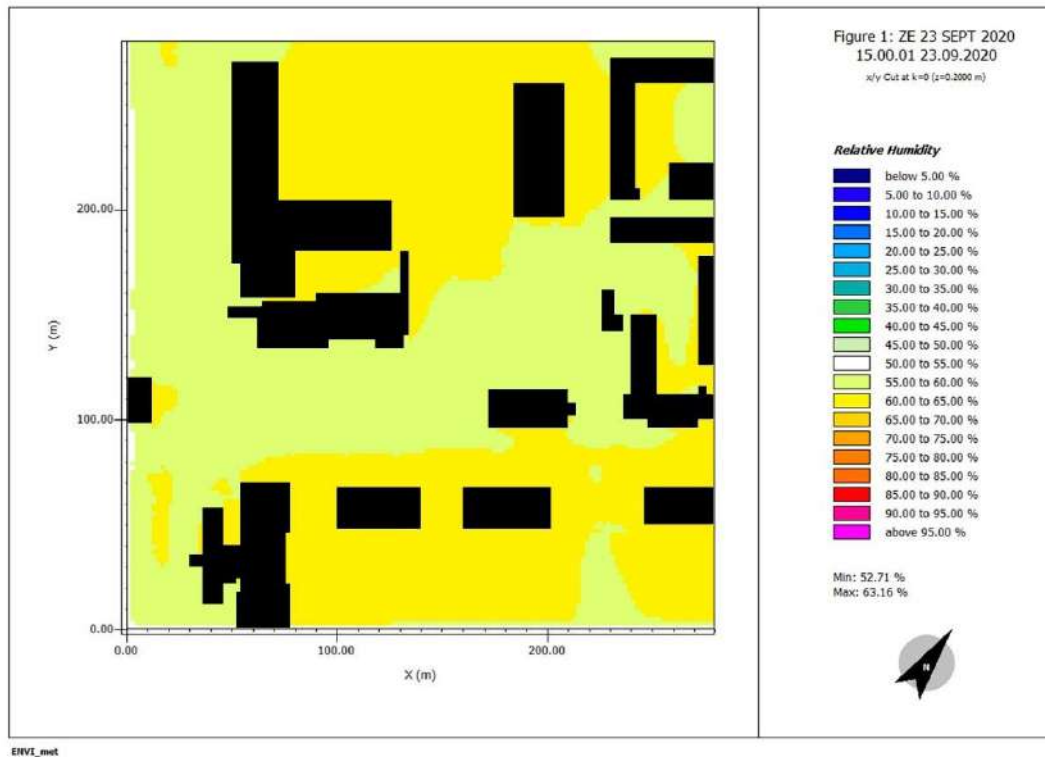
9 a.m.: Se lee que la humedad relativa va del 70% al 85%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 92. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 65 % al 70%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

FIGURA 93. Humedad relativa en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



3 p.m.: Se lee que la humedad relativa va del 55% al 60%. Los valores más altos se encuentran en las zonas donde hay vegetación y los valores más bajos en área pavimentada.

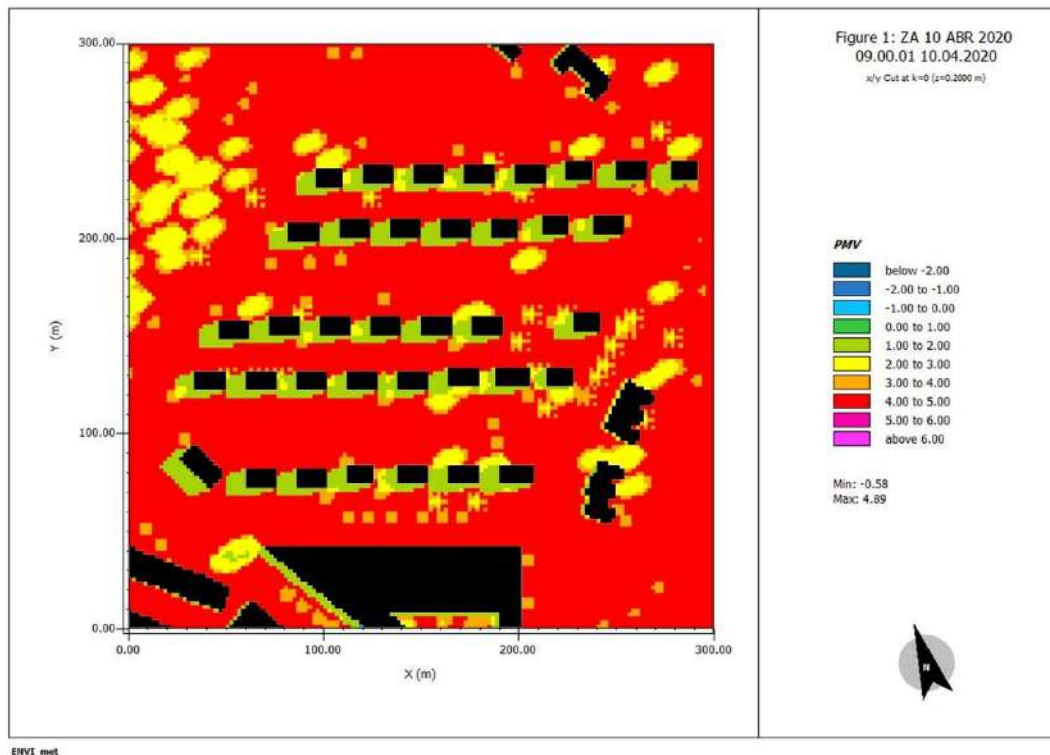
5.2 Resultados obtenidos para PMV

El índice PMV, originalmente, se da en una escala de 7 valores del -3 al +3 incluyendo al cero. Envi-met permite calcular valores fuera de la escala menores al -3 y mayores al +3, donde los valores superiores al +3 aplican para el clima de Panamá y se podrían interpretar como “sensación más que sofocante” y “sensación mucho más que sofocante”, siendo el valor de +3 “sensación sofocante”.

5.2.1 Zona A

10 de abril 2020

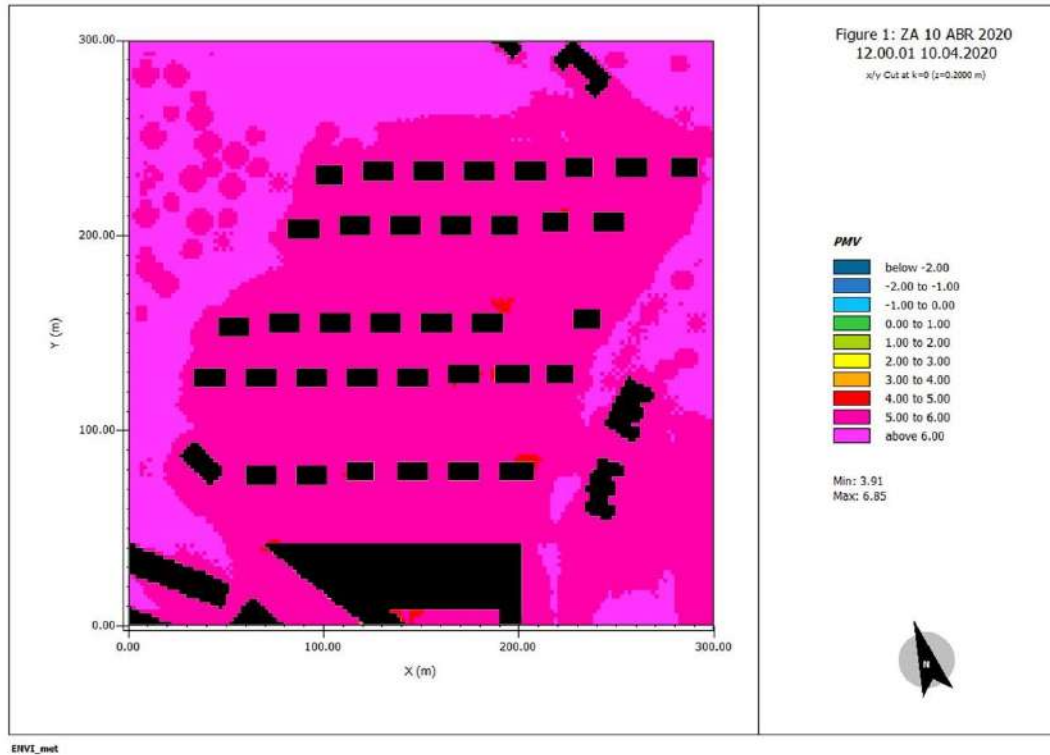
FIGURA 94. PMV en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



9 a.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 1 indicando que la sensación de las personas sería ligeramente caliente es el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 2 el índice indica que la sensación térmica es caliente, se observa que se ubican justo debajo de algunos árboles. Se observan zonas en las que el valor de PMV es de 3 lo que indica que la sensación térmica es sofocante y se encuentran en espacios rodeando a los árboles y a las edificaciones. Finalmente, se

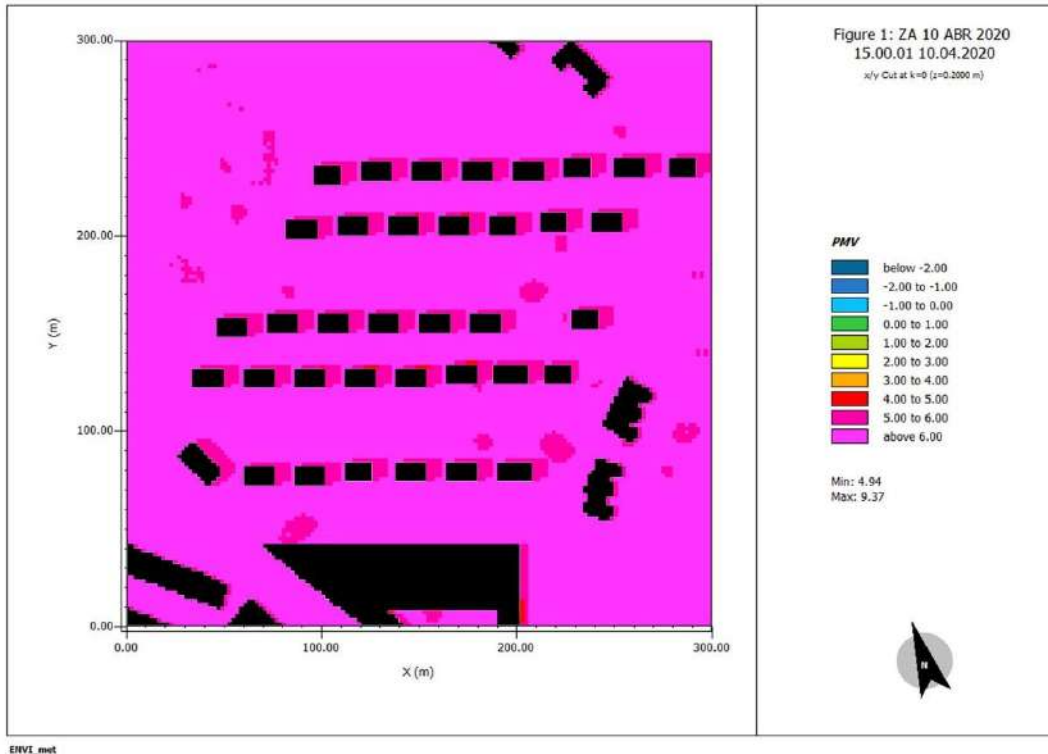
observa que el índice marca 4 para el resto del espacio lo que indica que la sensación es más que sofocante.

FIGURA 95. PMV en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 4 indica que la sensación térmica en estos espacios es más que sofocante en zonas muy pequeñas cercanas a un par de edificaciones. Para las zonas en las que el valor de PMV marca de 5 en adelante indica que la sensación térmica es mucho más que sofocante, se observa que se ubican prácticamente en el resto del área de estudio.

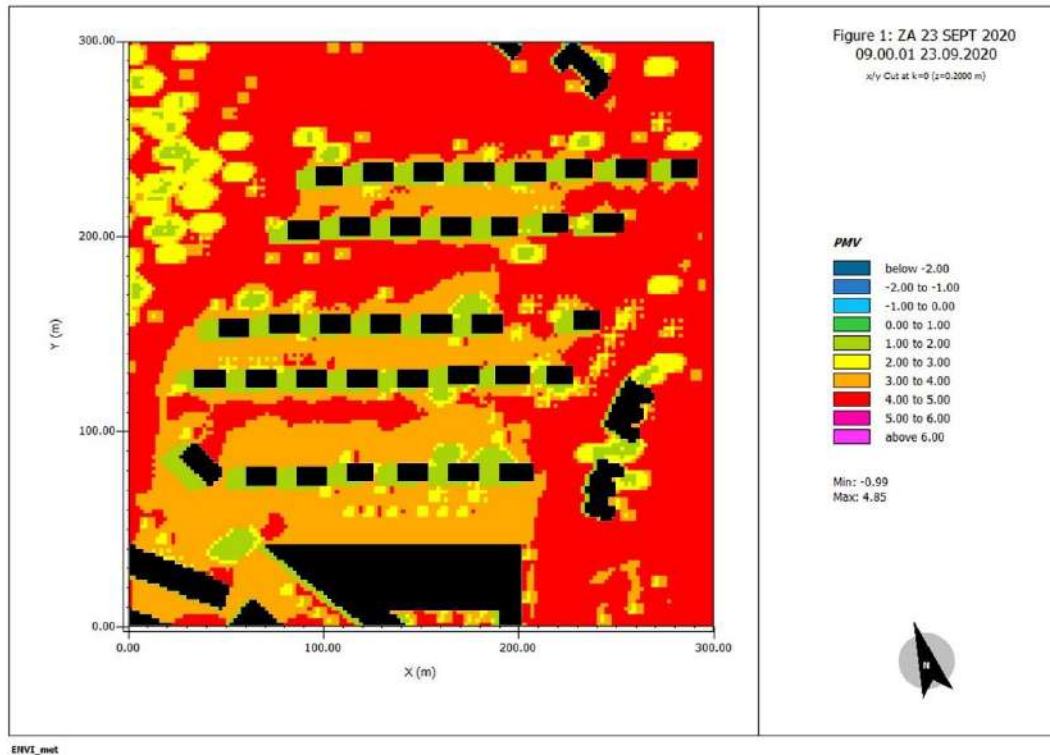
FIGURA 96. PMV en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 5 en adelante según el índice no hay lectura para esto ya que la sensación térmica sería mucho más que sofocante, se observa que se ubican prácticamente en toda área de estudio.

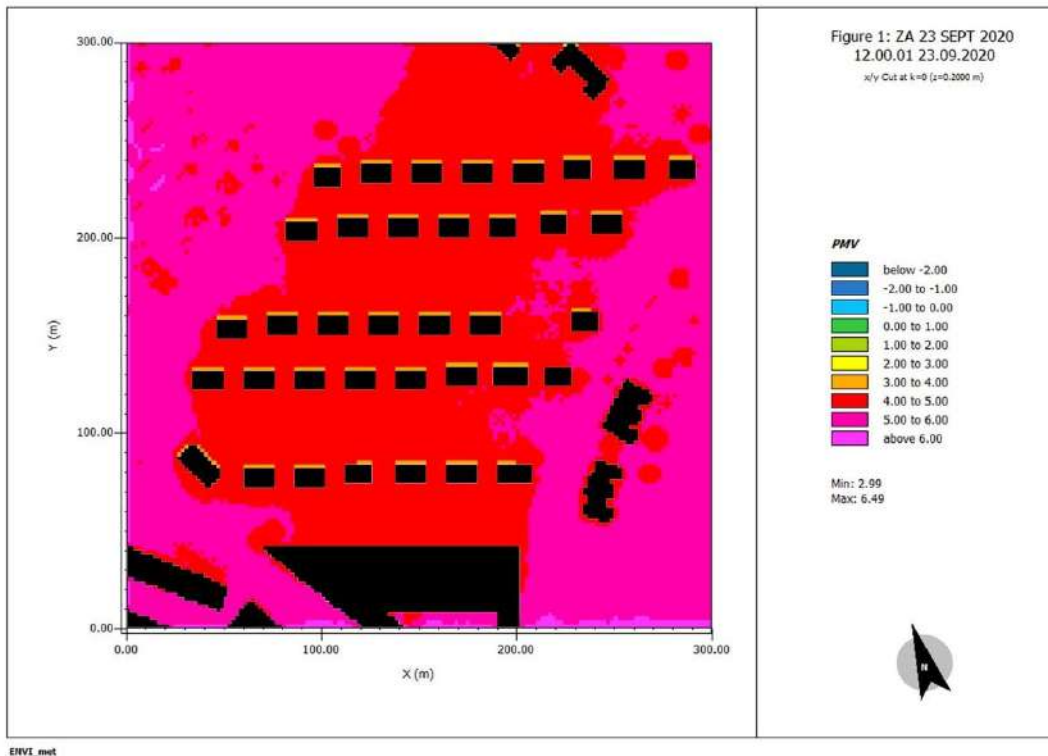
23 de septiembre 2020

FIGURA 97. PMV en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



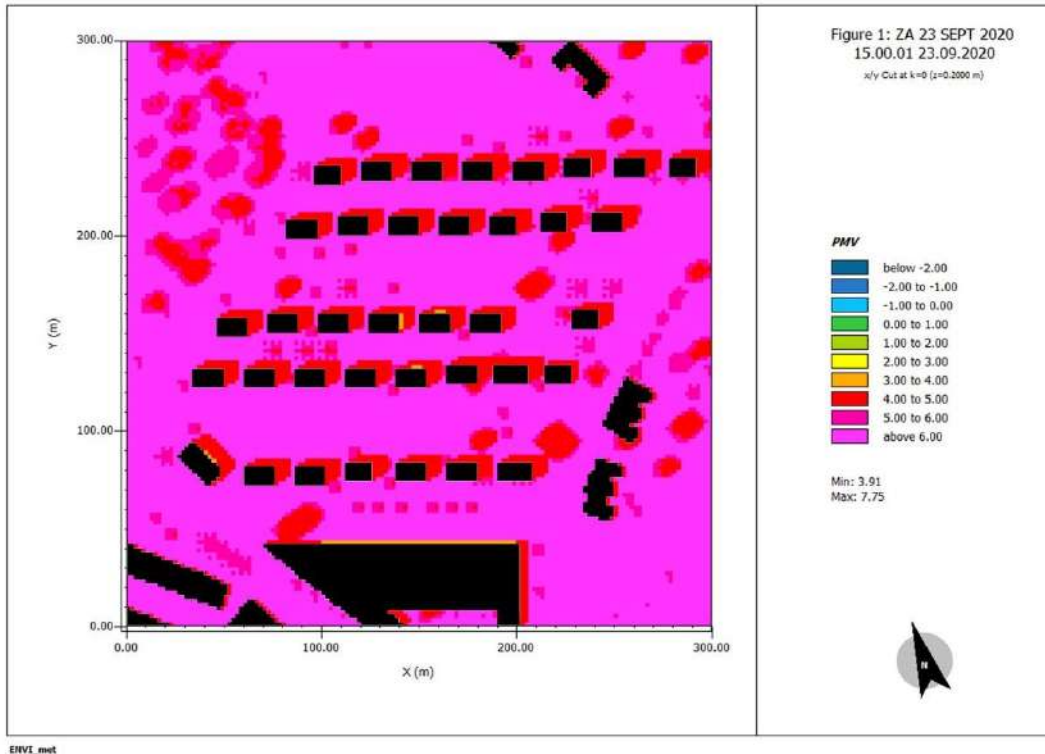
9 a.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 1, indicando que la sensación de las personas sería ligeramente caliente, es el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 2, indicando que la sensación térmica es caliente, se observa que se ubican justo debajo de algunos árboles. Se observan zonas en las que el valor de PMV es de 3 indicando que la sensación térmica es sofocante y estas se encuentran en espacios más abiertos tanto en áreas de césped como áreas pavimentadas. Finalmente, se observan zonas en las que el PMV marca 4, indicando que la sensación térmica es más que sofocante en el resto del área de estudio.

FIGURA 98. PMV en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 3 indicando que la sensación de las personas sería sofocante en el área aledaña a las edificaciones. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 4, indicando que la sensación térmica es más que sofocante, se observa que se ubican prácticamente en todo el espacio incluyendo áreas debajo de árboles, al aire libre con superficie de césped y sobre áreas pavimentadas. Finalmente, se observan lecturas de 5 y más alrededor del conjunto, lo cual indica que la sensación térmica de estos espacios sería mucho más que sofocante.

FIGURA 99. PMV en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

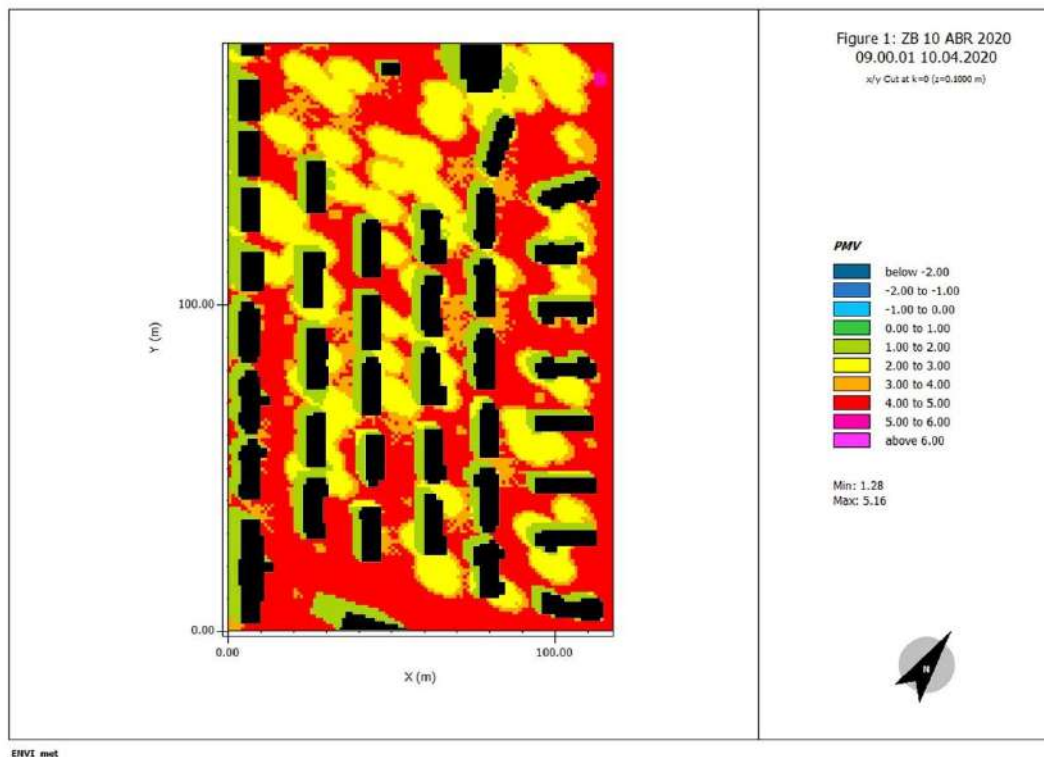


3 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 3 indicando que la sensación de las personas sería sofocante en un área muy pequeña aledaña a las edificaciones. Para el resto de los espacios el valor de PMV es mayor a 4, lo cual indicaría que la sensación térmica es más que sofocante, pero se observa que las áreas de menor impacto se siguen encontrando debajo de árboles, entre las edificaciones y la proyección de sus sombras.

5.2.2 Zona B

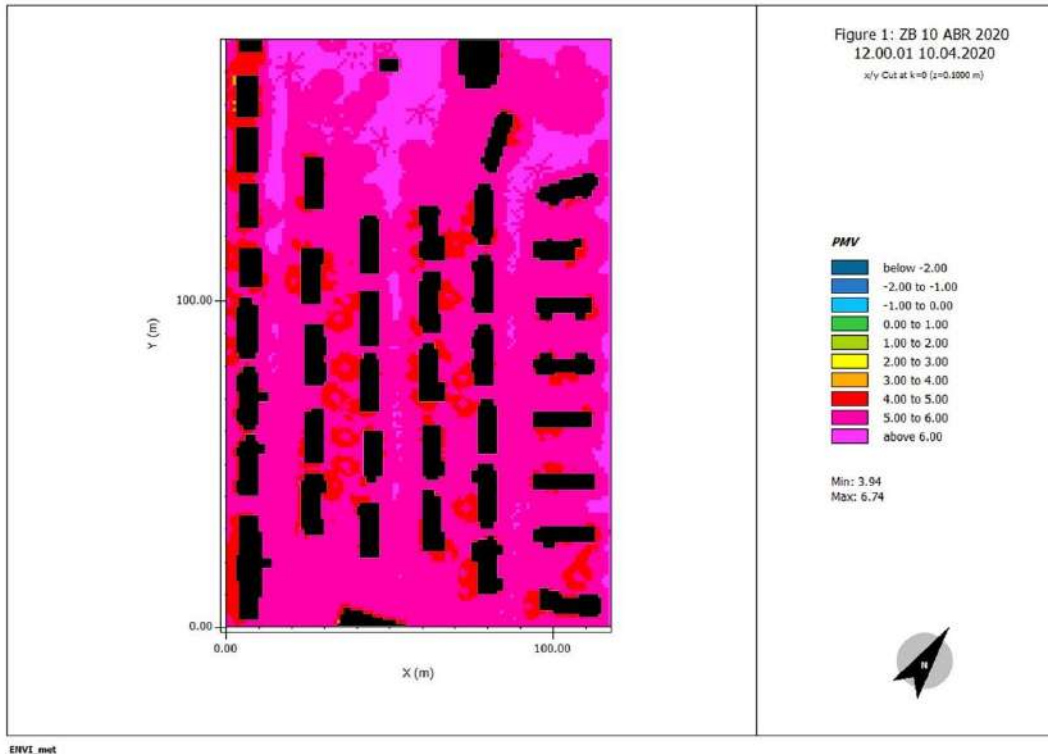
10 de abril 2020

FIGURA 100. PMV en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



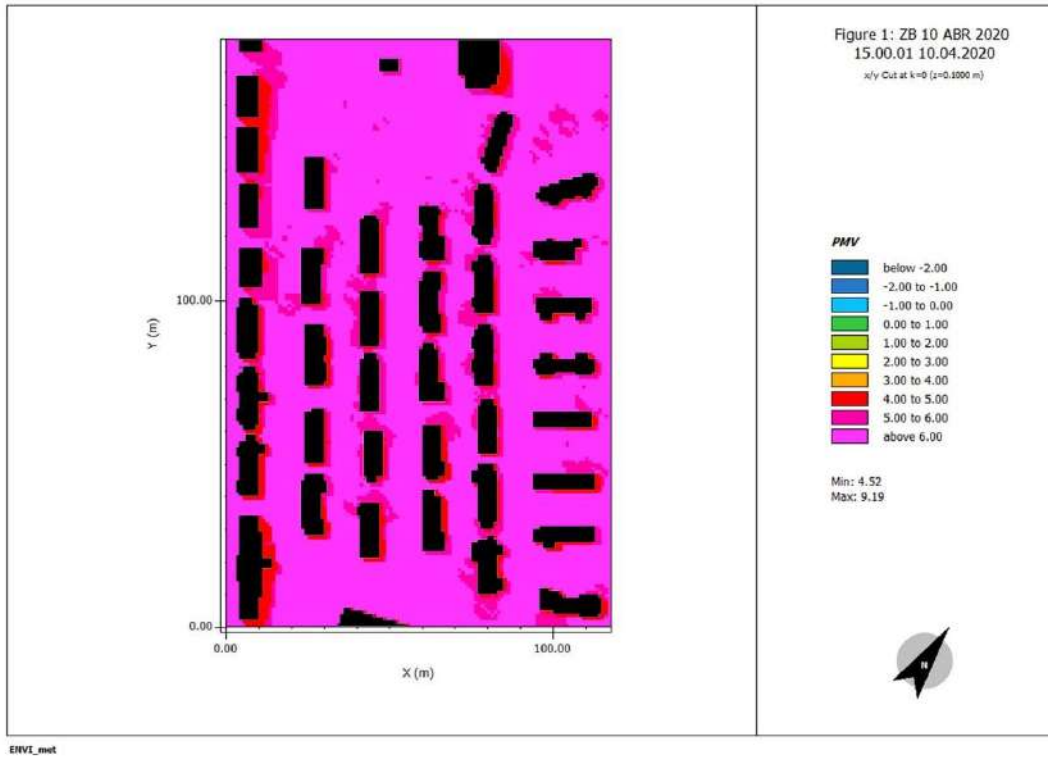
9 a.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 1, indicando que la sensación de las personas sería ligeramente caliente, es el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 2, indicando que la sensación térmica es caliente, se observa que se ubican justo debajo de los árboles y entre las edificaciones. Finalmente, se observan zonas en las que el valor de PMV es de 4 indicando que la sensación térmica es más que sofocante y estas se encuentran en espacios más abiertos tanto en áreas de césped como áreas pavimentadas.

FIGURA 101. PMV en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 4 indica que la sensación térmica es más que sofocante en el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 5 y 6, se observa que se encuentran en espacios más abiertos tanto en áreas de césped como áreas pavimentadas.

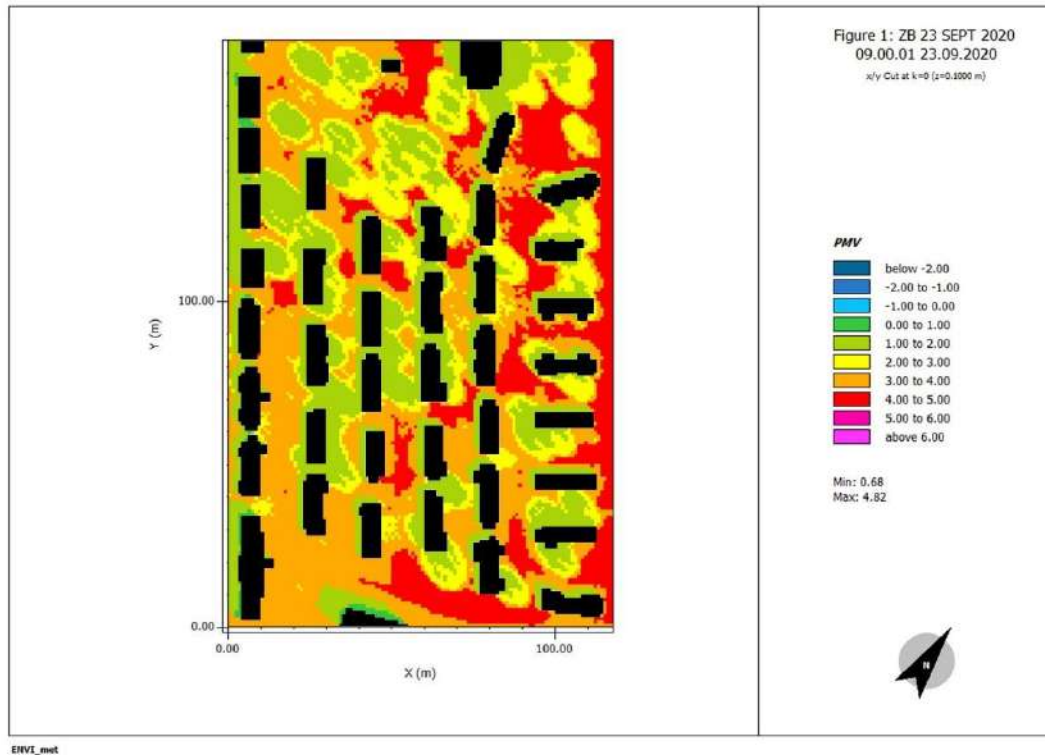
FIGURA 102. PMV en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se observa que hay zonas en las que el índice de PMV marca valores 4, 5 y 6 indican que la sensación térmica sería más que sofocante y que las zonas más tolerables se encuentran rodeando las edificaciones.

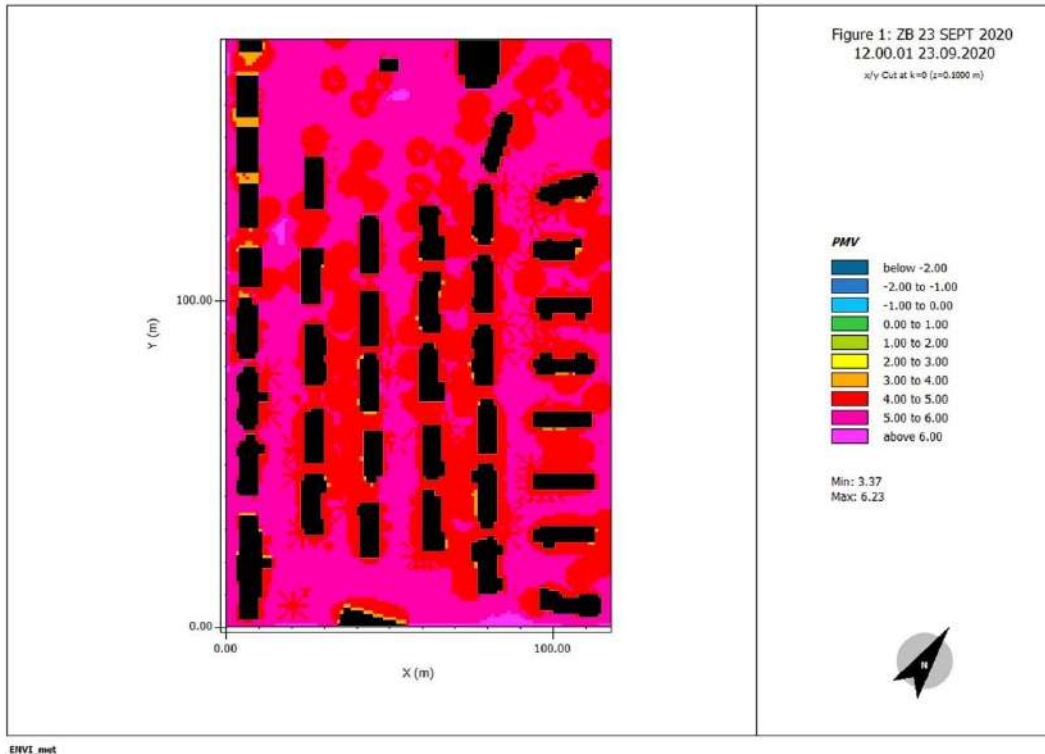
23 de septiembre 2020

FIGURA 103. PMV en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



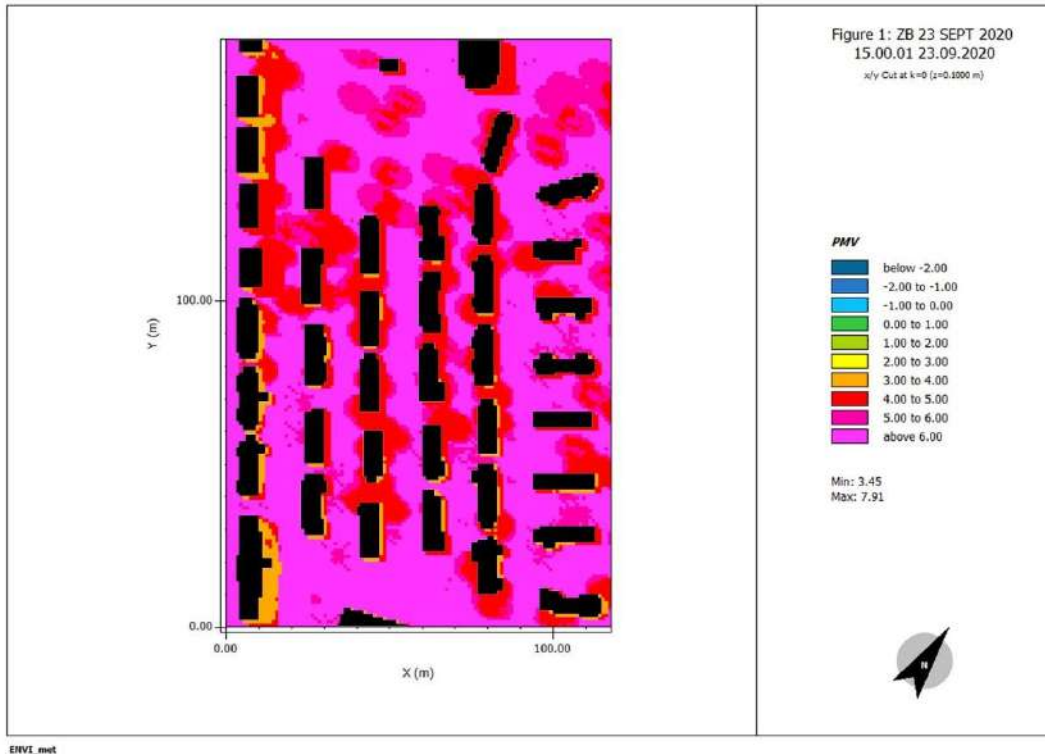
9 a.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 1, indicando que la sensación de las personas sería ligeramente caliente, es el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 2, indicando que la sensación térmica es caliente, se observa que se ubican justo debajo de los árboles y entre las edificaciones. Finalmente, se observan zonas en las que el valor de PMV es de 4 indicando que la sensación térmica es más que sofocante y estas se encuentran en espacios más abiertos tanto en áreas de césped como áreas pavimentadas.

FIGURA 104. PMV en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 3 indicando que la sensación térmica es sofocante en el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 4 y 5 la sensación térmica es más que sofocante, pero evidentemente las zonas más tolerables se encuentran debajo de los árboles y entre las edificaciones.

FIGURA 105. PMV en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

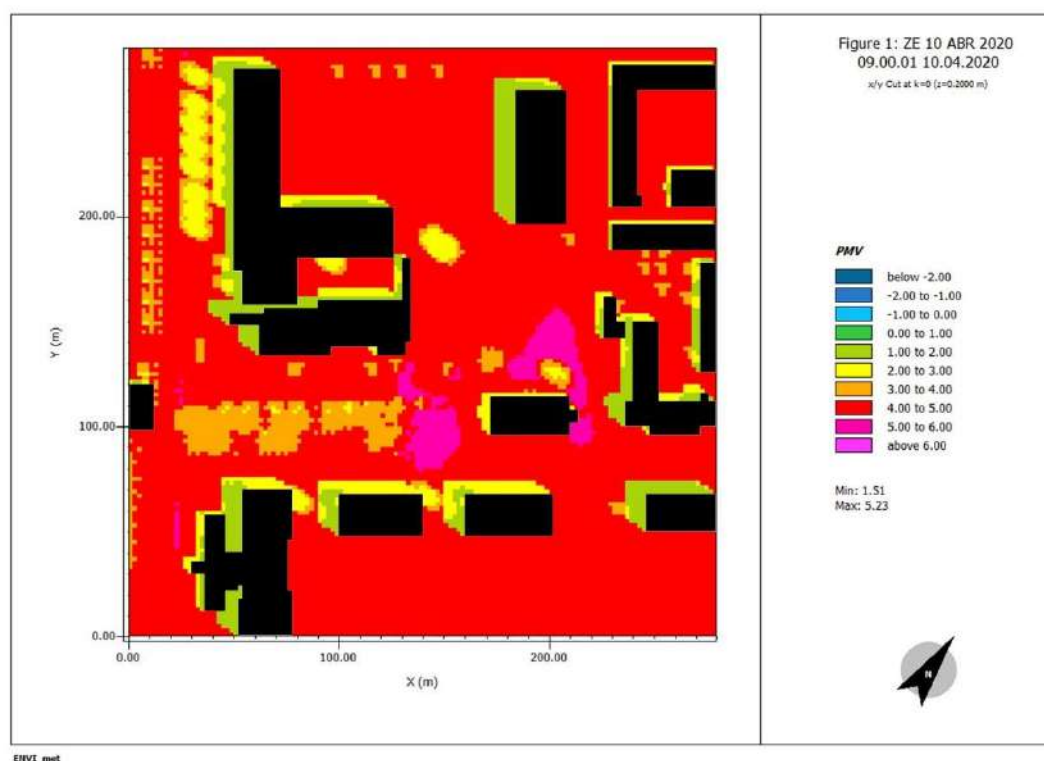


3 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 3, indicando que la sensación térmica es sofocante en el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 4 y más la sensación térmica es más que sofocante, se observa que se ubican justo debajo de los árboles y entre las edificaciones.

5.2.3 Zona de Estacionamientos

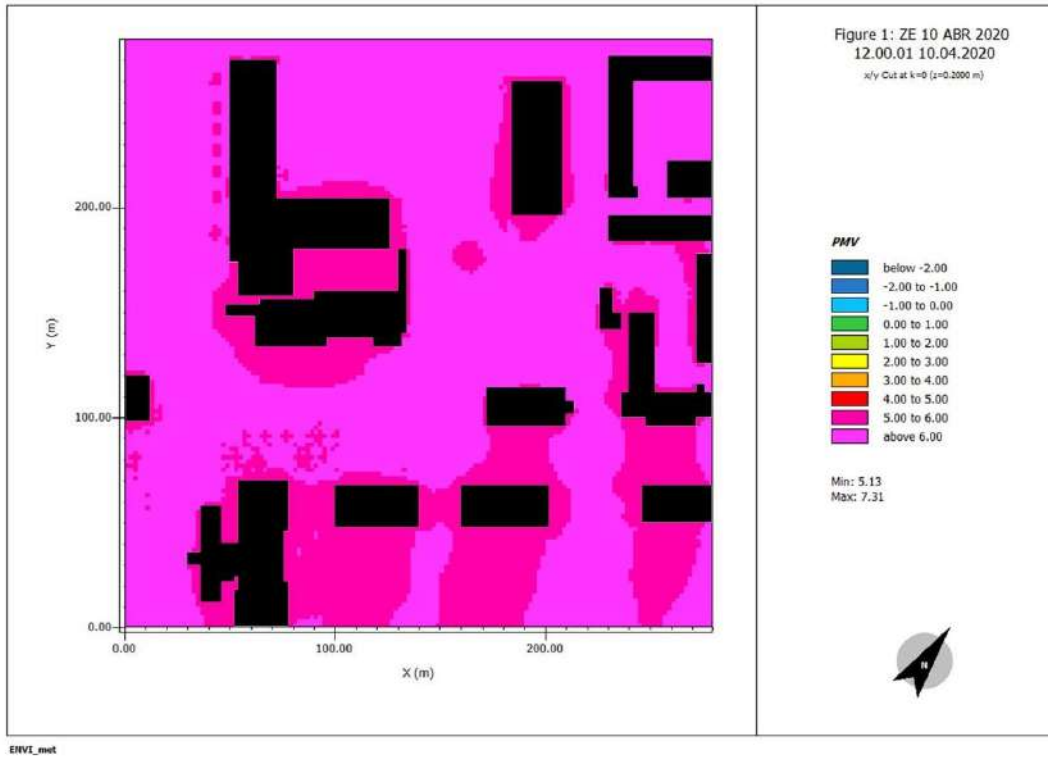
10 de abril 2020

FIGURA 106. PMV en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



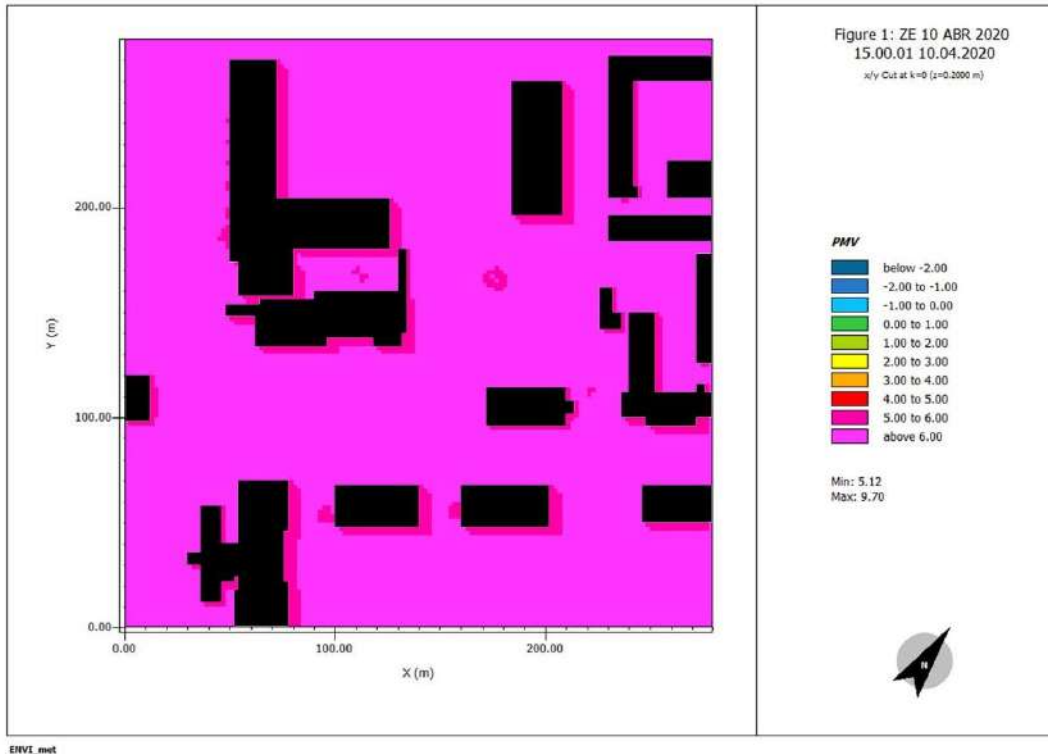
9 a.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 1, que indica que la sensación térmica es ligeramente caliente, se encuentran en el área aledaña a las edificaciones. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 2, indicando que la sensación térmica es caliente, se observa que se ubican justo debajo de los árboles y entre algunas de las edificaciones. Las zonas en las que el valor de PMV es de 3, indicando que la sensación térmica es sofocante, están en una parte del área de estacionamientos. Finalmente, se observan grandes áreas en las que el PMV marca 4 y 5, donde la sensación térmica es más que sofocante y se encuentran en espacios abiertos tanto en áreas de césped como en áreas pavimentadas.

FIGURA 107. PMV en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: Se observa que hay zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 4 y 5, lo cual indica que la sensación térmica es más que sofocante en prácticamente todo el mapa, pero que los espacios más tolerables se encuentran alrededor de las edificaciones.

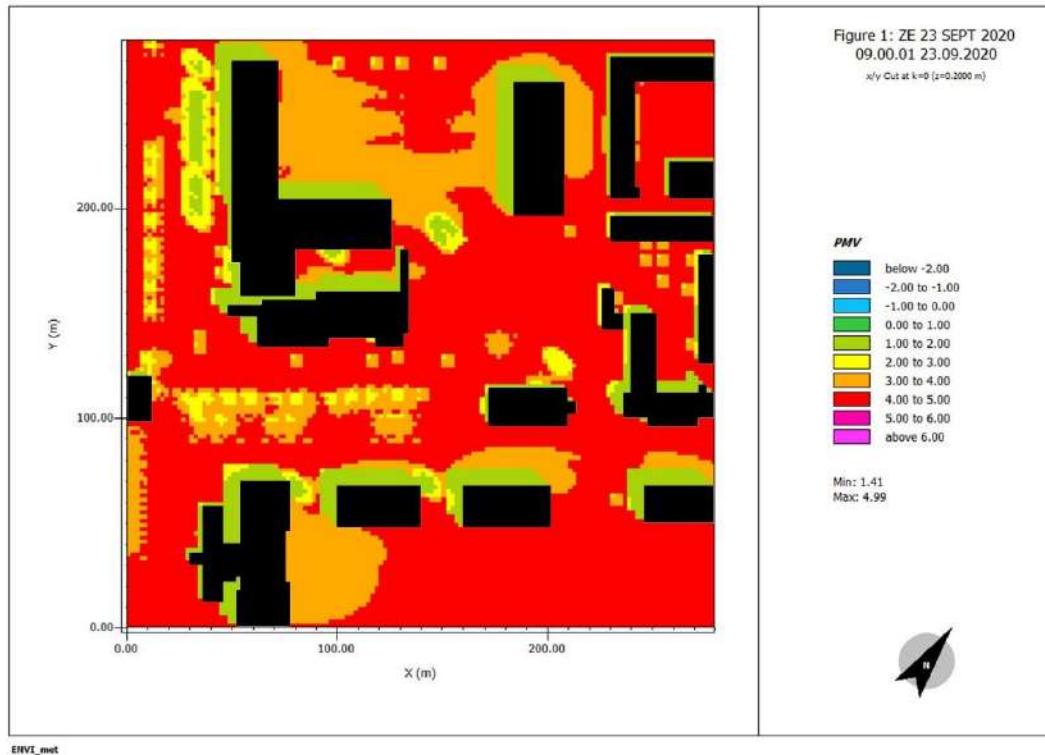
FIGURA 108. PMV en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: Se observa que hay zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 4 y 5, lo cual indica que la sensación térmica es más que sofocante en prácticamente todo el mapa, pero que los espacios más tolerables se encuentran alrededor de las edificaciones donde se proyecta la sombra de los edificios.

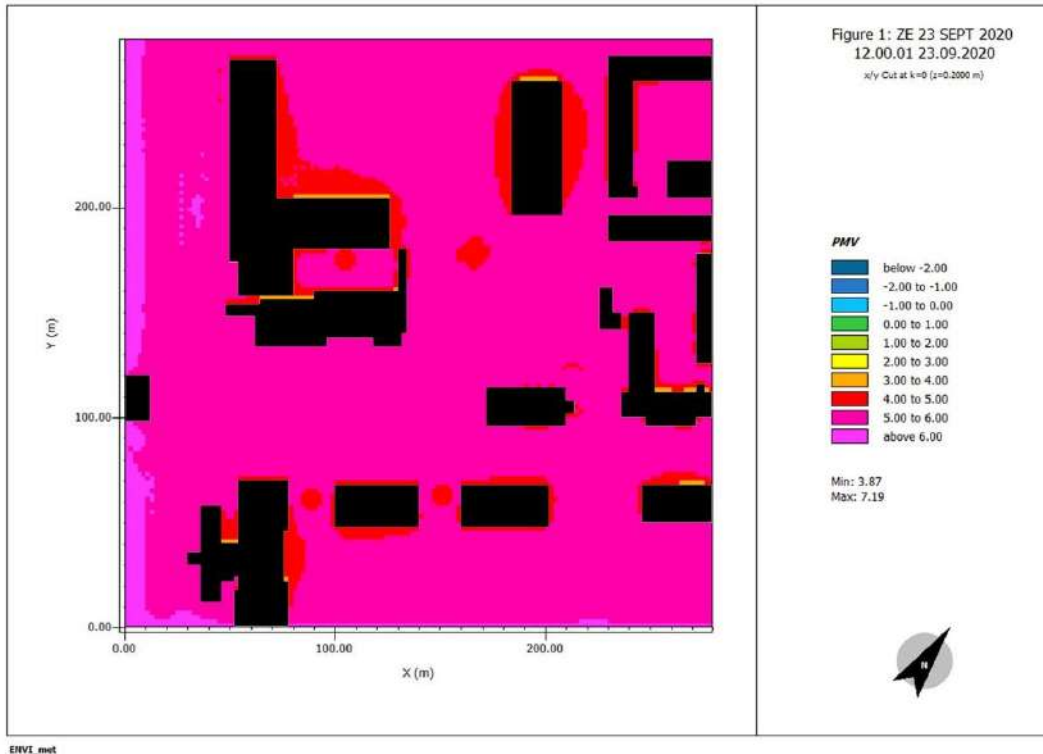
23 de septiembre 2020

FIGURA 109. PMV en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



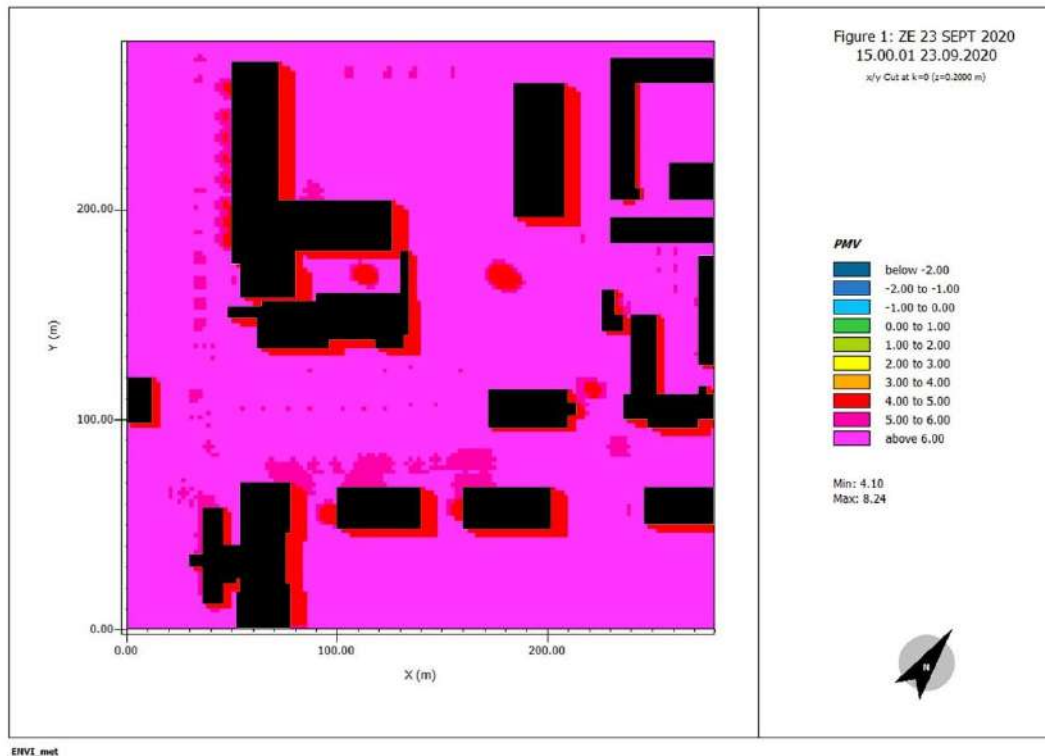
9 a.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 1, que indica que la sensación térmica es ligeramente caliente, se encuentran en el área aledaña a las edificaciones. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 2, indicando que la sensación térmica es caliente, se observa que se ubican justo debajo de los árboles y entre algunas de las edificaciones. Las zonas en las que el valor de PMV es de 3, indicando que la sensación térmica es sofocante, están en una parte del área de estacionamientos. Finalmente, se observan grandes áreas en las que el PMV marca 4 y 5, donde la sensación térmica es más que sofocante y se encuentran en espacios abiertos tanto en áreas de césped como en áreas pavimentadas.

FIGURA 110. PMV en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 4, indicando que la sensación térmica es más que sofocante en el área aledaña a las edificaciones y debajo de un par de árboles. Para prácticamente el resto del espacio el valor de PMV marca 5 y 6 y la sensación térmica es mucho más que sofocante.

FIGURA 111. PMV en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



3 p.m.: Se observa que las zonas en las que el índice de PMV marca el valor de 4 lo que indica que la sensación térmica es más sofocante en el área aledaña a las edificaciones donde se proyectan las sombras de los edificios y debajo de un par de árboles. Para las zonas en las que el valor de PMV marca 5 y 6, indicando que la sensación térmica es mucho más que sofocante, se observa que se ubican en la mayoría del mapa sin distinguir entre áreas pavimentadas o con césped.

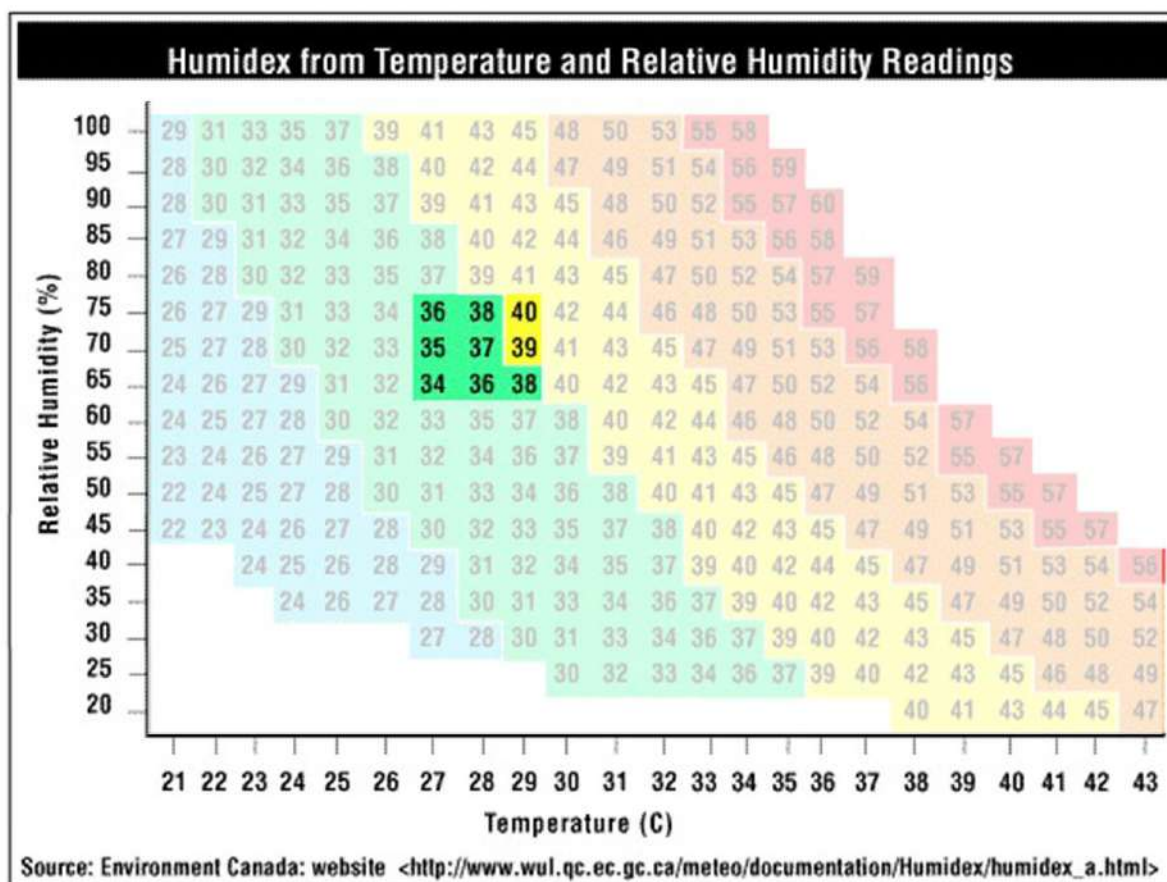
Capítulo VI: Análisis de los datos obtenidos

6.1 Temperatura del aire vs. humedad relativa vs. Humidex

6.1.1 Zona A

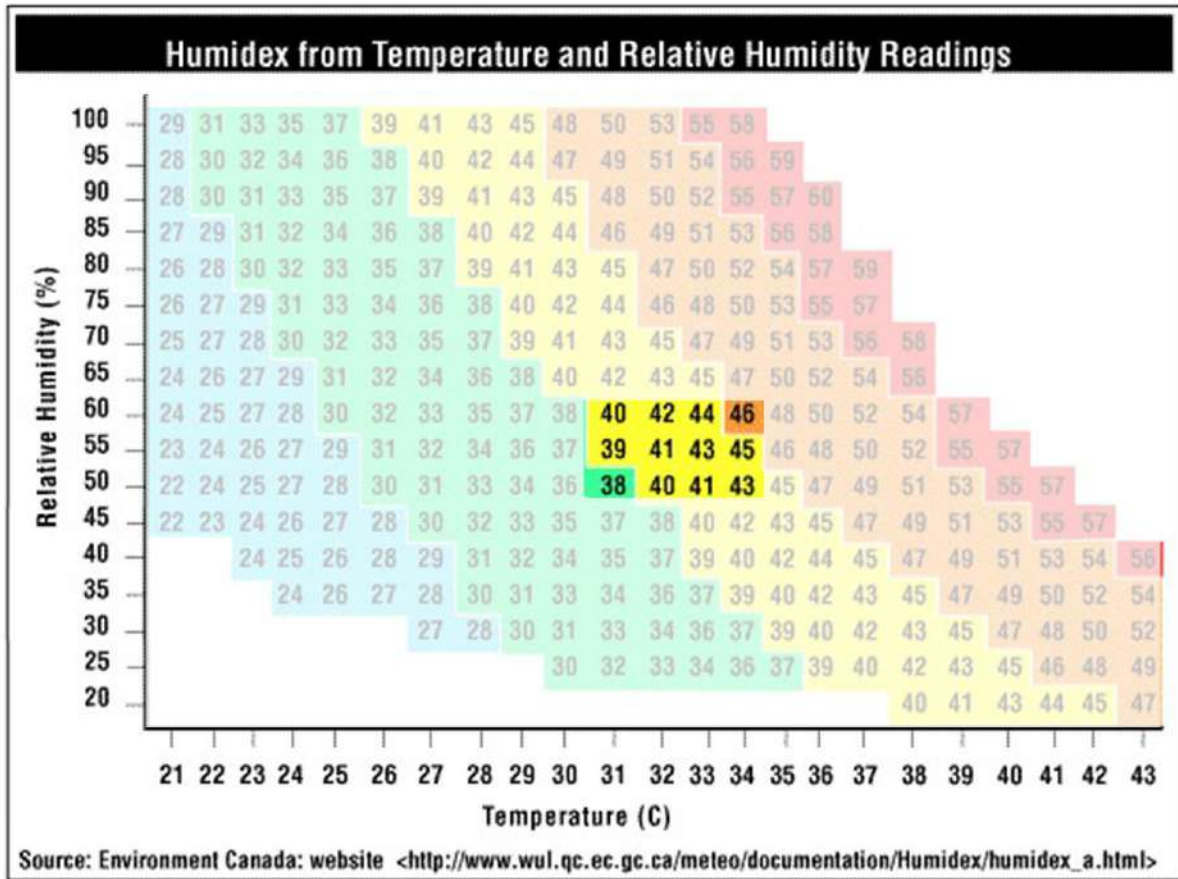
10 de abril 2020

FIGURA 112. Rango de Humidex en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



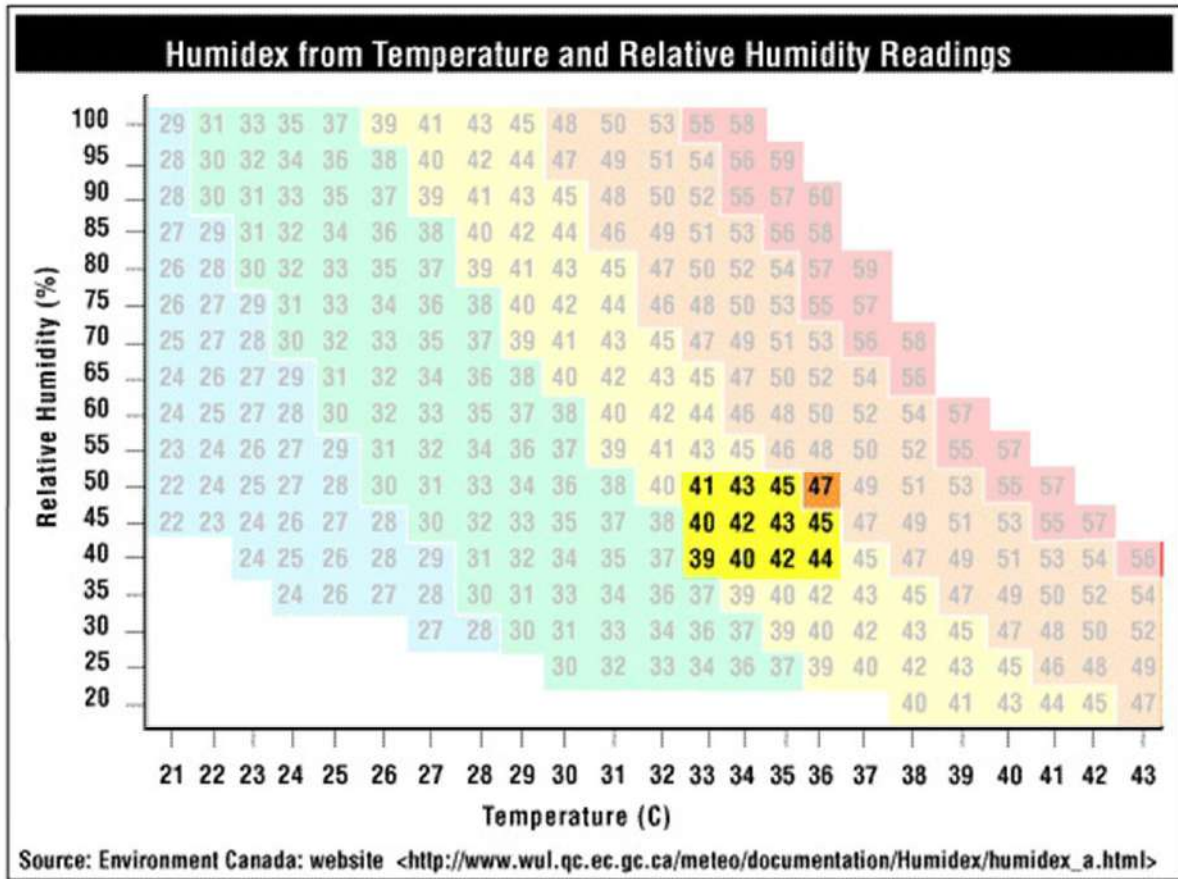
9 a.m.: La temperatura del aire varía entre los 27°C y 29°C y la humedad relativa entre el 65% y el 75%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 34-38 que están en el rango de “algo de incomodidad” y 39-40 que indica “gran incomodidad”.

FIGURA 113. Rango de Humidex en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 30°C y 34°C y la humedad relativa entre el 47% y el 57%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 39-45 que indica “gran incomodidad” y 46 que indica “peligro”.

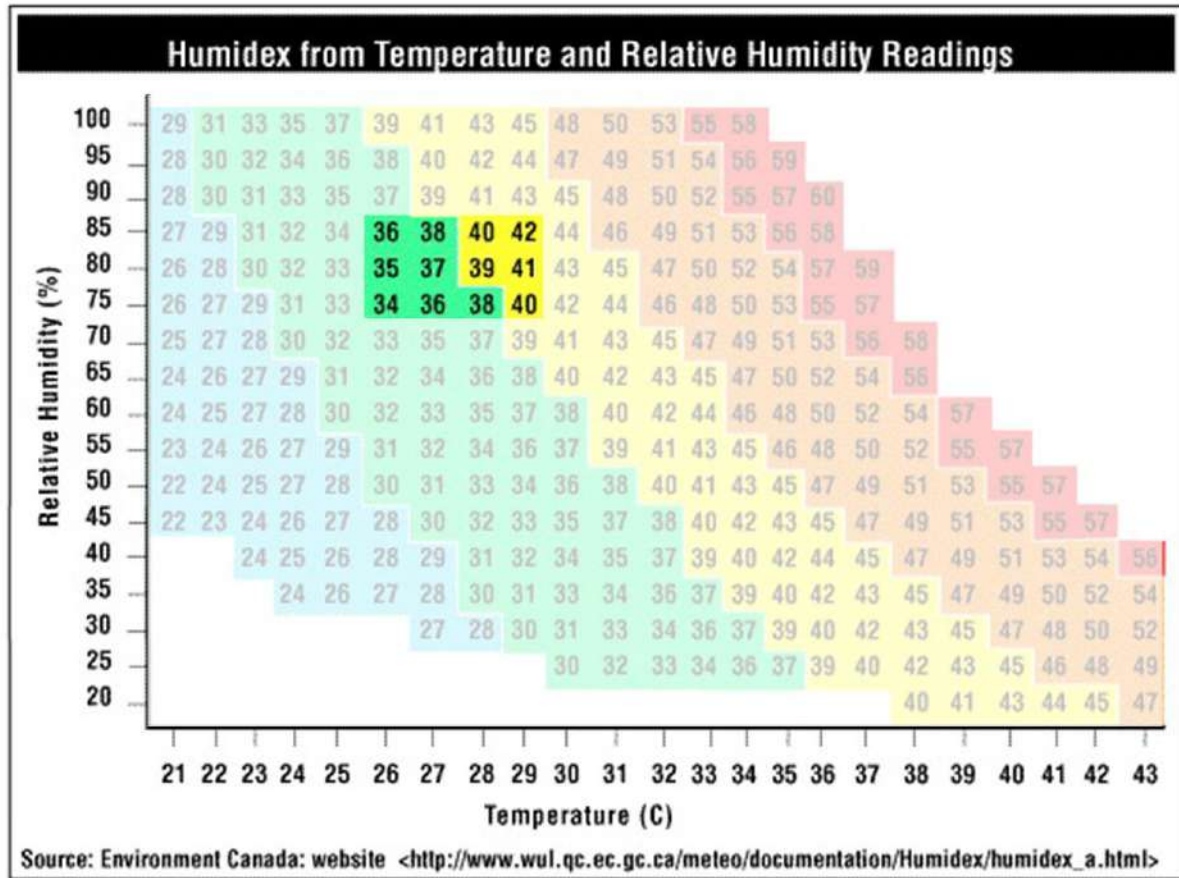
FIGURA 114. Rango de Humidex en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 39°C y 45°C y la humedad relativa entre el 40% y el 50%. Para estos los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 39-45 que están en el rango de “gran incomodidad” y 47 que indica “peligro”.

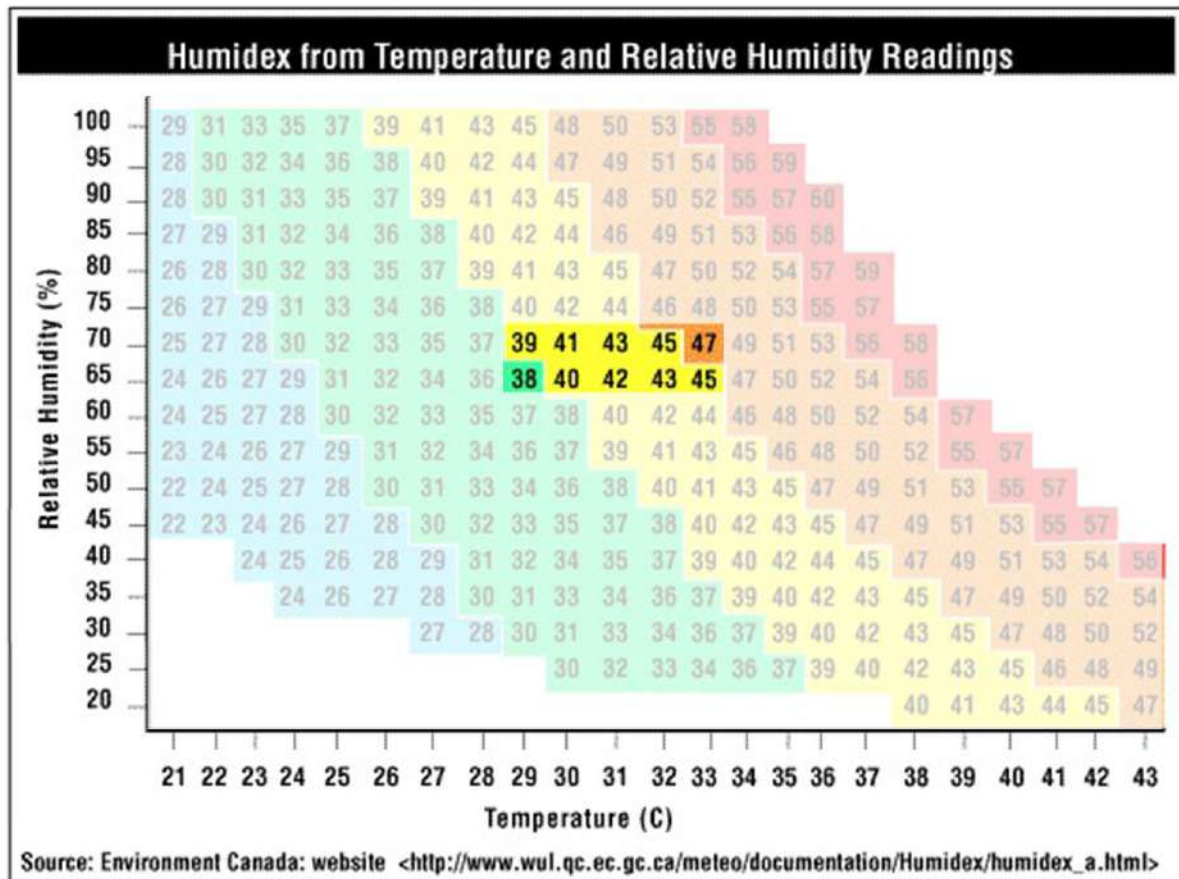
23 de septiembre 2020

FIGURA 115. Rango de Humidex en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



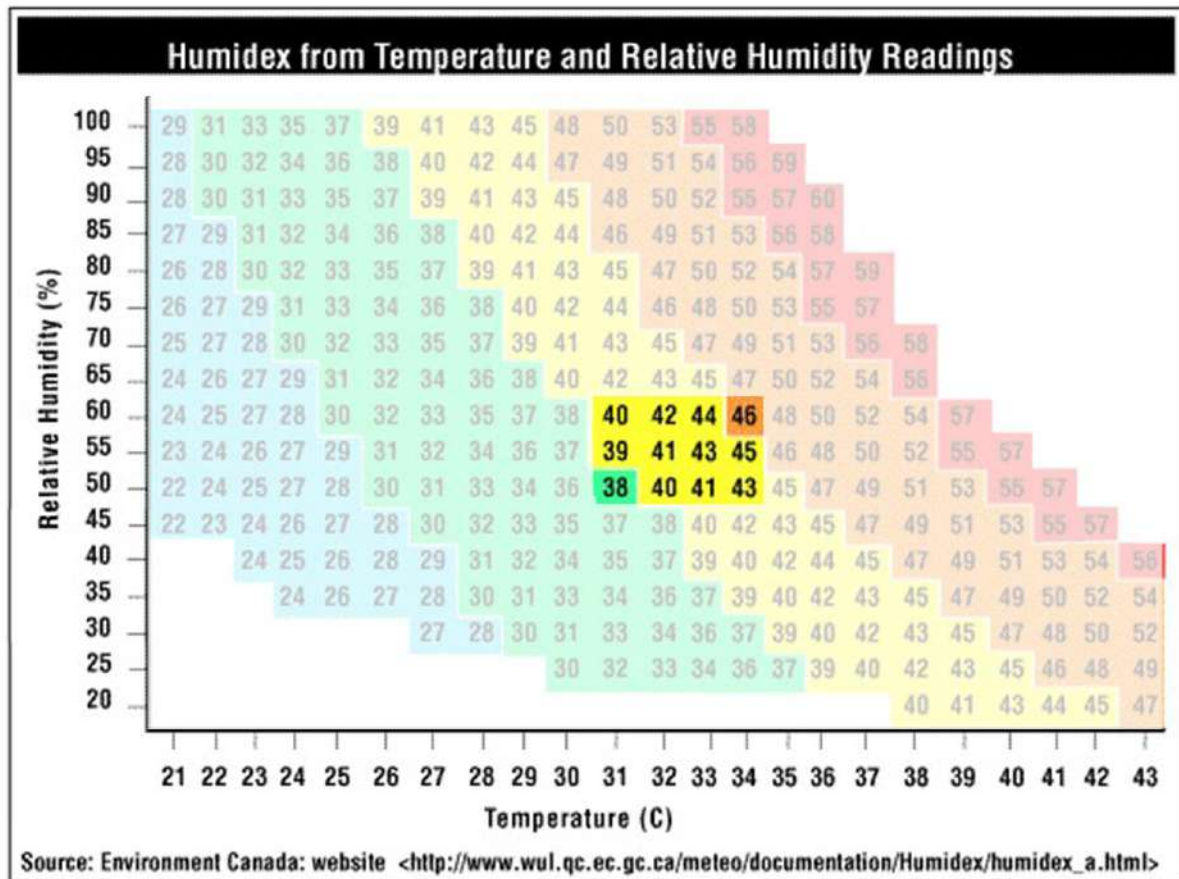
9 a.m.: La temperatura del aire varía entre los 26°C y 29°C y la humedad relativa entre el 75% y el 85%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 34-38 que están en el rango de “algo de incomodidad” y 39-42 que indica “gran incomodidad”.

FIGURA 116. Rango de Humidex en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 29°C y 33°C y la humedad relativa entre el 65% y el 75%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 39-45 que indica “gran incomodidad” y finalmente, 47 que indica “peligro”.

FIGURA 117. Rango de Humidex en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

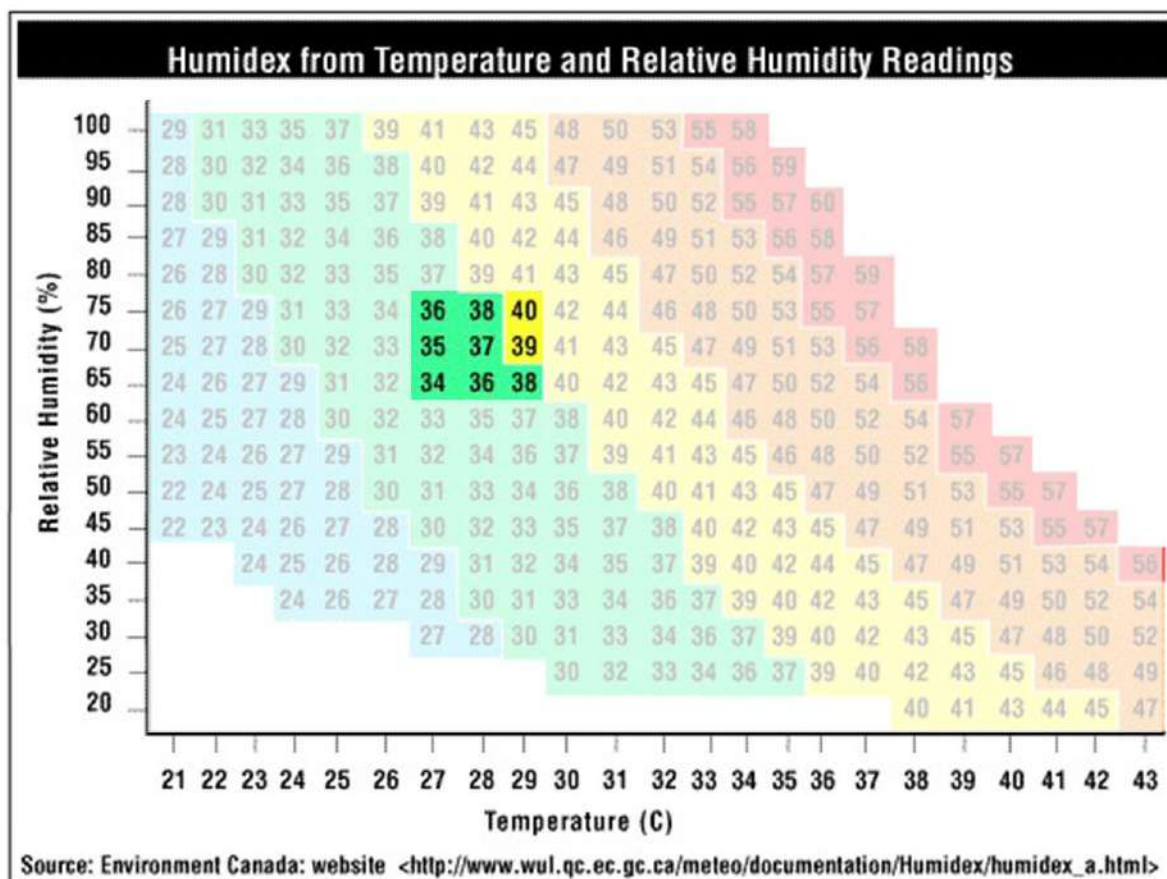


3 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 31°C y 34°C y la humedad relativa entre el 50% y el 60%. Para estos los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 39-45 que indican “gran incomodidad” y finalmente, 46 que indica “peligro”.

6.1.2 Zona B

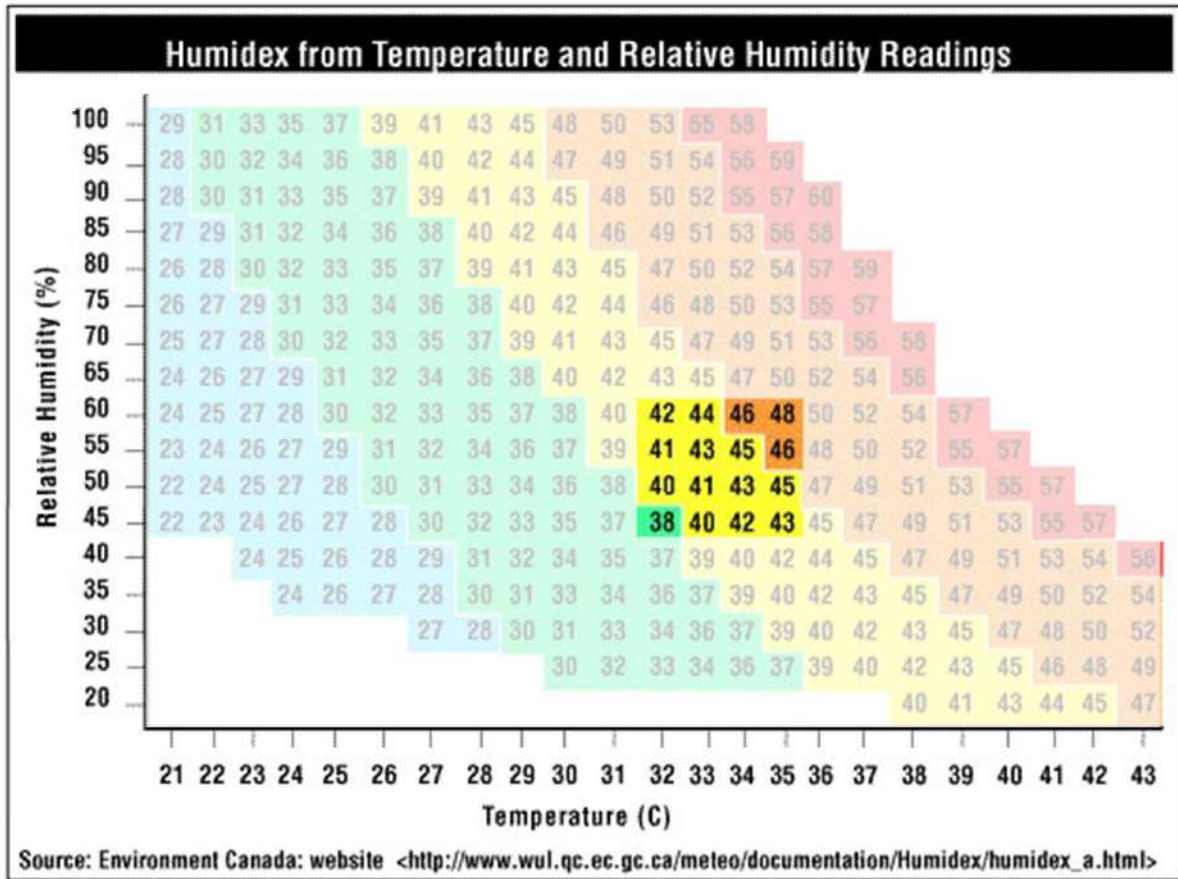
10 de abril 2020

FIGURA 118. Rango de Humidex en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



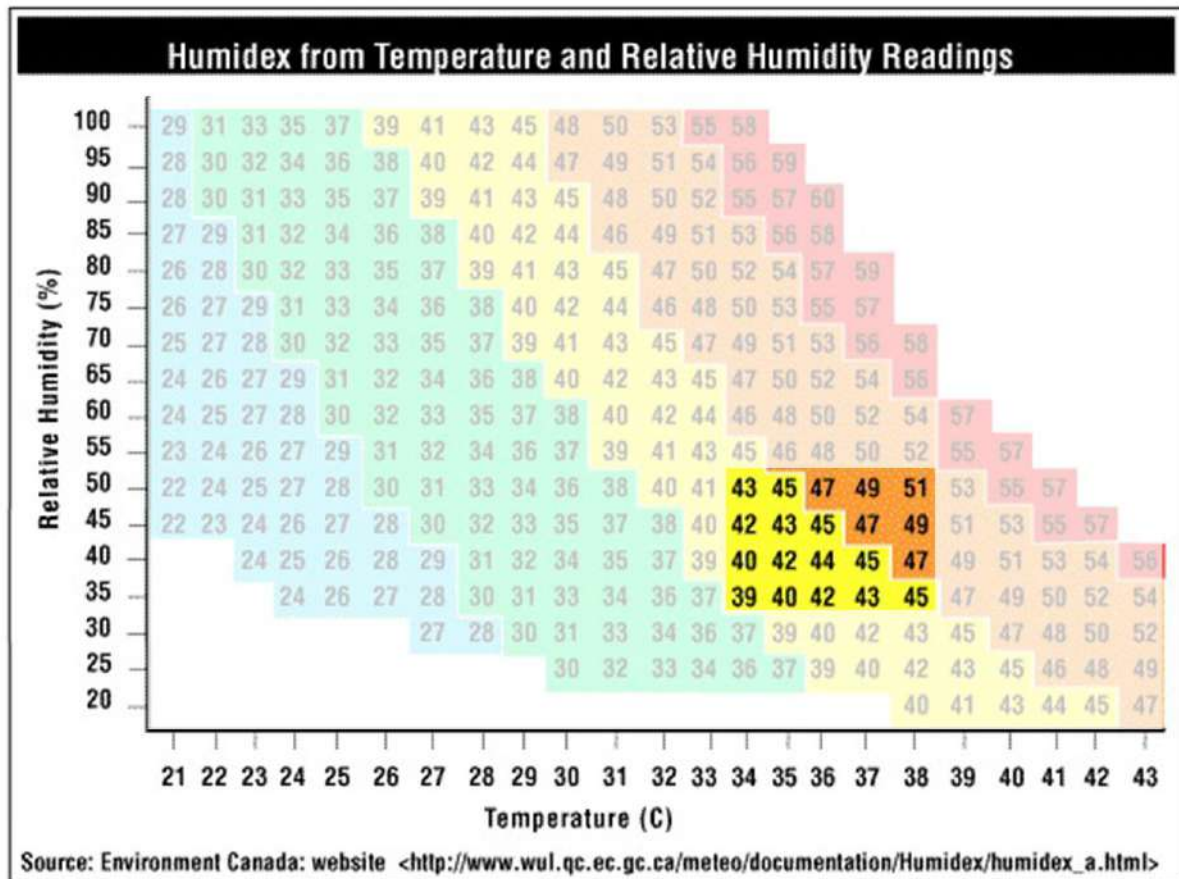
9 a.m.: La temperatura del aire varía entre los 27°C y 29°C y la humedad relativa entre el 65% y el 75%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 34-38 que están en el rango de “algo de incomodidad” y 39-40 que indican “gran incomodidad”.

FIGURA 119. Rango de Humidex en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 32°C y 35°C y la humedad relativa entre el 45% y el 60%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 40-45 que indica “gran incomodidad” y 46-48 que indican “peligro”.

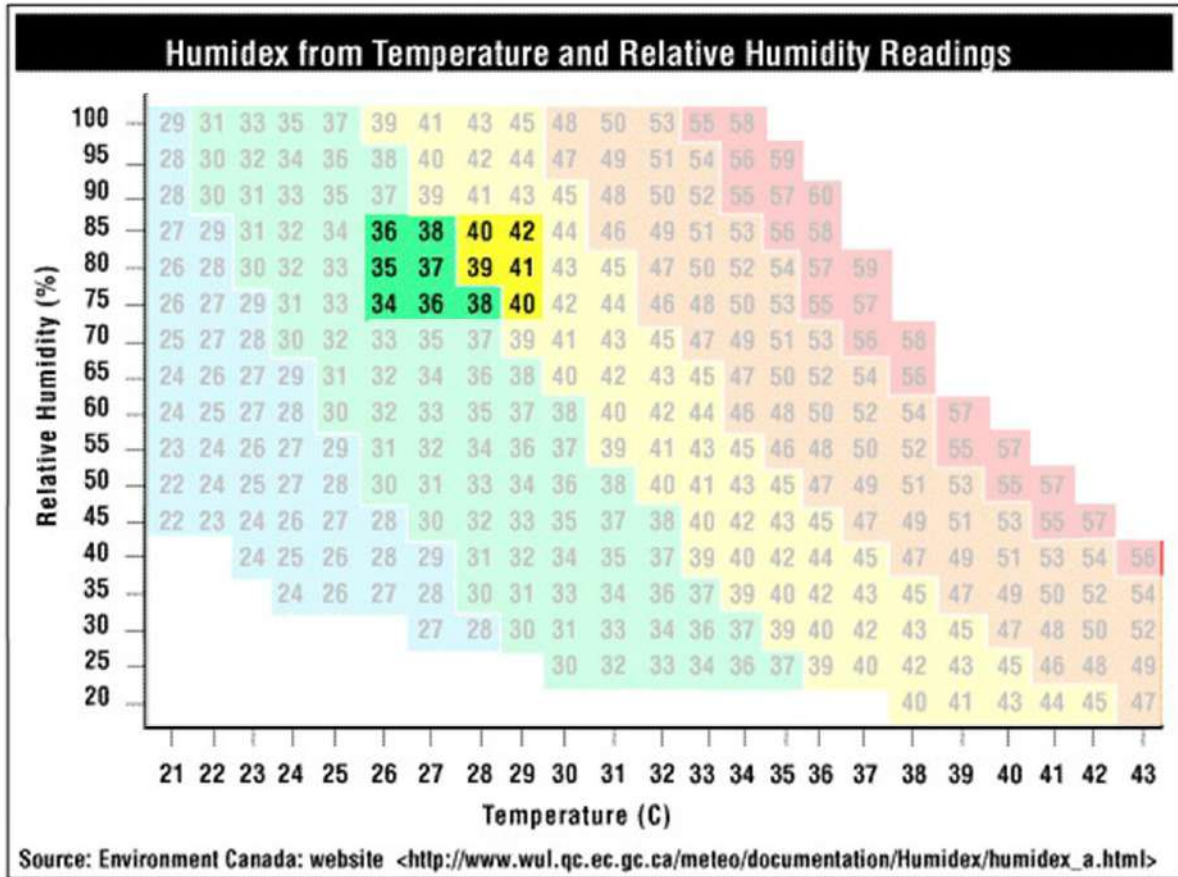
FIGURA 120. Rango de Humidex en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 34°C y 38°C y la humedad relativa entre el 35% y el 50%. Para estos los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 39-45 que están en el rango de “gran incomodidad” y 47-51 que indican “peligro”.

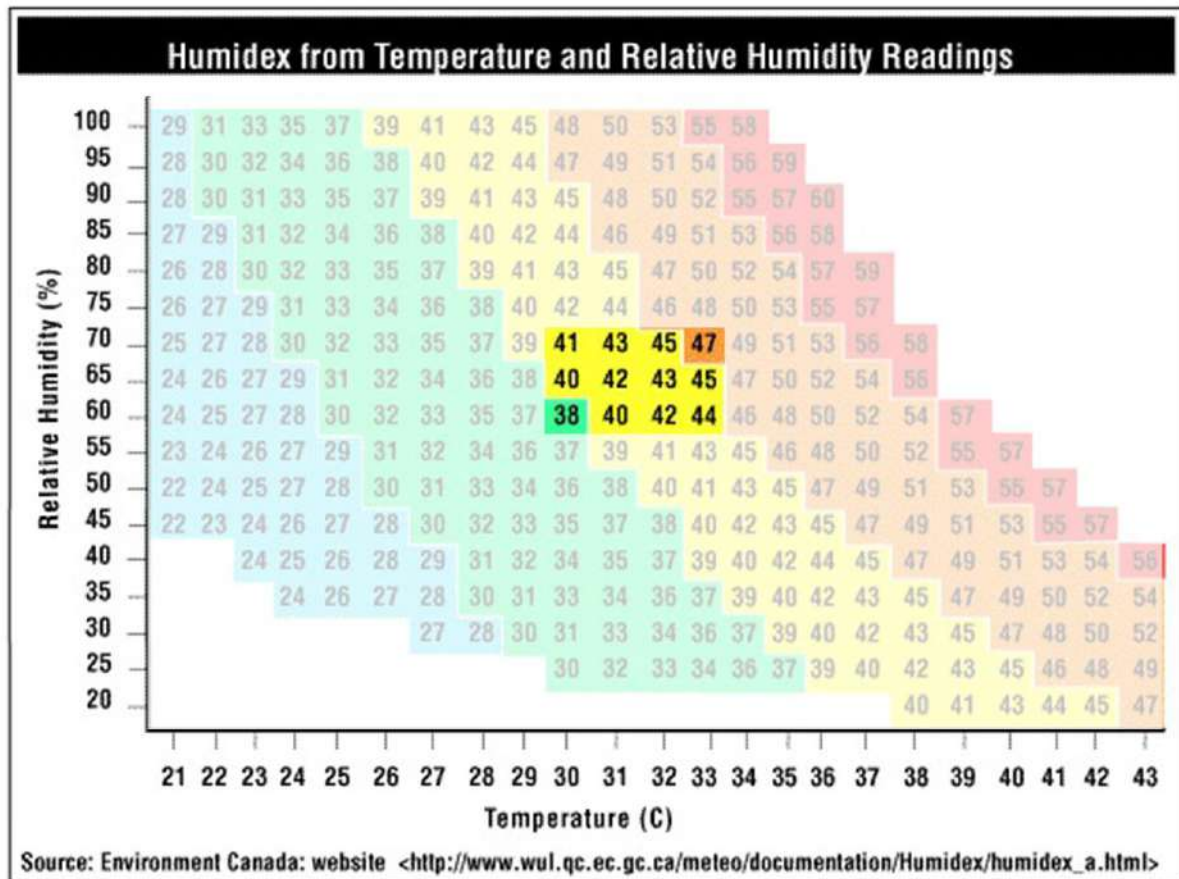
23 de septiembre 2020

FIGURA 121. Rango de Humidex en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



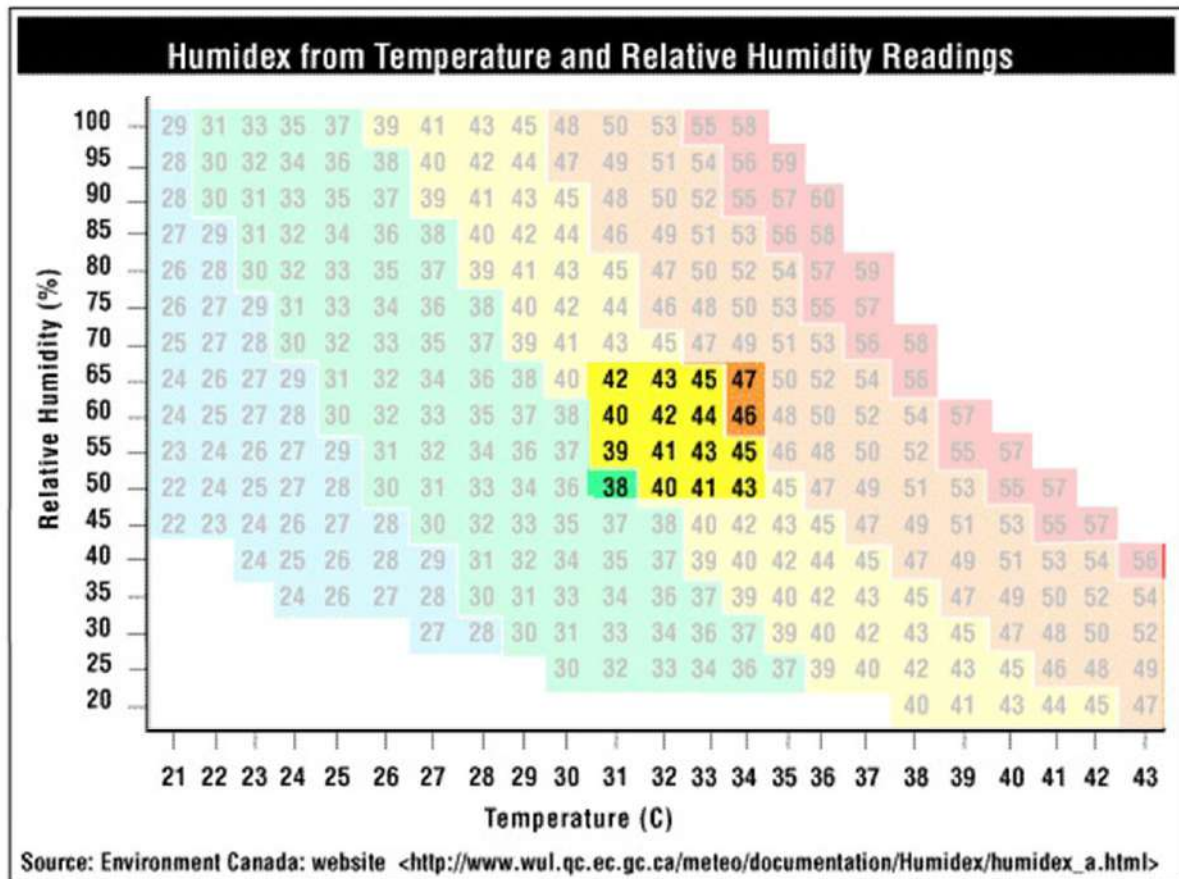
9 a.m.: La temperatura del aire varía entre los 26°C y 29°C y la humedad relativa entre el 75% y el 85%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 34-38 que están en el rango de “algo de incomodidad” y 39-40 que indica “gran incomodidad”.

FIGURA 122. Rango de Humidex en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 30°C y 33°C y la humedad relativa entre el 60% y el 70%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 40-45 que indican “gran incomodidad” y finalmente 47 que indica “peligro”.

FIGURA 123. Rango de Humidex en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

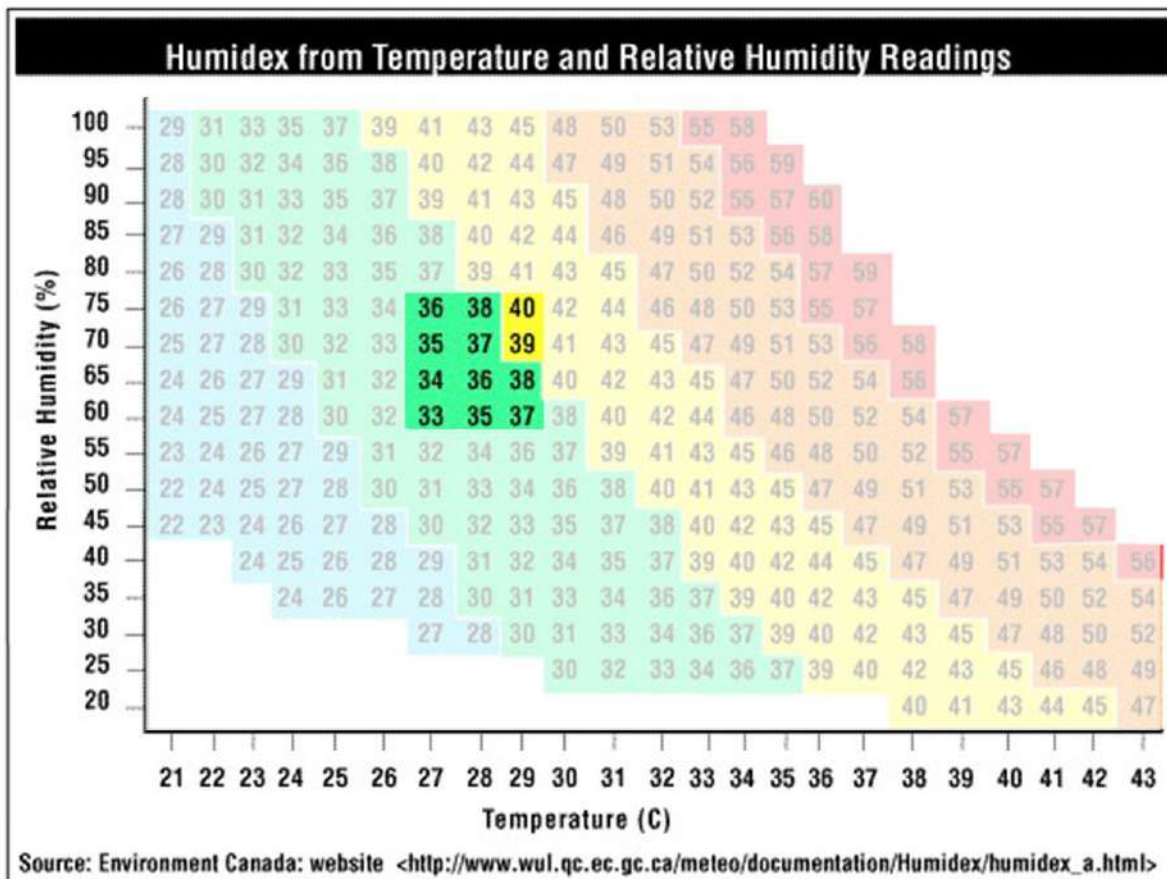


3 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 31°C y 34°C y la humedad relativa entre el 50% y el 65%. Para estos los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 39-45 que indican “gran incomodidad” y finalmente, 46-47 que indican “peligro”.

6.1.3 Zona de Estacionamientos

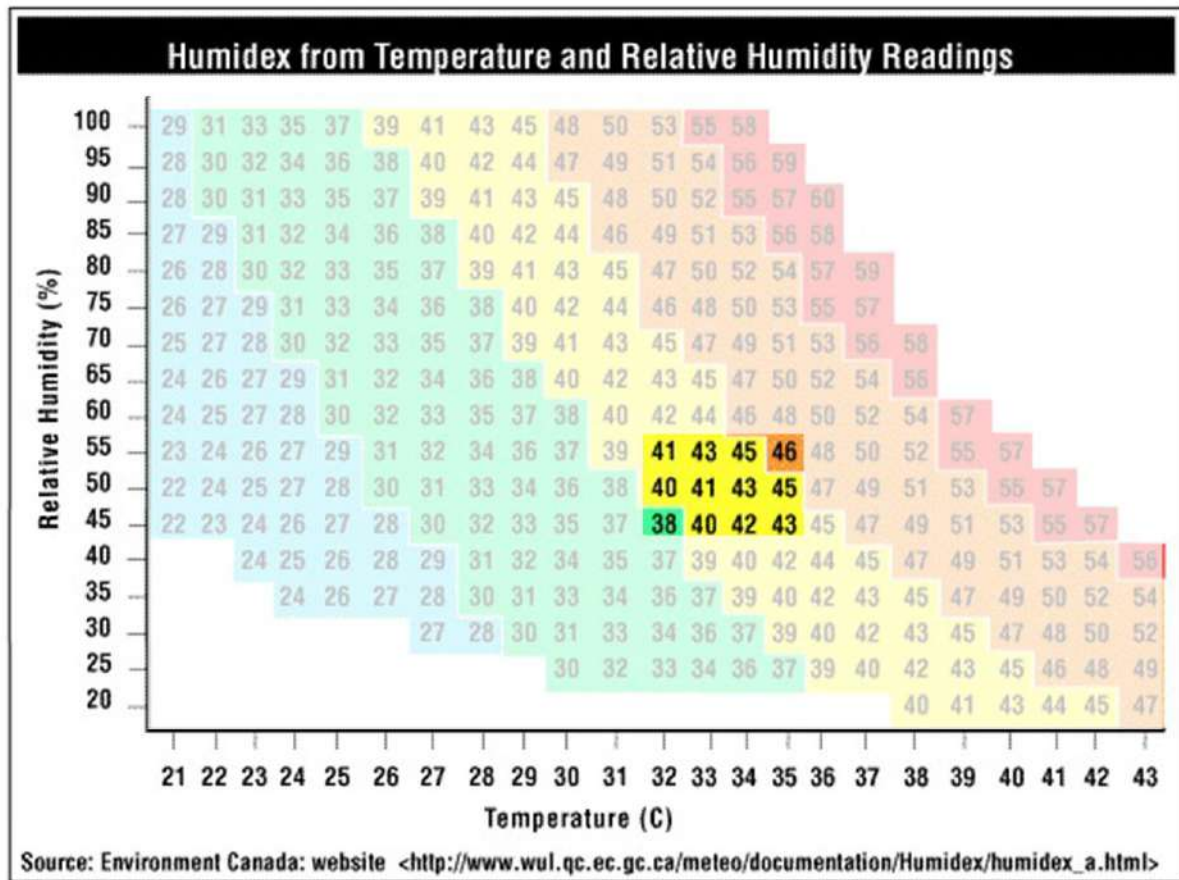
10 de abril 2020

FIGURA 124. Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020



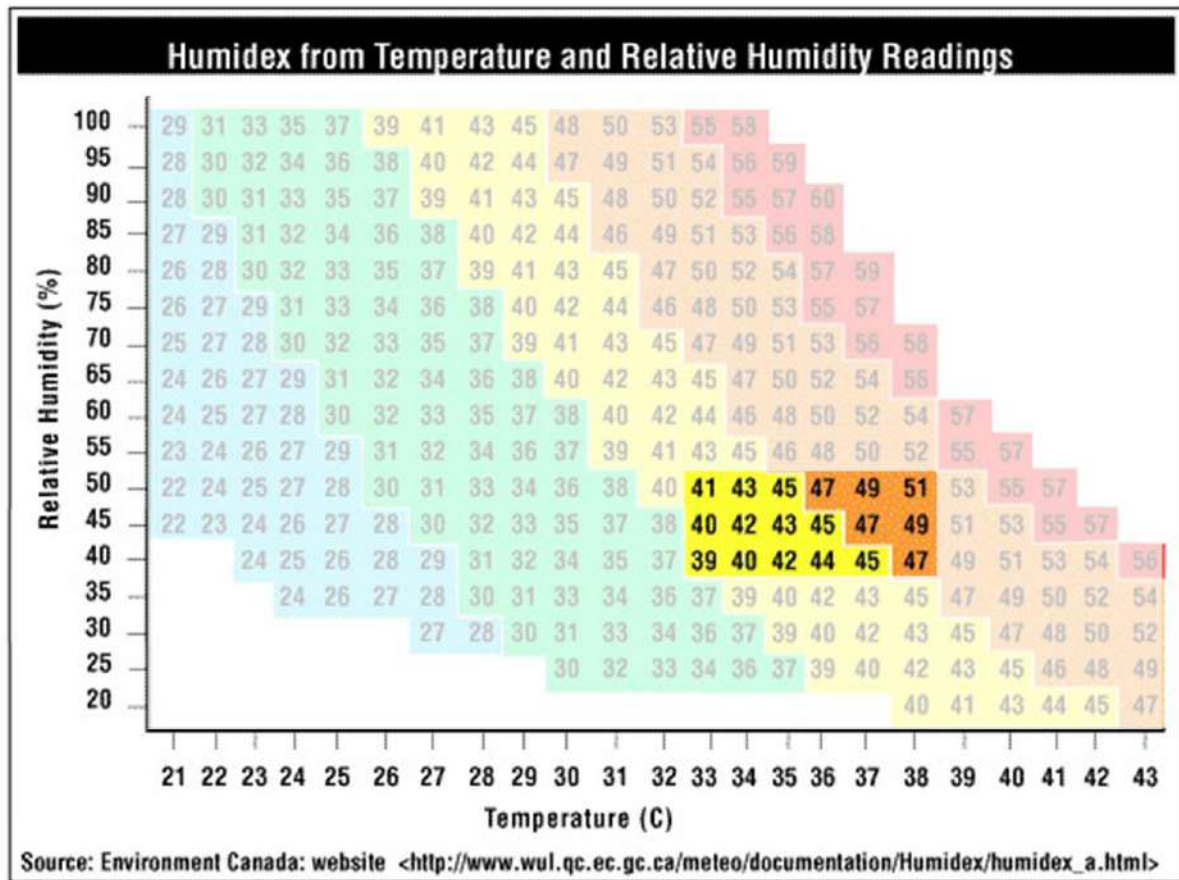
9 a.m.: La temperatura del aire varía entre los 27°C y 29°C y la humedad relativa entre el 60% y el 75%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 33-38 que están en el rango de “algo de incomodidad” y 39-40 que indican “gran incomodidad”.

FIGURA 125. Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020



12 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 32°C y 35°C y la humedad relativa entre el 45% y el 55%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 38 que está en el rango de “algo de incomodidad”, 40-45 que indica “gran incomodidad” y 46 que indica “peligro”.

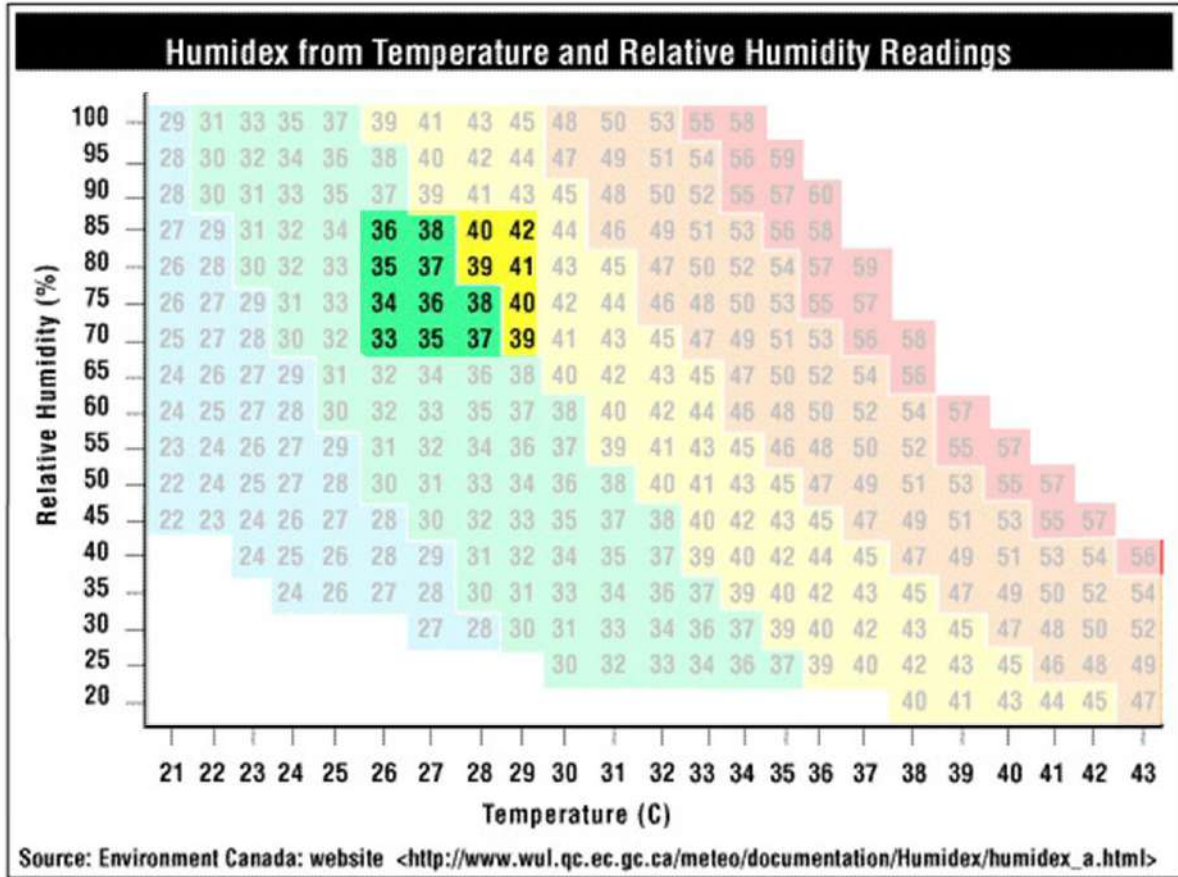
FIGURA 126. Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020



3 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 33 y 38 °C y la humedad relativa entre el 40% y el 50%. Para estos los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 39-45 que están en el rango de “gran incomodidad” y 47-51 que indican “gran incomodidad”.

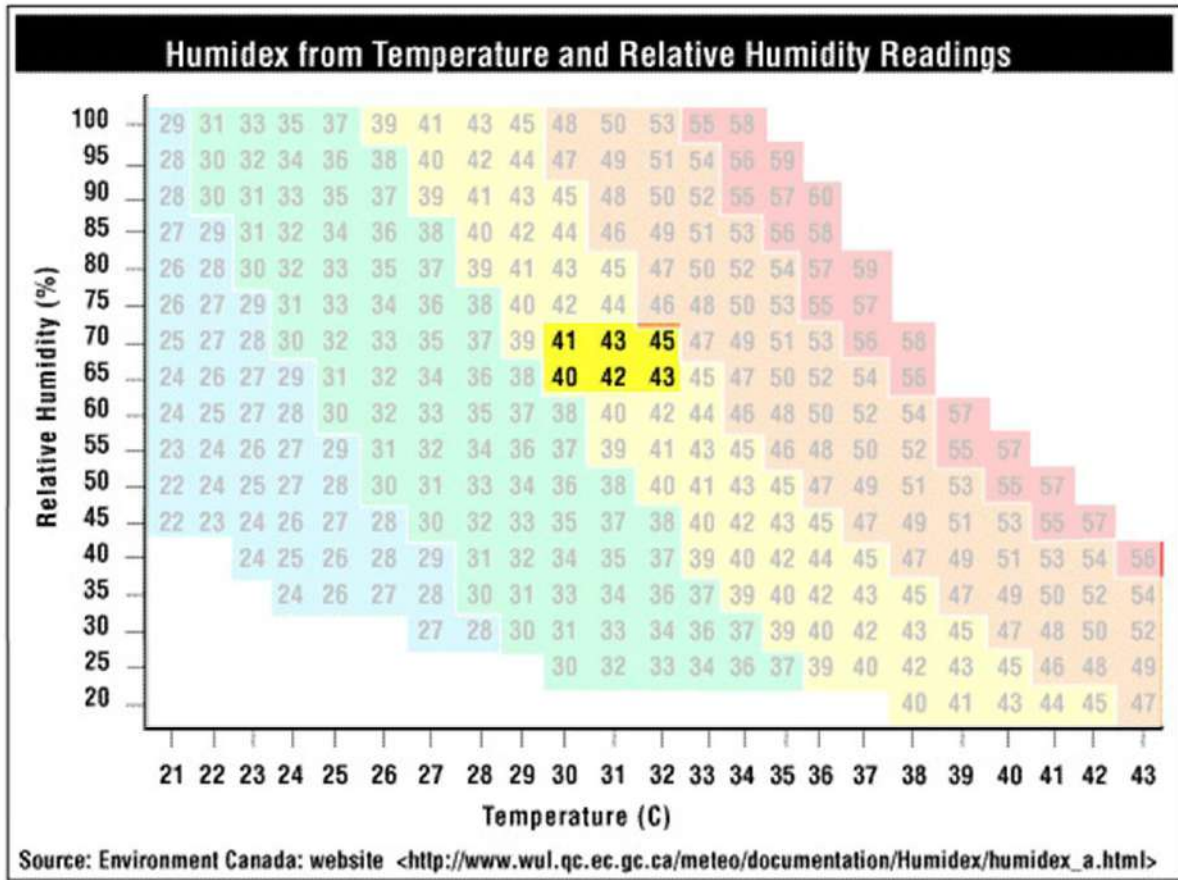
23 de septiembre 2020

FIGURA 127. Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020



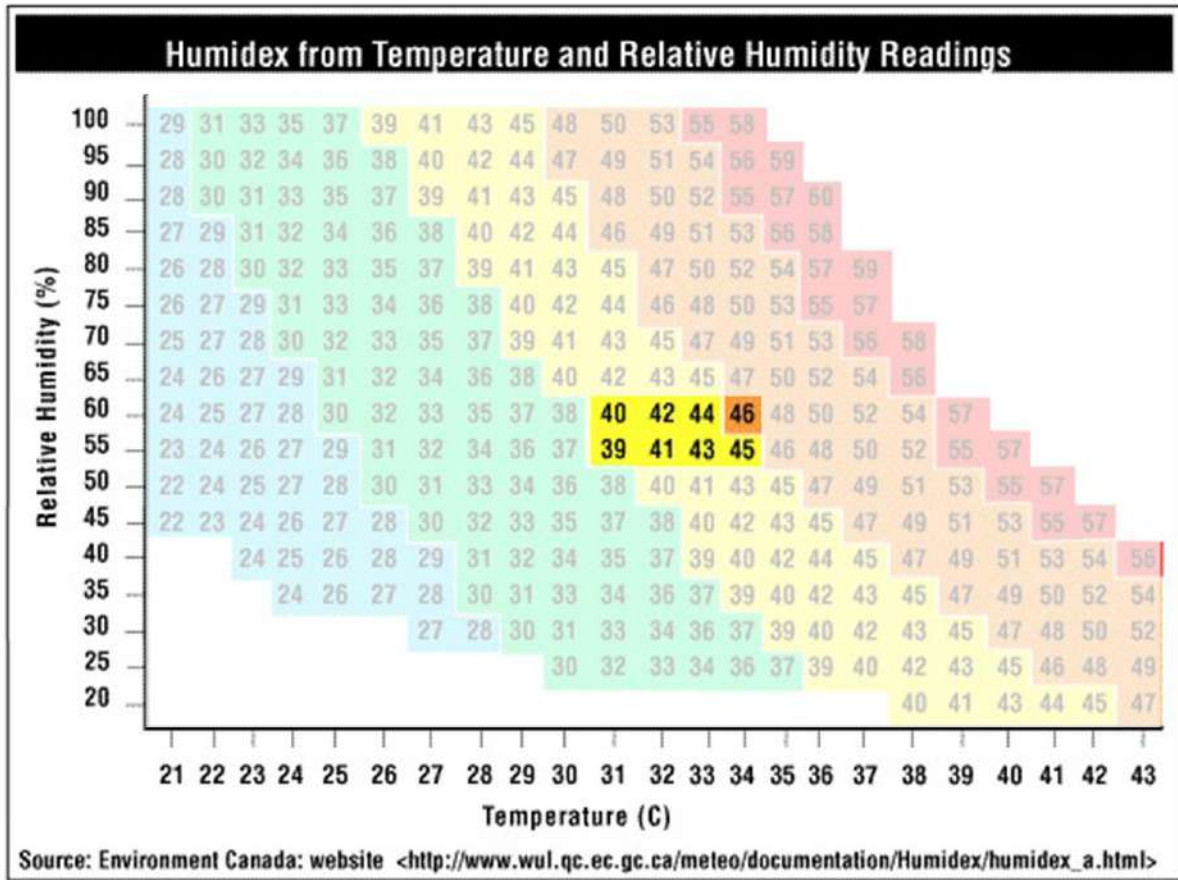
9 a.m.: La temperatura del aire varía entre los 26°C y 29°C y la humedad relativa entre el 70% y el 85%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 33-38 que están en el rango de “algo de incomodidad” y 39-42 que indican “gran incomodidad”.

FIGURA 128. Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



12 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 30°C y 32°C y la humedad relativa entre el 65% y el 70%. Para esto los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 40-45 que están en el rango de “gran incomodidad”.

FIGURA 129. Rango de Humidex en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020



3 p.m.: La temperatura del aire varía entre los 31°C y 34°C y la humedad relativa entre el 55% y el 60%. Para estos los valores correspondientes de Humidex marcan cifras de 39-45 que están en el rango de “gran incomodidad” y 46 que indica “peligro”.

6.2 Resultados por sección de calle

Para una más fácil visualización de los resultados obtenidos por zona y superficie se dibujaron secciones esquemáticas mostrando: la temperatura del aire, la humedad relativa y la temperatura de las superficies bajo sol y bajo sombra.

6.2.1 Zona A

10 de abril 2020

FIGURA 130. Sección de calle en Zona A a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020

ZONA A: 10 abr. 2020 9:00 a.m.

HR: humedad relativa
TA: temperatura del aire
TS: temperatura de las superficies

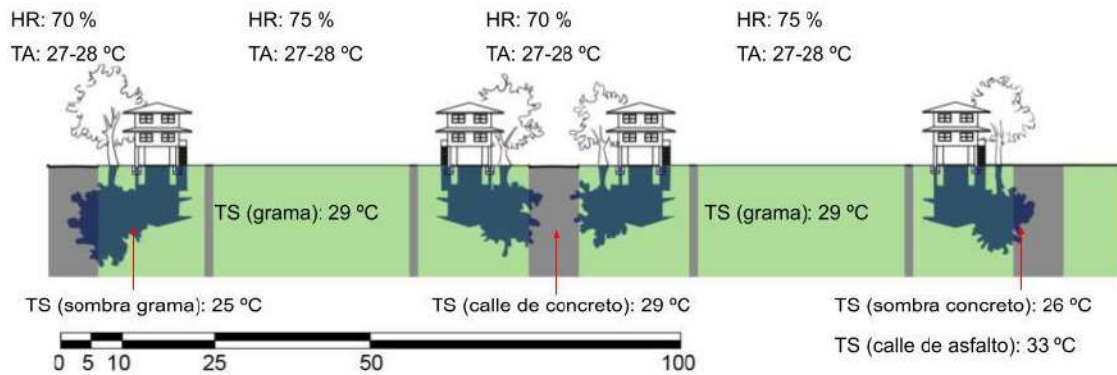


FIGURA 131. Sección de calle en Zona A a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020

ZONA A: 10 abr. 2020 12:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

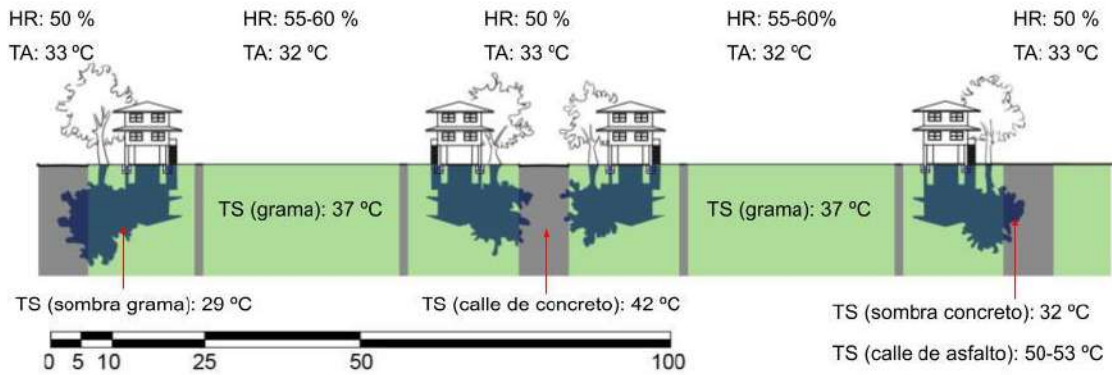
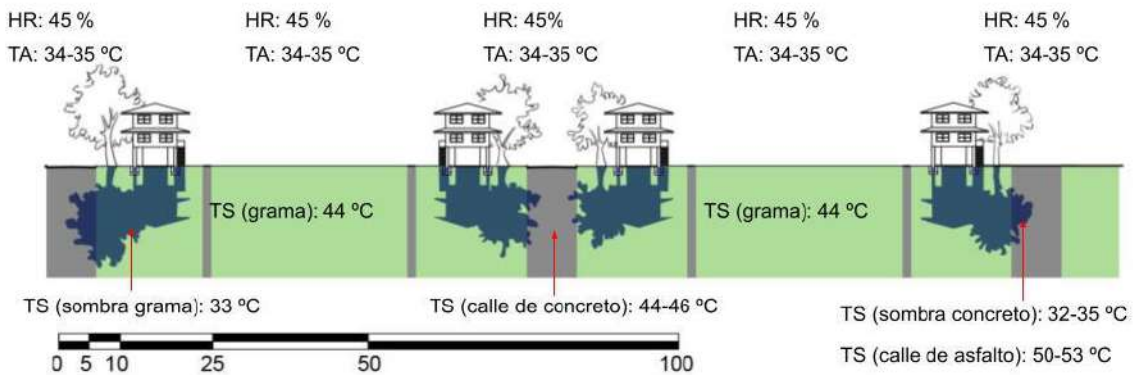


FIGURA 132. Sección de calle en Zona A a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020

ZONA A: 10 abr. 2020 3:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies



23 de septiembre 2020

FIGURA 133. Sección de calle en Zona A a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA A: 23 sept. 2020 9:00 a.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

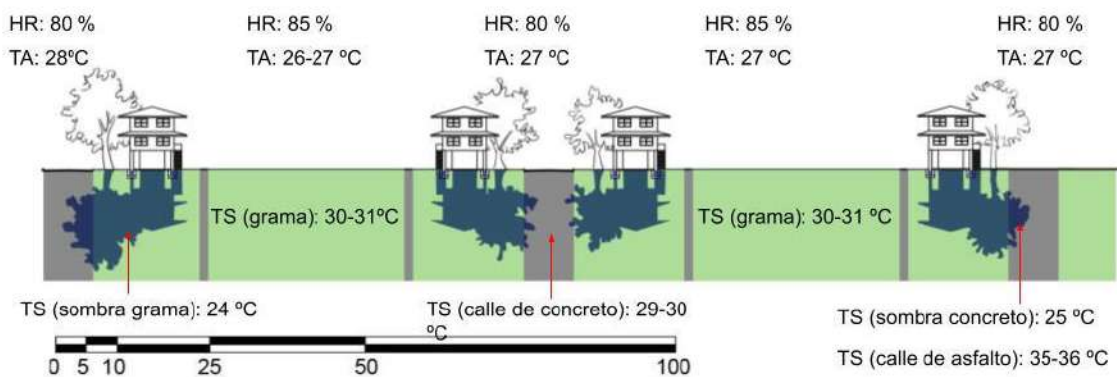


FIGURA 134. Sección de calle en Zona A a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA A: 23 sept. 2020 12:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

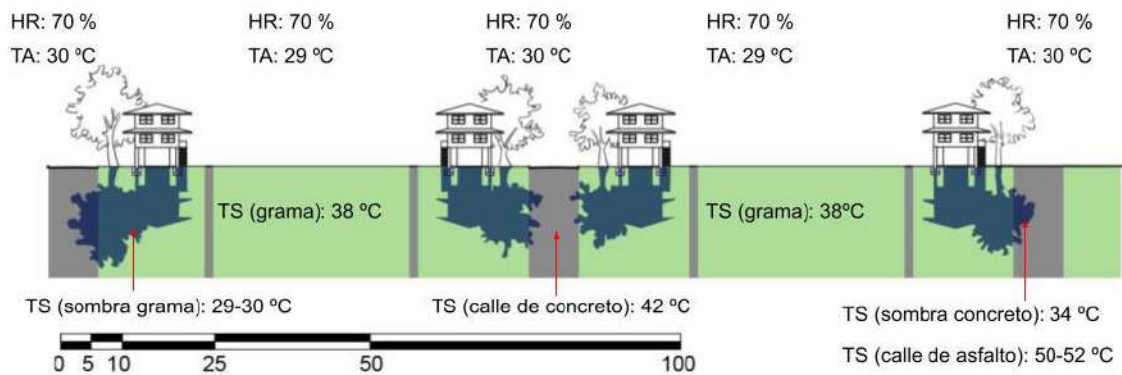
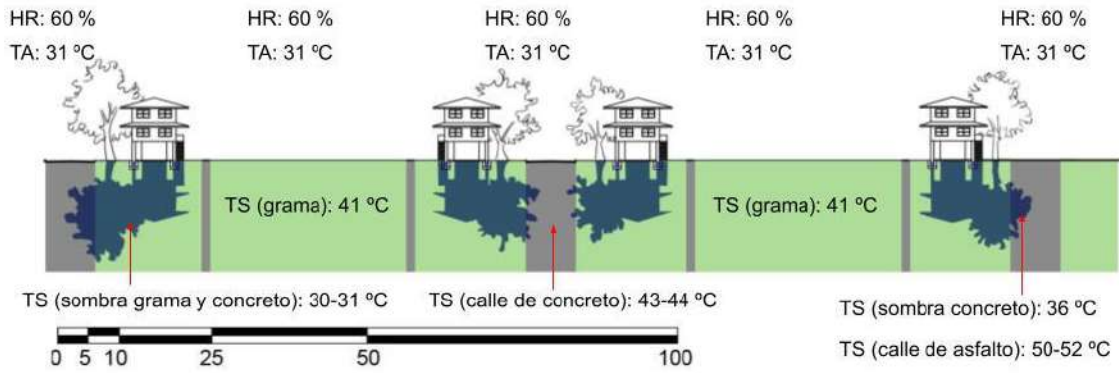


FIGURA 135. Sección de calle en Zona A a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA A: 23 sept. 2020 3:00 p.m.

HR: humedad relativa
TA: temperatura del aire
TS: temperatura de las superficies



6.2.2 Zona B

10 de abril 2020

FIGURA 136. Sección de calle en Zona B a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020

ZONA B: 10 abr. 2020 9:00 a.m.

HR: humedad relativa
TA: temperatura del aire
TS: temperatura de las superficies

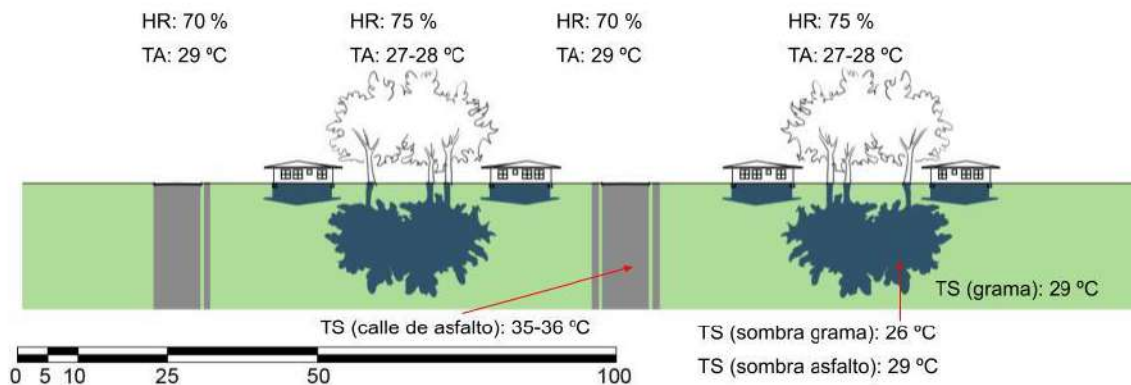


FIGURA 137. Sección de calle en Zona B a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020

ZONA B: 10 abr. 2020 12:00 p.m.

HR: humedad relativa
TA: temperatura del aire
TS: temperatura de las superficies

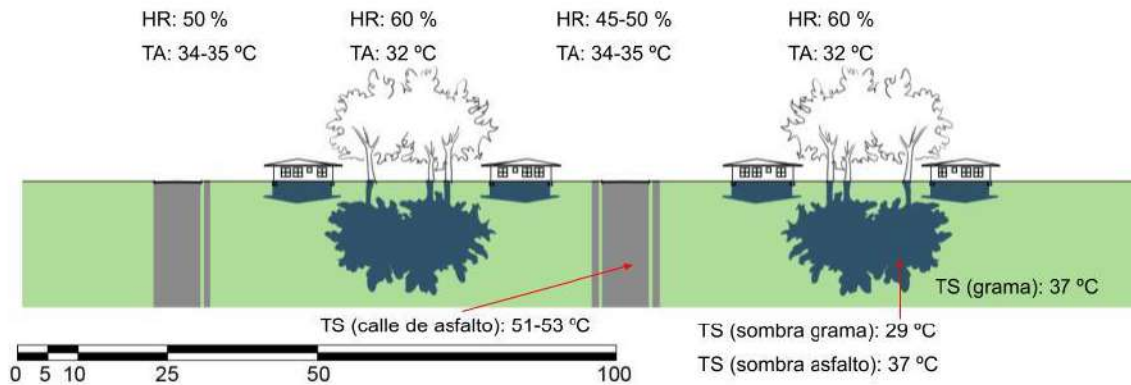
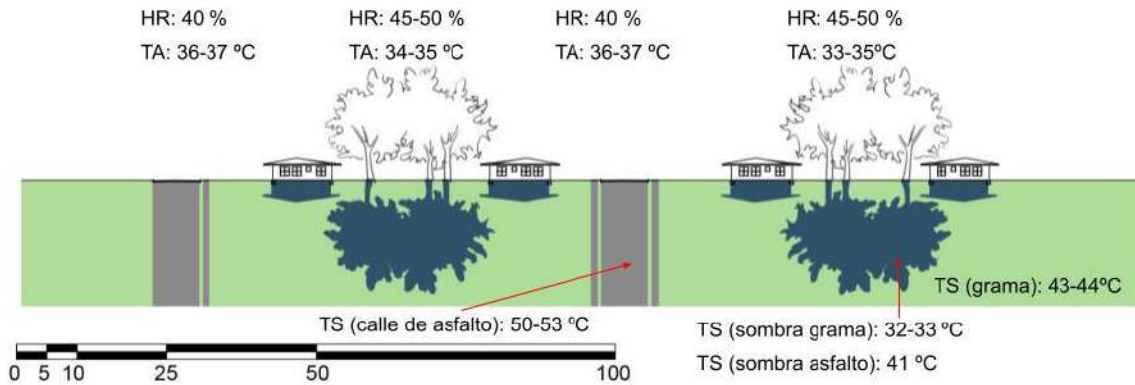


FIGURA 138. Sección de calle en Zona B a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020

ZONA B: 10 abr. 2020 3:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies



23 de septiembre 2020

FIGURA 139. Sección de calle en Zona B a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA B: 23 sept. 2020 9:00 a.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

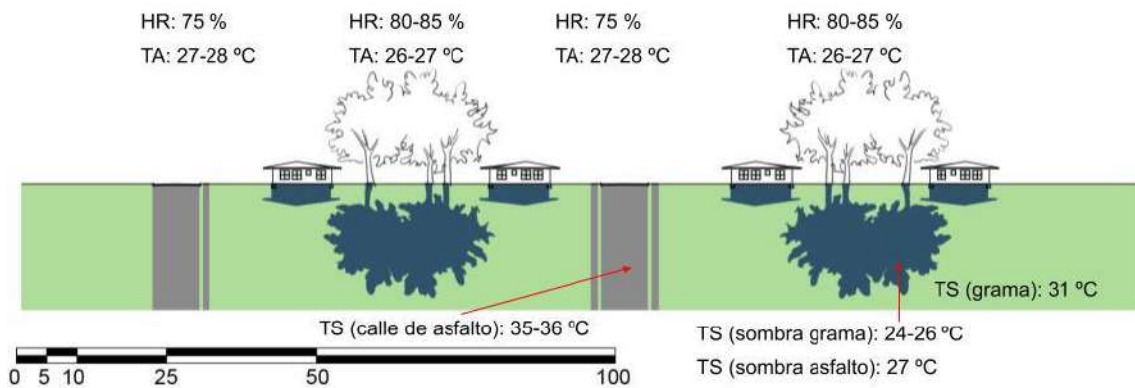


FIGURA 140. Sección de calle en Zona B a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA B: 23 sept. 2020 12:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

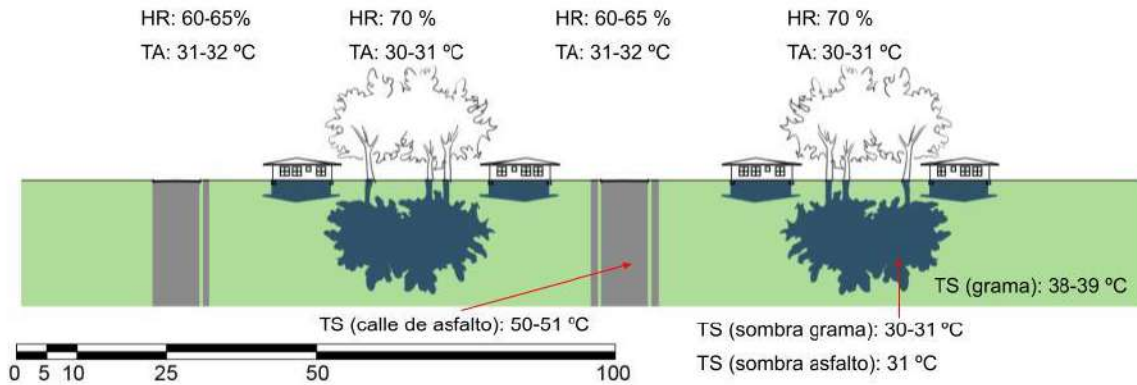
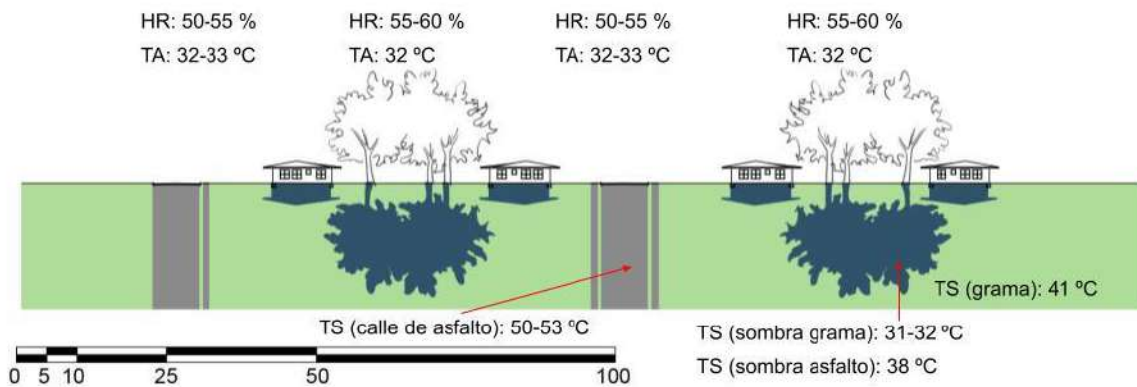


FIGURA 141. Sección de calle en Zona B a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA B: 23 sept. 2020 3:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies



6.2.3 Zona de Estacionamientos

10 de abril 2020

FIGURA 142. Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 10 de abril del 2020

ZONA E: 10 abr. 2020 9:00 a.m.

HR: humedad relativa
TA: temperatura del aire
TS: temperatura de las superficies

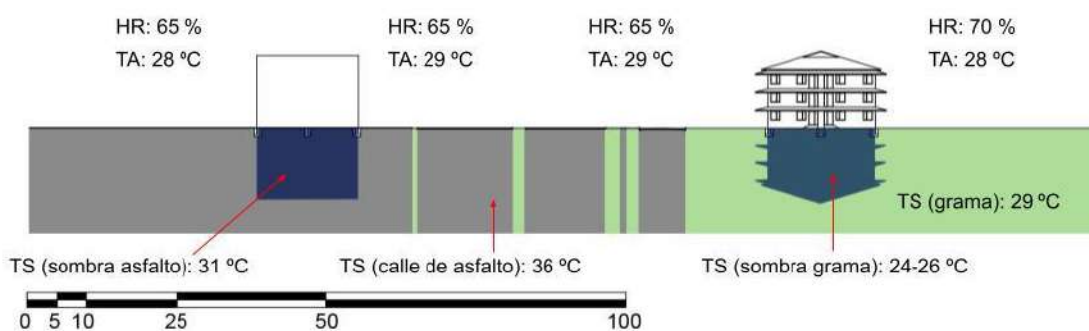


FIGURA 143. Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 10 de abril del 2020

ZONA E: 10 abr. 2020 12:00 p.m.

HR: humedad relativa
TA: temperatura del aire
TS: temperatura de las superficies

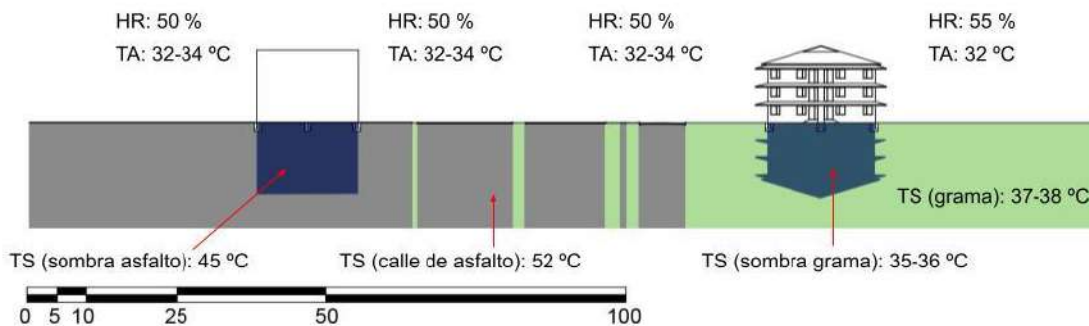
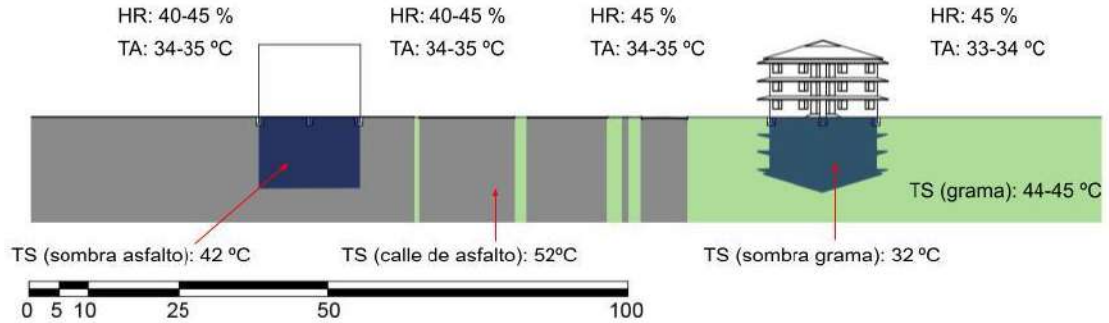


FIGURA 144. Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 10 de abril del 2020

ZONA E: 10 abr. 2020 3:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies



23 de septiembre 2020

FIGURA 145. Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 9:00 a.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA E: 23 sept. 2020 9:00 a.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

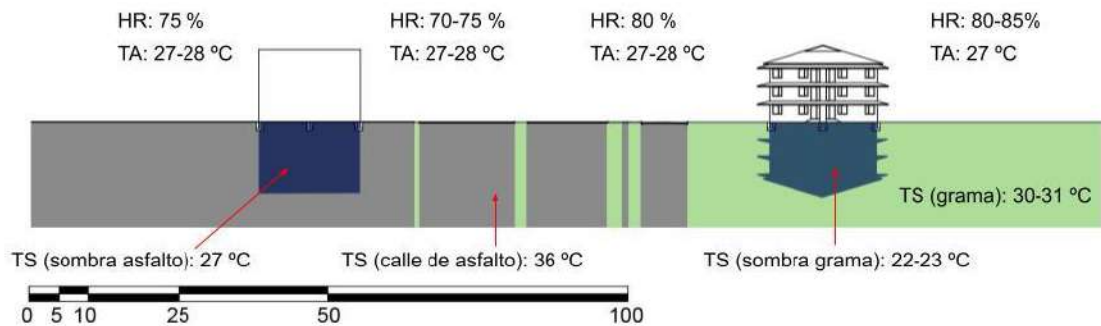


FIGURA 146. Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 12:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA E: 23 sept. 2020 12:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies

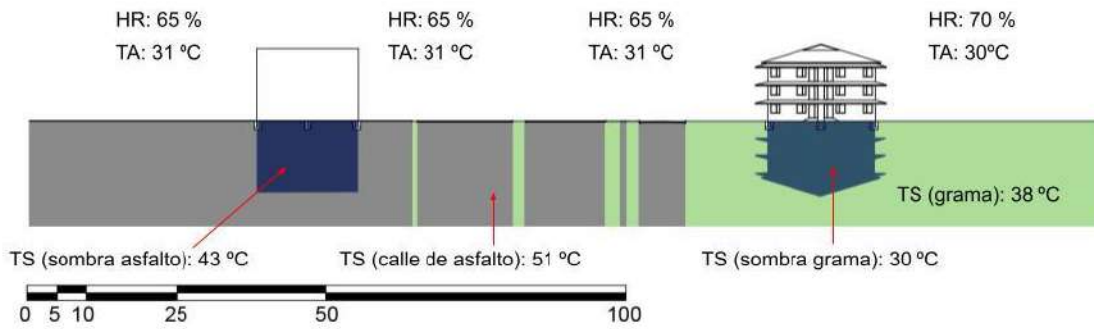
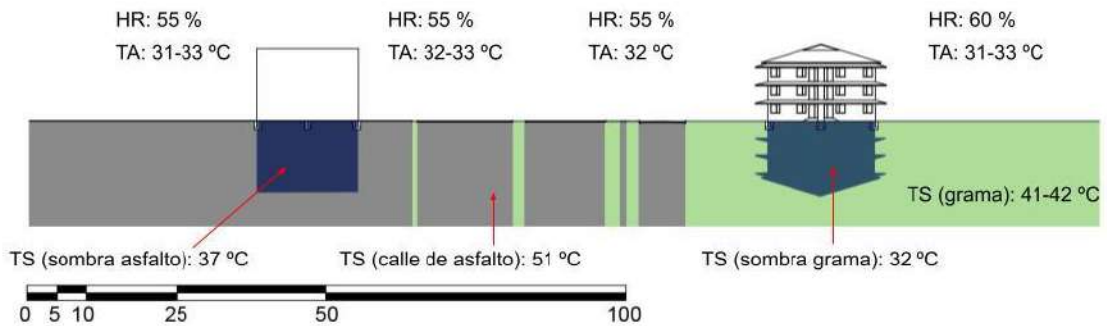


FIGURA 147. Sección de calle en Zona de Estacionamientos a las 3:00 p.m. el 23 de septiembre del 2020

ZONA E: 23 sept. 2020 3:00 p.m.

HR: humedad relativa
 TA: temperatura del aire
 TS: temperatura de las superficies



6.3 Tablas analíticas de resultados

Las siguientes tablas muestran una comparación de los resultados obtenidos de las simulaciones en las tres zonas agrupándolos por día y por hora con el fin de determinar qué zona se desempeña mejor para el clima tropical húmedo en términos de temperatura del aire, humedad relativa, temperatura de las superficies, PMV y Humidex.

6.3.1 10 de abril del 2020

A continuación se muestran las tablas analíticas de las tres zonas para el 10 de abril del 2020 a las 9:00 a.m., las 12 p.m. y las 3:00 p.m.

9:00 a.m.

CUADRO 10. Resultados de las 3 zonas el 10 de abril del 2020 a las 9:00 a.m.

		ZA					Humidex	
		TA	HR	TS	PMV			
10 de abril 2020	9:00 a.m.	Superficie						
	Pavimento	Bajo sol			29 °C	4	37 = algo de incomodidad	
		Bajo sombra	28 °C	70 %	26 °C	2		
	Grama	Bajo sol			29 °C	4	36 = algo de incomodidad	
		Bajo sombra	27 °C	75 %	25 °C	2		
			ZB					
	9:00 a.m.	Superficie						
	Pavimento	Bajo sol			36 °C	4	39 = algo de incomodidad	
		Bajo sombra	29 °C	70 %	29 °C	2		
	Grama	Bajo sol			29 °C	4	36 = algo de incomodidad	
		Bajo sombra	27 °C	75 %	26 °C	2		
			Z Estacionamientos					
9:00 a.m.	Superficie							
Pavimento	Bajo sol			36 °C	4	38 = algo de incomodidad		
	Bajo sombra	29 °C	65 %	31 °C	3			

Para las 9 de la mañana la Zona A tuvo la temperatura del aire más baja con 28°C sobre el pavimento, mientras que la Zona B y la Zona de Estacionamientos tuvieron 29°C. En las áreas de grama la temperatura del aire fue de 27°C tanto para la Zona A como para la Zona B.

La humedad relativa más alta se mantuvo en la Zona A y Zona B con 70% para las zonas pavimentadas y 75% para las zonas de grama en ambas zonas, y para la Zona de Estacionamientos sobre el pavimento un 65%.

La temperatura del pavimento bajo el sol fue más baja en la Zona A con 29°C mientras que la temperatura para la Zona B y Zona de Estacionamientos era de 36°C; es importante mencionar que el pavimento medido para la Zona A es de concreto y el pavimento medido para la Zona B y Zona de Estacionamientos es de asfalto. La temperatura más baja del pavimento bajo sombra se obtuvo en la Zona A con 26°C seguido de la Zona B con 29°C y la Zona de Estacionamientos con 31°C. Para la temperatura de la grama bajo el sol tanto la Zona A como la Zona B marcaron 26°C. Finalmente, para la temperatura de la grama bajo la sombra el valor más bajo se obtiene en la Zona A con 25°C, mientras que para la Zona B el valor obtenido fue de 26°C.

El índice PMV obtenido sobre el pavimento bajo el sol de las 3 zonas fue de 4, mientras que el valor obtenido para el pavimento bajo sombra fue de 2 para la Zona A y la Zona B y de 3 para la Zona de Estacionamientos. El valor obtenido para el área de grama bajo el sol fue de 4 para la Zona A y la Zona B y de igual manera el valor para el área de grama bajo sombra fue de 1 para la Zona A y la Zona B. Los espacios con mayor habitabilidad son tanto la Zona A como la Zona B en áreas que se encuentren bajo sombra.

En las áreas pavimentadas el valor más bajo de Humidex se obtuvo en la Zona A con 37, seguido por la Zona de Estacionamientos con 38 y la Zona B con 39. En las áreas con grama se obtuvo 36 tanto para la Zona A como la Zona B.

12:00 p.m.

CUADRO 11. Resultados de las 3 zonas el 10 de abril del 2020 a las 3:00 p.m.

		ZA					Humidex	
		TA	HR	TS	PMV			
10 de abril 2020	12:00 p.m.	Superficie						
	Pavimento	Bajo sol			42 °C	5	41 = gran incomodidad	
		Bajo sombra	33 °C	50 %	32 °C	5		
	Grama	Bajo sol			37 °C	5	42 = gran incomodidad	
		Bajo sombra	32 °C	60 %	29 °C	5		
			ZB					
			TA	HR	TS	PMV	Humidex	
	12:00 p.m.	Superficie						
	Pavimento	Bajo sol			53 °C	5	45 = gran incomodidad	
		Bajo sombra	35 °C	50 %	37 °C	5		
	Grama	Bajo sol			37 °C	5	42 = gran incomodidad	
		Bajo sombra	32 °C	60 %	29 °C	4		
		Z Estacionamientos						
		TA	HR	TS	PMV	Humidex		
12:00 p.m.	Superficie							
Pavimento	Bajo sol			52 °C	6	43 = gran incomodidad		
	Bajo sombra	34 °C	50 %	45 °C	5			

Para las 12 del mediodía la Zona A tuvo la temperatura del aire más baja con 33°C sobre el pavimento, mientras que la Zona de Estacionamientos tuvo 34°C y la Zona Estacionamientos 35°C. Sobre la grama se obtuvo 32°C tanto para la Zona A como para la Zona B.

La humedad relativa para las zonas pavimentadas fue de 50% para las tres zonas y para las áreas de grama se obtuvo un 60% para la Zona A y la Zona B.

La temperatura del pavimento bajo el sol fue más baja en la Zona A con 42°C, seguida por la Zona de Estacionamientos con 53°C y la Zona B con 53°C; es importante mencionar que el pavimento medido para la Zona A es de concreto y el pavimento medido para la Zona B y Zona de Estacionamientos es de asfalto. La temperatura más baja del pavimento bajo sombra se obtuvo en la Zona A con 32°C seguido de la Zona B con 37°C y la Zona de Estacionamientos con 45°C. Para la temperatura de la grama bajo el sol tanto la Zona A como la Zona B marcaron 37°C. Finalmente, para la temperatura de la grama bajo la sombra el valor obtenido tanto en la Zona A como en la Zona B fue de 29°C.

El índice PMV más bajo obtenido sobre el pavimento bajo el sol fue el de la Zona A la Zona B con 5, seguido por la Zona de Estacionamientos con un valor de mayor a 6. El valor obtenido para el pavimento bajo sombra fue de 5 para las 3 zonas. El valor obtenido para el área de grama bajo el sol fue de 5 para la Zona A y la Zona B, el

valor para el área de grama bajo sombra fue de 5 para la Zona A y de 4 para la Zona B. De acuerdo con este índice solo hay lectura hasta el valor 3 definiéndolo como “sofocante” y de acuerdo con este índice ninguna de las zonas es habitable al mediodía.

En las áreas pavimentadas el valor más bajo de Humidex se obtuvo en la Zona A con 41, seguido por la Zona de Estacionamientos con 43 y la Zona B con 45. En las áreas con grama se obtuvo 42 tanto para la Zona A como la Zona B.

3:00 p.m.

CUADRO 12. Resultados de las 3 zonas el 10 de abril del 2020 a las 3:00 p.m.

		ZA					
		TA	HR	TS	PMV	Humidex	
10 de abril 2020	3:00 p.m.	Superficie					
	Pavimento	Bajo sol			46 °C	7	43 = gran incomodidad
		Bajo sombra	35 °C	45 %	35 °C	7	
	Grama	Bajo sol			44 °C	7	43 = gran de incomodidad
		Bajo sombra	35 °C	45 %	33 °C	5	
			ZB				
	3:00 p.m.	Superficie					
	Pavimento	Bajo sol			53 °C	8	45 = gran incomodidad
		Bajo sombra	37 °C	40 %	42 °C	6	
	Grama	Bajo sol			44 °C	7	45 = gran incomodidad
		Bajo sombra	35 °C	50 %	33 °C	5	
			Z Estacionamientos				
3:00 p.m.	Superficie						
Pavimento	Bajo sol			52 °C	8	45 = gran incomodidad	
	Bajo sombra	36 °C	45 %	42 °C	7		

Para las 3:00 p.m. la Zona A tuvo la temperatura del aire más baja con 35°C sobre el pavimento, seguida de la Zona de Estacionamientos con 36°C y la Zona B con 37°C. En las áreas de grama la temperatura del aire fue de 35°C tanto para la Zona A como para la Zona B.

La humedad relativa más baja se mantuvo en la Zona B 40% seguida por la Zona A con 45% para las zonas pavimentadas y para las zonas de grama 45% para para la Zona A y 50% para la Zona B, y para la Zona de Estacionamientos sobre el pavimento un 45%.

La temperatura del pavimento bajo el sol fue más baja en la Zona A con 46°C mientras que la temperatura para la Zona de Estacionamientos es de 53°C y Zona B es de 52°C; es importante mencionar que el pavimento medido para la Zona A es de concreto y el pavimento medido para la Zona B y Zona de Estacionamientos es de asfalto. La temperatura más baja del pavimento bajo sombra se obtuvo en la Zona A con 35°C seguido de la Zona B y la Zona de Estacionamientos con 42°C. Para la temperatura de la grama bajo el sol tanto la Zona A como la Zona B marcaron 44°C y para la temperatura de la grama bajo sombra ambas zonas se mantuvieron igual con 33°C.

El índice PMV obtenido sobre el pavimento bajo el sol fue de 7 para la Zona A y de 8 para la Zona B y la Zona de Estacionamientos, mientras que el valor obtenido para el pavimento bajo sombra fue de 6 para la Zona B y de 7 para la Zona A y la Zona de Estacionamientos. El valor obtenido para el área de grama bajo el sol fue de 7 para la Zona A y la Zona B y de igual manera el valor para el área de grama bajo sombra fue de 5 para la Zona A y la Zona B.

En las áreas pavimentadas el valor más bajo de Humidex se obtuvo en la Zona A con 43, seguido por la Zona B y la Zona de Estacionamientos con 45. En las áreas con grama se obtuvo 43 para la Zona A y 45 para la Zona B.

CUADRO 13. Cobertura de suelo vs. Factor h/d vs. Humidex 10 de abril del 2020

Cobertura de suelo vs. Factor h/d vs. Humidex						
10 abr. 2020	Espacio	Cob. suelo	Factor h/d	9 a.m.	12 p.m.	3 p.m.
Zona A	Patio	Grama	0.25	36	42	43
	Calle	Concreto	0.65	37	41	43
Zona B	Patio	Grama	0.13	36	42	45
	Calle	Asfalto	0.1	39	45	45
Zona E	Estacionamientos	Asfalto	0.19	38	43	45

menos de 29	Sin incomodidad
30-39	Algo de incomodidad
40-45	Gran incomodidad
46-53	Peligro
más de 54	Golpe de calor

Para los espacios de calle, Zona A tiene los valores más bajos de Humidex durante el día, posiblemente porque la cobertura de suelo de concreto y posee un valor de h/d más alto que las otras zonas.

Tanto Zona B como Zona de Estacionamientos están pavimentadas con asfalto, sin embargo Zona de Estacionamientos se desempeña mejor que Zona B, posiblemente porque tiene un valor casi dos veces más alto del factor h/d.

Para los espacios de patio tanto Zona A como Zona B dieron casi los mismos valores de Humidex durante el día, siendo Zona A la que mejor se desempeña por dos

con 25°C seguida de la Zona B y la Zona de estacionamientos con 27°C. Para la temperatura de la grama bajo el sol tanto la Zona A como la Zona B marcaron 31°C. Finalmente para la temperatura de la grama bajo la sombra el valor más bajo se obtiene en la Zona A con 24°C, mientras que para la Zona B el valor obtenido fue de 26°C.

El índice PMV obtenido sobre el pavimento bajo el sol tanto para la Zona A como para la Zona B fue de 3 y de 4 para la Zona de Estacionamientos. El valor obtenido para el pavimento bajo sombra fue de 1 para la Zona B, de 2 para la Zona A y de 3 para la Zona de Estacionamientos. El valor obtenido para el área de grama bajo el sol fue de 3 para la Zona A y de 4 para la Zona B y el valor para el área de grama bajo sombra fue de 1 para la Zona A y la Zona B. Esto da a entender que los espacios habitables se encuentran en la Zona A y la Zona B siempre y cuando se encuentren bajo la sombra.

En las áreas pavimentadas el valor más bajo de Humidex se obtuvo en la Zona B con 36, seguido por la Zona de Estacionamientos con 38 y la Zona A con 39. En las áreas con grama se obtuvieron 36 para la Zona B y 38 para la Zona A.

12:00 p.m.

CUADRO 15. Resultados de las tres zonas el 23 de septiembre del 2020 a las 12:00 p.m.

		ZA					
		TA	HR	TS	PMV	Humidex	
23 de septiembre 2020	12:00 p.m.	Superficie					
	Pavimento	Bajo sol			42 °C	4	41 = gran incomodidad
		Bajo sombra	30 °C	70 %	34 °C	4	
	Grama	Bajo sol			38 °C	4	39 = algo de incomodidad
		Bajo sombra	29 °C	70 %	30 °C	4	
			ZB				
	12:00 p.m.	Superficie					
	Pavimento	Bajo sol			51 °C	5	43 = gran incomodidad
		Bajo sombra	32 °C	65 %	35 °C	4	
	Grama	Bajo sol			39 °C	5	43 = gran incomodidad
		Bajo sombra	31 °C	70 %	31 °C	4	
			Z Estacionamientos				
12:00 p.m.	Superficie						
Pavimento	Bajo sol			51 °C	5	42 = gran incomodidad	
	Bajo sombra	31 °C	65 %	43 °C	5		

Para las 12:00 p.m. la Zona A tuvo la temperatura del aire más baja con 30°C sobre el pavimento, mientras que la Zona de Estacionamientos tuvo 31°C y la Zona B 32°C.

En las áreas de grama la temperatura del aire fue de 29°C para la Zona A y 31°C para la Zona B.

La humedad relativa más alta se mantuvo en la Zona A con un 70% seguida por la Zona B y Zona de Estacionamientos con un 65% para las zonas pavimentadas. Los datos para las áreas de grama obtenidas tanto para la Zona A como para la Zona B fueron del 70%.

La temperatura del pavimento bajo el sol fue más baja en la Zona A con 42°C mientras que la temperatura para la Zona B y Zona de Estacionamientos fue de 51°C; es importante mencionar que el pavimento medido para la Zona A es de concreto y el pavimento medido para la Zona B y Zona de Estacionamientos es de asfalto. La temperatura más baja del pavimento bajo sombra se obtuvo en la Zona A con 34°C seguido de la Zona B con 35°C y la Zona de Estacionamientos con 43°C. Para la temperatura de la grama bajo el sol la Zona A marcó 38°C y la Zona B marcó 39°C. Finalmente, para la temperatura de la grama bajo la sombra el valor más bajo se obtiene en la Zona A con 30°C, mientras que para la Zona B el valor obtenido fue de 31°C.

El índice PMV obtenido sobre el pavimento bajo el sol marcó 4 para la Zona A y 5 para la Zona B y la Zona de Estacionamientos, mientras que el valor obtenido para el pavimento bajo sombra fue de 4 tanto para la Zona A como para la Zona B y de 5 para la Zona de Estacionamientos. El valor obtenido para el área de grama bajo el sol fue de 4 para la Zona A y de 5 para la Zona B y finalmente, el valor obtenido para el área de grama bajo sombra fue de 4 para la Zona A y la Zona B. Según este índice ningún espacio es habitable a las 12 del mediodía ya que cifras mayores a 3 no existen para el PMV.

En las áreas pavimentadas el valor más bajo de Humidex se obtuvo en la Zona A con 41, seguido por la Zona de Estacionamientos con 42 y la Zona B con 43. En las áreas con grama se obtuvo 39 para la Zona A y 43 para la Zona B.

3:00 p.m.

CUADRO 16. Resultados de las tres zonas el 23 de septiembre del 2020 a las 3:00 p.m.

23 de septiembre 2020	3:00 p.m.		ZA				
			TA	HR	TS	PMV	Humidex
	Pavimento	Superficie					
		Bajo sol	31 °C	60 %	44 °C	6	40 = gran incomodidad
	Bajo sombra	34 °C			5		
	Grama	Bajo sol	31 °C	60 %	41 °C	6	40 = gran de incomodidad
		Bajo sombra			31 °C	4	
	3:00 p.m.		ZB				
			TA	HR	TS	PMV	Humidex
	Pavimento	Superficie					
Bajo sol		33 °C	55 %	53 °C	6	43 = gran incomodidad	
Bajo sombra	38 °C			4			
Grama	Bajo sol	32 °C	60 %	41 °C	6	42 = gran incomodidad	
	Bajo sombra			32 °C	4		
3:00 p.m.		Z Estacionamientos					
		TA	HR	TS	PMV	Humidex	
Pavimento	Superficie						
	Bajo sol	33 °C	55 %	51 °C	7	43 = gran incomodidad	
Bajo sombra	37 °C			6			

Para las 3:00 p.m. la Zona A tuvo la temperatura del aire más baja con 31°C sobre el pavimento, mientras que la Zona B y la Zona de Estacionamientos tuvieron 33°C. En las áreas de grama la temperatura del aire fue de 31°C para la Zona A y de 32°C para la Zona B.

La humedad relativa más alta se mantuvo en la Zona A con un 60%, seguida de la Zona B y la Zona de Estacionamientos con un 55% para las zonas pavimentadas. Para las zonas de grama tanto la Zona A como la Zona B marcan 60%.

La temperatura del pavimento bajo el sol fue más baja en la Zona A con 44°C, mientras que la temperatura para Zona de Estacionamientos fue de 53°C y la de Zona B de 51°C; es importante mencionar que el pavimento medido para la Zona A es de concreto y el pavimento medido para la Zona B y Zona de Estacionamientos es de asfalto. La temperatura más baja del pavimento bajo sombra se obtuvo en la Zona A con 34°C seguido de la Zona de Estacionamientos con 37°C y la Zona B con 38°C. Para la temperatura de la grama bajo el sol tanto la Zona A como la Zona B marcaron 41°C. Finalmente, para la temperatura de la grama bajo la sombra el valor más bajo se obtiene en la Zona A con 31°C, mientras que para la Zona B el valor obtenido fue de 32°C.

El índice PMV obtenido sobre el pavimento bajo el sol tanto en la Zona A como en la Zona B es de las 6 y el de la Zona de Estacionamientos de 7. El valor más bajo obtenido para el pavimento bajo sombra fue de 4 para la Zona B, seguido por la Zona A con 5 y de 6 para la Zona de Estacionamientos. El valor obtenido para el área de grama bajo el sol fue de 6 para la Zona A y la Zona B y de igual manera el valor para el área de grama bajo sombra fue de 4 para la Zona A y la Zona B. De acuerdo con este índice ninguna zona es habitable a las 3 de la tarde ya que todos los valores medidos son mayores a 3, ya que 3 cataloga a un espacio como “sofocante”.

En las áreas pavimentadas el valor más bajo de Humidex se obtuvo en la Zona A con 40, seguido por la Zona de Estacionamientos con y la Zona B con 43. En las áreas con grama se obtuvo 40 para la Zona A y 42 para la Zona B.

CUADRO 17. Cobertura de suelo vs. Factor h/d vs. Humidex 23 de septiembre del 2020

Cobertura de suelo vs. Factor h/d vs. Humidex						
23 sep. 2020	Espacio	Cob. suelo	Factor h/d	9 a.m.	12 p.m.	3 p.m.
Zona A	Patio	Grama	0.25	38	39	40
	Calle	Concreto	0.65	39	41	40
Zona B	Patio	Grama	0.13	36	43	42
	Calle	Asfalto	0.1	36	43	43
Zona E	Estacionamientos	Asfalto	0.19	38	42	43

menos de 29	Sin incomodidad
30-39	Algo de incomodidad
40-45	Gran incomodidad
46-53	Peligro
más de 54	Golpe de calor

Para los espacios de calle, Zona A tiene los valores más bajos de Humidex durante las horas críticas del día (12 p.m. y 3 p.m.), posiblemente porque la cobertura de suelo de concreto y posee un valor de h/d más alto que las otras zonas. El caso de Zona B y de Zona de Estacionamientos es diferente pues ambas zonas dan los mismos valores de Humidex en la tarde; Zona de Estacionamientos se desempeña mejor al mediodía y Zona B en la mañana, ambas zonas están pavimentadas con asfalto y el valor de h/d para Zona de Estacionamientos es casi dos veces más alto que el de Zona B.

Para los espacios de patio Zona B se desempeñó mejor que Zona A únicamente en la mañana, ya que el resto del día Zona A obtuvo valores más bajos de Humidex. Cabe destacar que el valor de h/d en patio de Zona A es casi dos veces mayor que el Zona B.

6.4 Conclusiones generales

Basándose en el estudio presentado se determina que:

1. Entre los tres escenarios evaluados en este estudio Zona A genera el microclima más habitable para el clima tropical húmedo a lo largo del día, dado a que los valores del índice Humidex siempre fueron más bajos para esta zona.

Es importante destacar que el rango de 30-39 indica “algo de incomodidad”, mientras que obtener valores en el rango de 40-45 indica que el usuario experimenta “gran incomodidad”.

La Zona A llegó a alcanzar un mínimo de 36 y un máximo de 42, mientras que la Zona de Estacionamientos llegó a alcanzar un mínimo de 38 y un máximo de 45 y finalmente la Zona B llegó a alcanzar un mínimo de 36 y un máximo de 45, lo que demuestra el parecido microclimático entre ambas zonas como conjunto y que se debe en un principio a cómo los espacios están conformados.

En Zona A hay una cantidad considerable de superficie vegetal, las superficies impermeables son de colores claros y los elementos con altura como edificaciones y árboles que pueden obstruir la radiación mejor que en las otras zonas. Todos estos factores actúan conjuntamente para afectar la temperatura del aire y la humedad relativa que son las variables que definen al índice Humidex.

2. El área de patio tanto de la Zona A como la Zona B generan microclimas muy similares para las dos fechas simuladas durante todo el día a pesar de que la Zona B está mucho más arbolada, la humedad relativa casi siempre fue la misma en los dos espacios y la temperatura del aire solo varió en 1°C entre ambas zonas, siendo Zona A la que marcaba menor temperatura.
3. El área de calle en Zona A se mantuvo más fresca que el resto de las zonas, ya que la temperatura del aire casi siempre fue 2°C más baja y la humedad relativa aproximadamente un 5% más alta que los resultados obtenidos para la Zona B y la Zona de Estacionamientos.

La razón principal puede ser porque la Zona A tiene un valor considerablemente más alto para el factor h/d para la sección de calle, lo que permitiría a las edificaciones y árboles obstruir la radiación solar parcialmente sobre la calle.

4. La diferencia de temperatura en el área de calle para Zona B y Zona de Estacionamientos siempre se mantuvo igual o con una diferencia de 1°C,

siendo generalmente Zona B la más caliente y la más seca según los porcentajes medidos de humedad relativa. Esto se debe en principio a sus similitudes; primero, el factor h/d para la sección de calle en ambos casos es bastante bajo, lo cual determina que los elementos existentes no obstruyen lo suficiente la radiación solar durante el día y segundo el hecho de que en ambas zonas se utilizó el mismo tipo de pavimento.

5. La vialidad en Zona A es completamente de concreto exceptuando la vía principal a un costado del conjunto residencial, mientras que la vialidad en la Zona B es completamente de asfalto, el cual demostró estar casi 11°C más caliente que las calles de concreto.

La Zona de Estacionamientos tiene una mayoría de calles de asfalto, sin embargo también tiene algunas calles de concreto y una de ellas es la vía principal de Ciudad del Saber. Es de suma importancia considerar que el pavimento de asfalto en ambas zonas (Zona B y Zona de Estacionamientos) se calienta más que el concreto en Zona A, pues el asfalto no solo absorbe significativamente más calor que otro tipo de superficies por su color oscuro y textura rugosa, sino que también lo irradia al ambiente causando el efecto isla de calor.

6. En términos de PMV Zona A se desempeña casi igual que Zona B, sobre todo en el mes de abril, ya que para septiembre Zona B estaba un punto por encima de Zona A tanto en áreas de patio como de calle.

En líneas generales los valores entre las áreas de patio y de calle permanecieron sin variar mucho entre las zonas A y B, a veces solo había un punto de diferencia que solo confirmaba que el área de patio bajo sombra se desempeñaba mejor en Zona B que los tramos de calle y áreas bajo el sol. La Zona de Estacionamientos siempre marcó valores parecidos a los del área bajo el sol tanto de calle como de patio de Zona B posiblemente por la falta de elementos con altura que obstruyeran la radiación solar.

En su mayoría los valores más altos de PMV se obtuvieron a las 3:00 p.m. en todas las zonas, llegando Zona B y Zona Estacionamientos a medir 8 puntos.

Es importante mencionar que al observar los mapas de las simulaciones es claro que los valores más bajos reflejaban el dibujo de las sombras de los árboles y las edificaciones para cara hora del día y que solo entre las 9:00 a.m. y las 12:00 p.m. el tipo de superficie parecía tener una relevancia en las predicciones de sensación térmica. Cabe señalar que la escala de PMV va del -3 al +3, siendo 0 la sensación neutra, que significaría que una persona promedio no experimenta frío ni calor. Según las simulaciones realizadas ninguna de las zonas alcanza el valor de 0 durante todo el día, lo que significaría que ningún usuario podría alcanzar el confort térmico en exteriores durante el día, además el hecho de que después de las 9 a.m. todos los valores obtenidos están fuera de escala significaría que la sensación térmica sobrepasa en enorme medida el sofocamiento.

En un estudio dirigido por Toby Cheung en 2019 destaca que aunque el PMV es uno de los indicadores de confort térmico más usado existen discrepancias entre el PMV estimado y las encuestas dirigidas a usuarios en campo, acertando nada más el 34% de las predicciones; también, explica en su paper *“Analysis of the accuracy on PMV-PPD model using the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II”* que estas discrepancias se atribuyen principalmente a la teoría del confort adaptativo que comprende varios aspectos incluyendo la aclimatación, diferencia cultural, expectativa etc.

Finalmente, este estudio determina que la Zona A se desempeña mejor que los otros espacios en términos del confort térmico tanto en las áreas de calle como en las de patio. La Zona de Estacionamientos demostró ser el escenario con poca o inexistente habitabilidad durante el día, debido a que no hay sitios en dónde refugiarse de la radiación en el espacio público. Finalmente la Zona B muestra 2 microclimas completamente distintos en los que las áreas de patio tienen un comportamiento parecido al de Zona A y en ocasiones resulta más confortable, mientras que sus áreas de calle tienen un comportamiento térmico más parecido al de Zona de Estacionamientos y a veces llega a ser incluso menos tolerable.

Tomar en cuenta lo aprendido en este estudio permitirá a los diseñadores comprender qué factores y decisiones pueden afectar positivamente el microclima urbano, permitiendo de esta manera un acercamiento al diseño bioclimático. Entre los potenciales beneficios del bioclimatismo se encuentran: La prevención de los efectos del Cambio Climático y la mejora de las condiciones de confort urbano. Esto motivará la movilidad peatonal que por consecuencia reducirá la necesidad del uso de transporte motorizado y afectará las emisiones de gases de efecto invernadero. El uso activo del espacio público también motivará al usuario a vivir una vida más saludable y menos sedentaria que por consecuencia tendrá una influencia positiva en la salud física y mental.

Capítulo VII: propuesta

7.1 Propuesta de estrategias urbanas

El clima tropical húmedo es un clima bastante desafiante en términos de encontrar el confort térmico de manera pasiva. La combinación de las temperaturas altas y niveles de humedad relativa altos impiden a los usuarios del espacio realizar con facilidad medidas naturales de termorregulación como la sudoración; lo que puede llevar a la sofocación y en casos extremos a desarrollar hipertermia y al golpe de calor. Afortunadamente hay una serie de medidas aplicables al diseño urbano que han demostrado disminuir los efectos de la incomodidad térmica en un espacio.

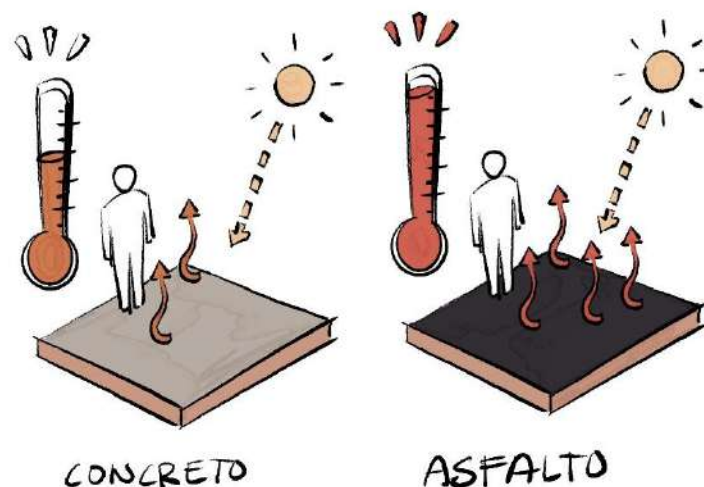
Estrategias:

Realizar una selección cuidadosa de materiales impermeables para las superficies:

Este estudio evaluó la influencia de los pavimentos existentes en el área de estudio para determinar cómo afectan al microclima de las zonas.

En principio se encontraron dos tipos distintos: concreto y asfalto, siendo el concreto la opción más viable para el clima tropical húmedo ya que es un material claro y refleja la radiación. Por otra parte, el asfalto es un material que absorbe mucha radiación por su color y textura durante todo el día, posteriormente esta radiación es expulsada durante la noche manteniendo el espacio urbano caliente aunque no haya radiación directa sobre las superficies. La radiación difusa emitida por esta superficie puede afectar directamente a la temperatura del aire y esta afecta a las áreas con cobertura vegetal lo cual afecta su desempeño en el confort térmico.

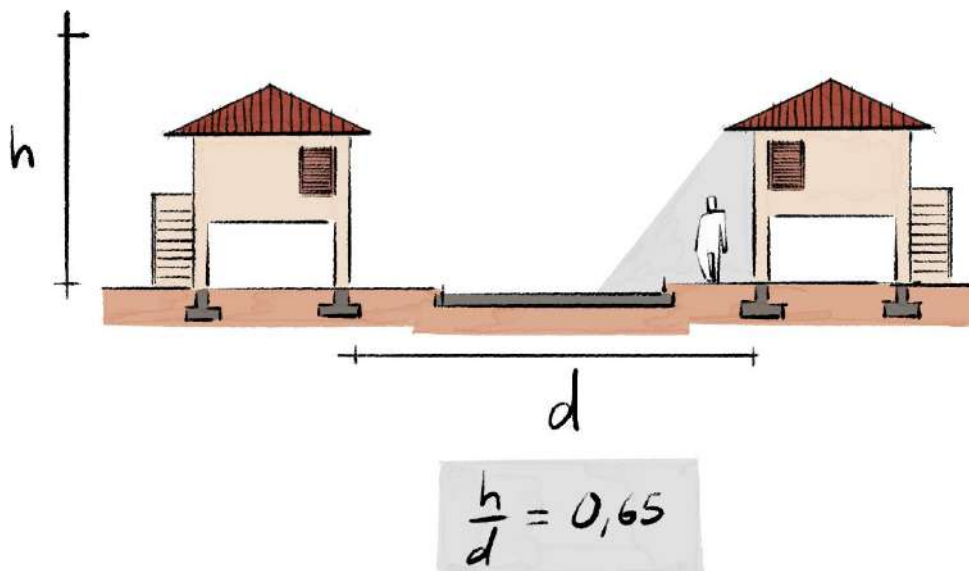
FIGURA 148. Temperatura de las superficies



Recomendaciones para el factor h/d:

Es casi inevitable que un suburbio ubicado en un clima tropical húmedo tenga un valor bajo de h/d, lo que garantiza prácticamente el asoleamiento de la edificación y la calle durante todo el día. Desde el punto de vista arquitectónico la solución es añadir aleros a la vivienda y desde el punto de vista urbanístico tener edificaciones de hasta tres alturas para el suburbio o añadir árboles puede hacer el efecto de apantallamiento sobre los usuarios del espacio público. Según el estudio realizado el factor h/d de alrededor 0.65 es ideal para el suburbio ya demostró tener un efecto significativo con respecto a la reducción del calor urbano en comparación con valores de 0.20 o menos.

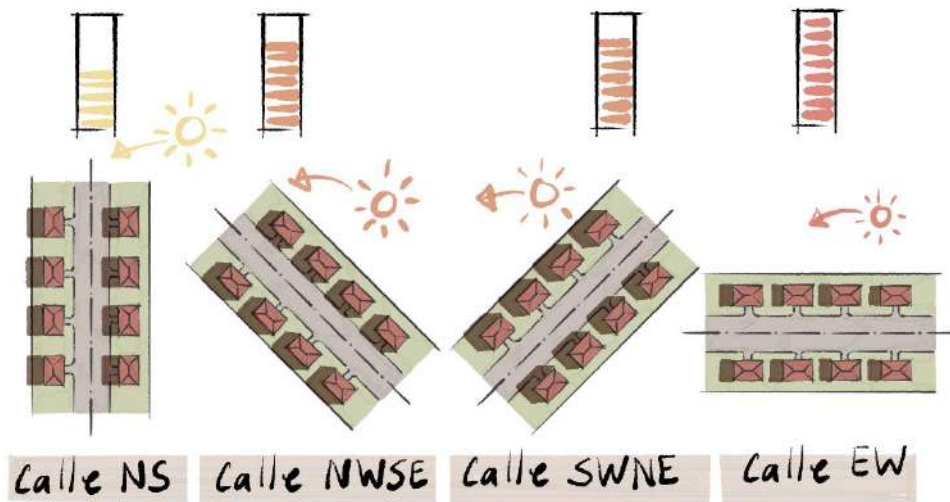
FIGURA 149. Factor h/d



Orientación de las calles:

Dependiendo de cómo se orientan las calles que crean la trama urbana estas reciben más o menos radiación durante el día. Ya que en el clima tropical húmedo todo se trata de disminuir la captación de radiación solar durante el día, la orientación óptima debe ser capaz de hacer a los elementos con altura como árboles o edificaciones generar sombras en los espacios exteriores de interés. Basándonos en esto, la mejor opción para orientar las calles más transitadas peatonalmente es la Norte - Sur, seguida por la Sureste – Noroeste y la Suroeste - Noreste y finalmente, siendo esta la menos recomendable, la orientación Este - Oeste.

FIGURA 150. Orientación de las calles



Predominio de cobertura vegetal sobre pavimentos:

Más superficies vegetales generan más frescura por la evaporación de la humedad contenida en ellas y produce una disminución del balance del calor en la ciudad. Para la Zona A, el escenario de estudio con mejor desempeño térmico, la porción de cobertura vegetal representa aproximadamente un 70% contra un 30% de vialidad y huella de los edificios.

FIGURA 151. Porcentaje de cobertura vegetal

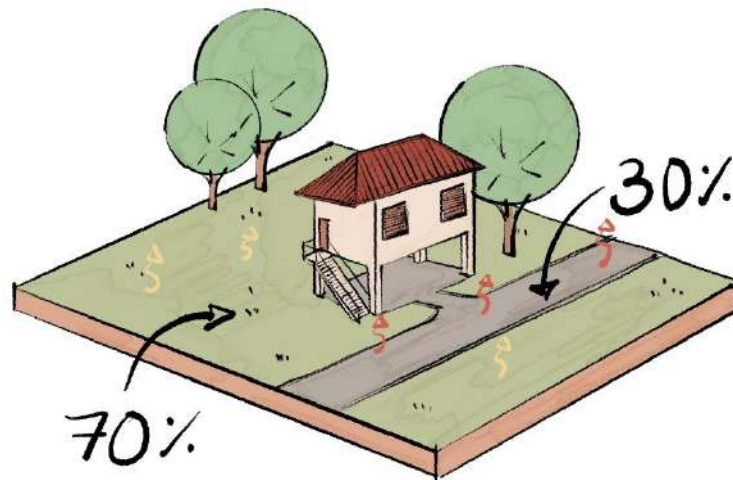
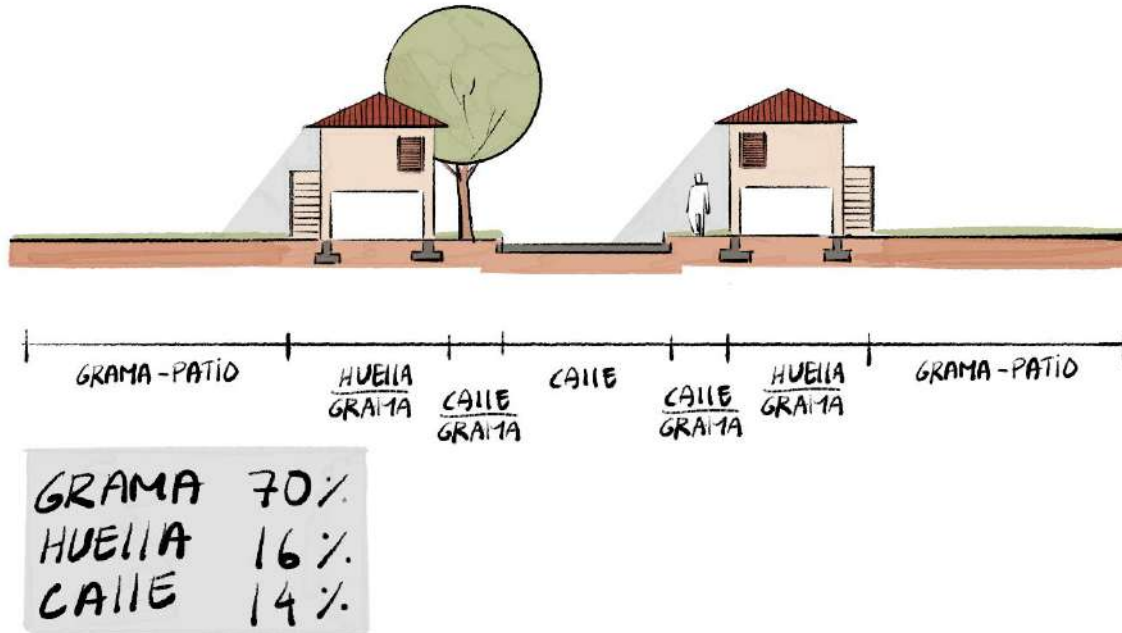


FIGURA 152. Porcentajes en sección de calle



Maximización de las áreas con sombra:

Según los datos de las simulaciones, en ningún espacio exterior se alcanza realmente el confort térmico durante el día. A pesar de esto las áreas con sombra durante el día demostraron ser las más benévolas. La sombra evita que la radiación directa haga contacto con una superficie, por lo que no la absorberá y por consecuencia no la irradiará al aire posteriormente.

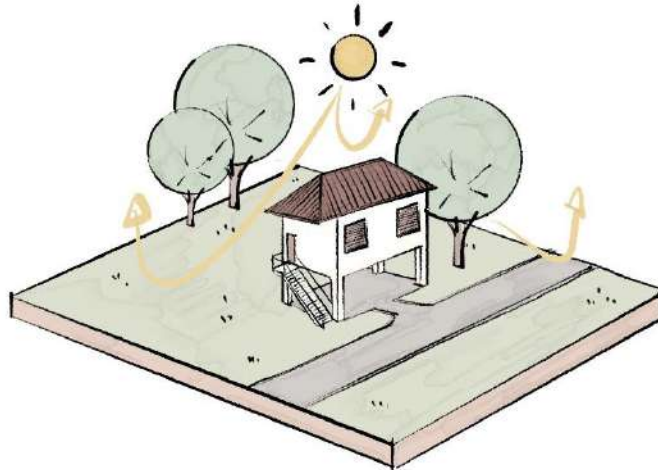
FIGURA 153. Áreas de sombra



Utilización de colores claros en edificaciones exteriores:

Los colores claros reflejan la radiación en lugar de absorberla por lo que su temperatura superficial siempre será más baja que la de una superficie de material oscuro y por consecuencia influirá menos en la transferencia de calor con el aire.

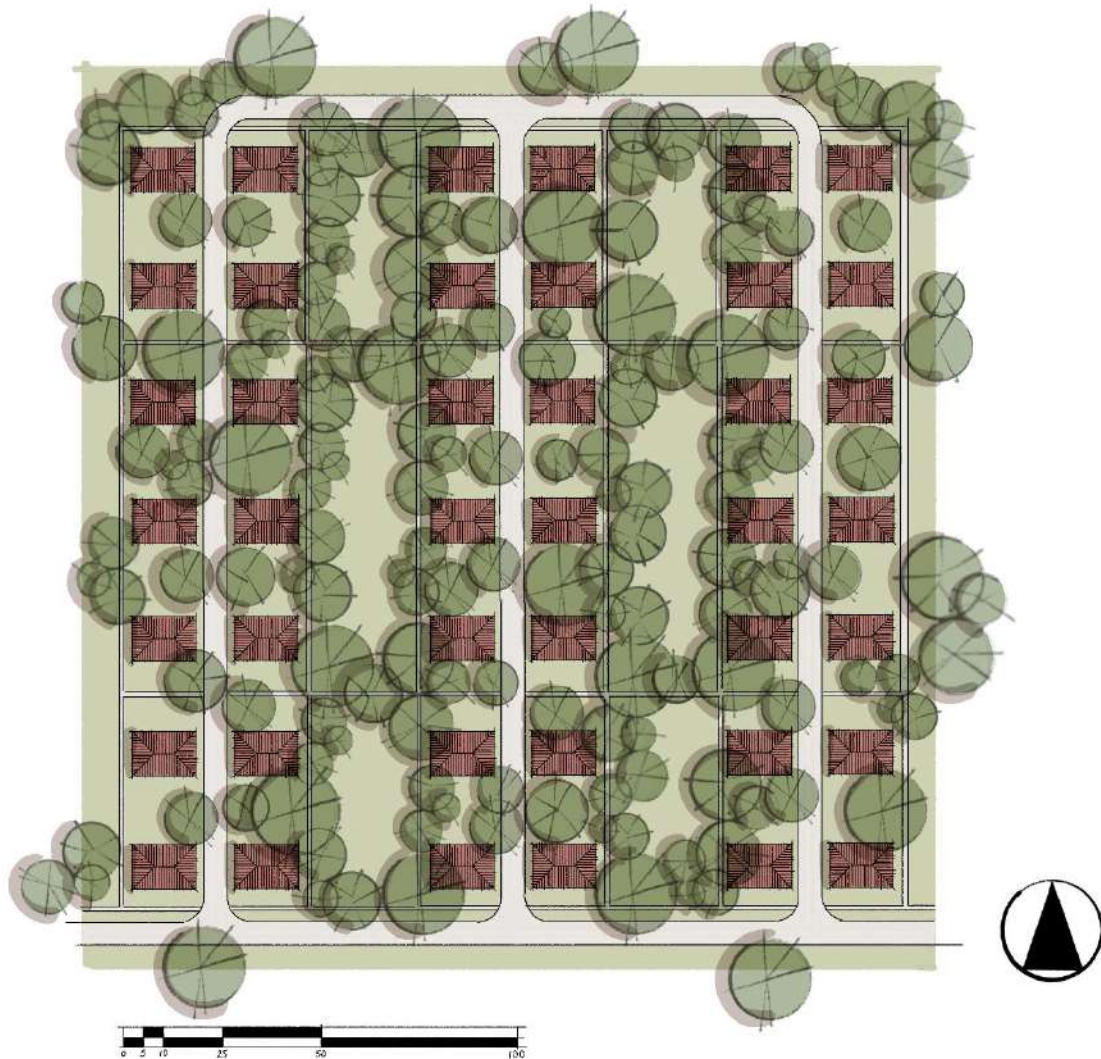
FIGURA 154. Uso de colores claros en exteriores



7.2 Propuesta esquemática de modelo urbano

En esta sección se mostrará una aplicación de las estrategias urbanas explicadas en el punto 7.1. cuyo objetivo es mitigar el efecto isla de calor al máximo.

FIGURA 155. Master plan con propuesta de diseño



Este modelo está colocado imaginariamente en Clayton, por lo que aplican las condiciones climáticas explicadas anteriormente en el documento.

En principio se propone un diseño de retícula rectangular con calles principales orientadas en la dirección NS; la razón principal es el asoleamiento, pues con esta orientación las edificaciones y árboles colocados perimetralmente generan sombras sobre las calles y patios interiores durante algunas horas del día con el fin de crear la

posibilidad de confort térmico en espacios públicos y otros espacios exteriores durante los meses más calientes del año en Panamá.

FIGURA 156. Master plan que muestra la sombra arrojada por las edificaciones y árboles a las 9:00 a.m.

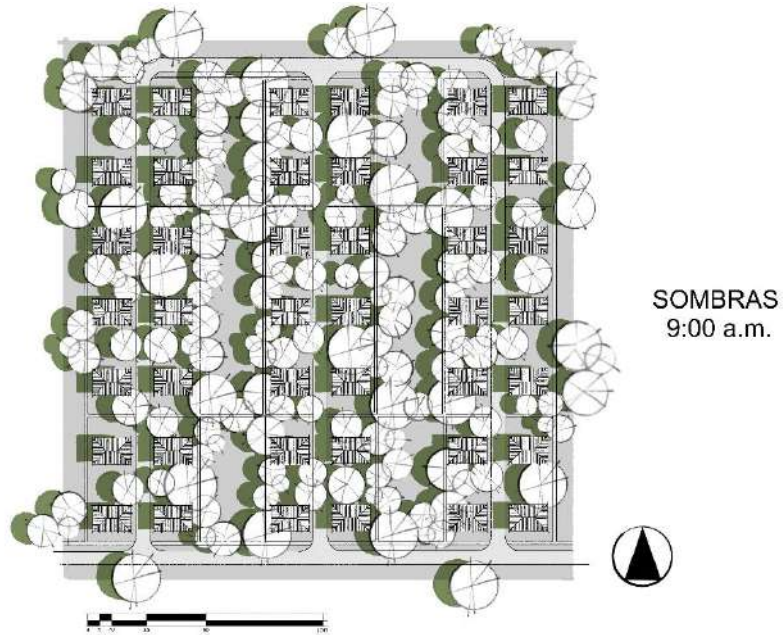


FIGURA 157. Master plan que muestra la sombra arrojada por las edificaciones y árboles a las 12:00 p.m.

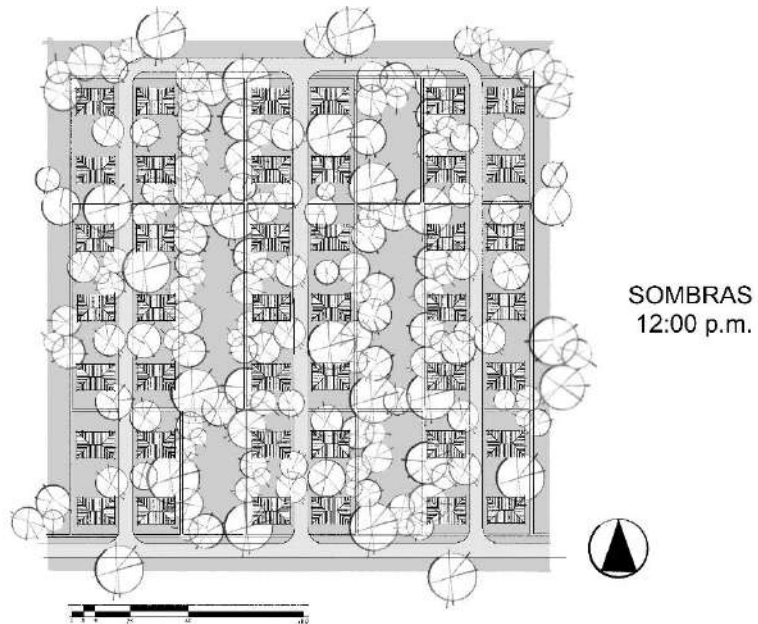
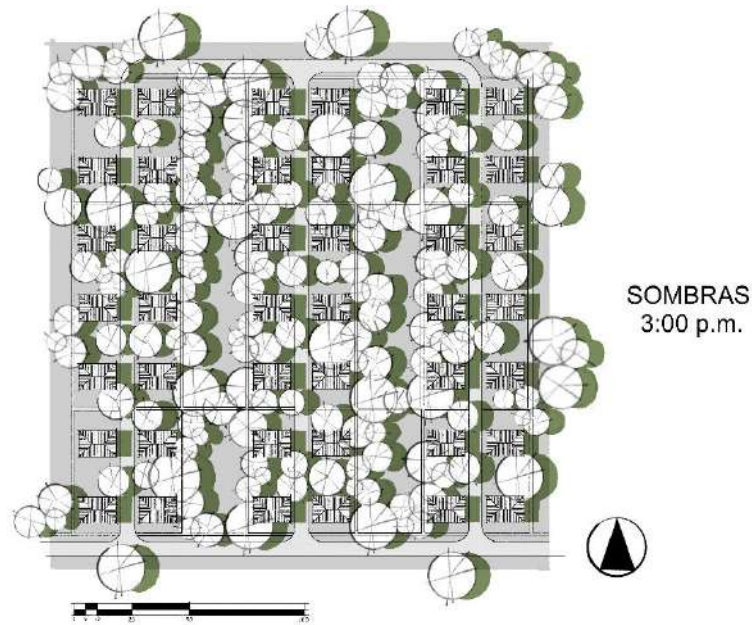


FIGURA 158. Master plan que muestra la sombra arrojada por las edificaciones y árboles a las 3:00 p.m.



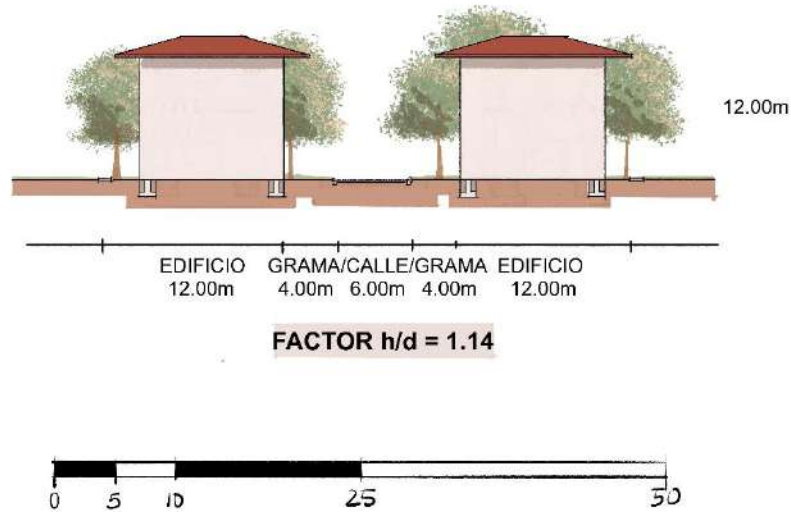
Se mantiene un predominio de cobertura vegetal sobre cobertura impermeable dándole aproximadamente un 70% a la vegetación y un 30% a la huella del edificio y la vialidad juntos. La cobertura vegetal estará compuesta por árboles y césped y la vialidad y acera estarán hechas de “cool pavement”, que no es más que un tipo de pavimento con aditivos que lo hacen reflectante y esto impide que la radiación penetre y se almacene en las calles y aceras. Se propone una marca que se llama CoolSeal que asegura que su producto cumple con los requisitos de reflectividad de LEED de hasta un 33%, que mejora el confort y la seguridad para las personas y animales en donde se coloque. También está hecho a base de asfalto, seca como un gris mate claro, no causa deslumbramiento en las personas durante el día y mejora la visibilidad durante la noche. Actualmente se utiliza este producto en las calles de California donde el efecto isla de calor es más fuerte, con el fin de bajar las temperaturas lo máximo posible para el 2035.

Los materiales escogidos son de colores claros tanto para las edificaciones como para el concreto que se propone de pavimento.

Las circulaciones se mantienen en las áreas de patio imitando el modelo de Zona A, con el fin de promover el desplazamiento peatonal y las actividades al aire libre, ya que en estos espacios se genera el microclima más favorable.

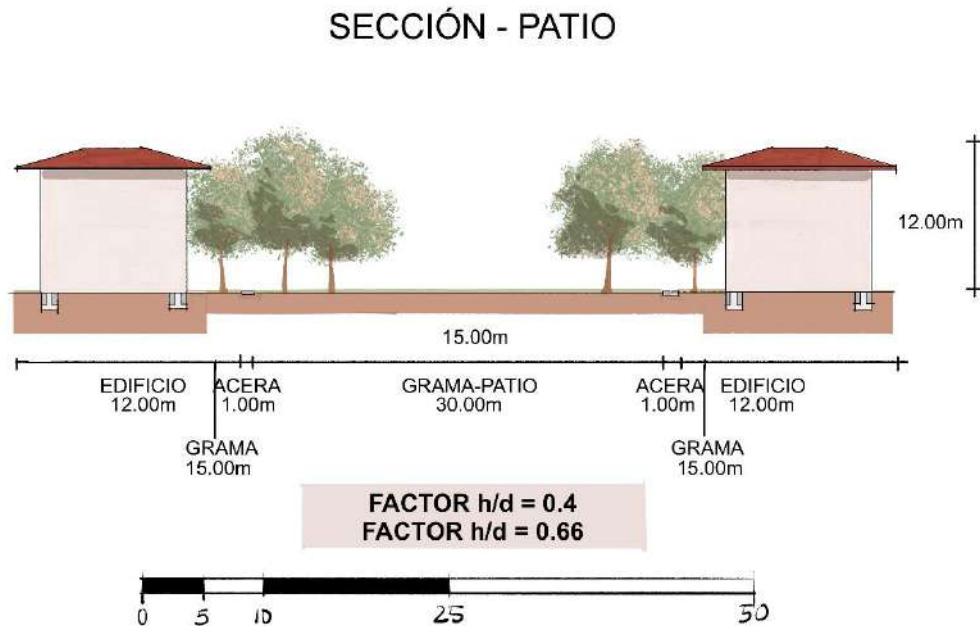
FIGURA 159. Sección de calle de la propuesta

SECCIÓN - CALLE



Para la sección del tramo de calle se buscó un factor h/d por encima de 1.14 ya que los espacios que superaban el valor 0.6 demostraron tener mejor desempeño térmico en el estudio que los otros por debajo. Con esto la intención es permitir que las edificaciones y árboles obstruyan la mayor cantidad de radiación durante el día sobre la calle para que las superficies impermeables no absorban tanto calor, pues generan más áreas con sombra y por consecuencia se reduce la temperatura del aire.

FIGURA 160. Sección de patio de la propuesta



Al igual que con la sección de calle en la sección de patio se buscó un factor h/d por encima de 0.65. Ya que es importante tener un porcentaje alto de cobertura de suelo vegetal, reducir los patios no era una opción viable. Finalmente, se propone que los elementos generadores de sombra sean los árboles, colocándolos a una distancia que permita mantener un factor h/d alto, siendo 15 m de distancia horizontal vs. 12 m de distancia vertical suficientes para esta propuesta.

Es importante destacar que los árboles colocados en la propuesta son esquemáticos, pero se recomienda que sean árboles perennes y que tengan raíces no invasivas.

Recomendaciones

A principios del 2020 se inició la toma de parámetros en campo con la finalidad de utilizarlos en la tesis en conjunto con las simulaciones por computadora, pero por temas de cuarentena forzosa por la pandemia en marzo del 2020 debido al Covid-19, la fase de campo tuvo que ser descartada y el proyecto en general tuvo que ser replanteado.

Es recomendable que quien continúe o retome las intenciones de este estudio se enfoque en crear una versión solo de campo y que determine qué diferencias existen entre ambos métodos.

Algo que sin duda pudiese complementar este trabajo es la simulación del modelo de aplicación en el punto 7.2 con el fin de dar fuerza a los argumentos de la propuesta.

Otro punto importante sería la corroboración de algunos datos históricos. Al visitar el antiguo Fuerte Clayton, generalmente, se genera la impresión de que los estadounidenses diseñaron este lugar con absoluto cuidado y toda clase de medidas de adaptación al trópico. Una de las importantes observaciones hechas en base a este estudio trata de la selección de pavimento de asfalto en gran parte de las calles ya que es una medida contraria a los lineamientos del bioclimatismo tropical.

Referencias bibliográficas

Chávez, F. (2002). *Zona Variable de Confort Térmico*. Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I.

Cheung, T., Schiavon, S., Parkinson, T., Peixian, K., & Branger, G. (2019). *Analysis of the accuracy on PMV-PPD model using the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II*. Building and Environment. Publicado.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.01.055>

CIHH. (2011). *Medición de variables meteorológicas y su aplicación en la prevención de desastres: Experiencia motivadora para el estudio de las ciencias en escuelas de nivel medio*. <https://www.hidromet.com.pa>

Echave, C. (2007). *VERdes de la Ciudad, Potencial de habitabilidad térmica en espacios urbanos*. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Cataluña.

Gómez-Azpeitia, L., Gómez, A., López, P., & Moreno, R. (2006). *Adaptación del índice Humidex para el clima de la ciudad de Colima, México, de acuerdo con el enfoque adaptativo, Estudios de arquitectura bioclimática*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Guan, K. (2011). *Surface and Ambient Air Temperatures Associated with Different Ground Material: a Case Study at the University of California, Berkeley*.

Hernández, A. (2007). *Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.

Higueras, E. (1998). *Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*. Instituto Juan de Herrera. Faster.

Higueras, E. (2006). *Urbanismo bioclimático*. Gustavo Gili.

Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. (1988). *Atlas Nacional De Panamá 1988*. Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia.

Jones, P. (2009). *Thermal Comfort Factors in Hot and Humid Region: Malaysia*. Welsh School of Architecture, Cardiff University.

McMichael, A. (2003). *Global Climate change and health: an old story writ large*. National Centre for Epidemiology and Population Health, The Australian National University.

Olgay, V. (1963). *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.* Princeton University Press.

Sánchez, N. (1976). *Introducción a la meteorología.* Instituto colombiano de hidrología y adecuación de tierras. Ministerio de agricultura.

Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural.* Edicions UPC.

Sosa, M., & Siem, G. (2004). Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico. C.A. La Electricidad de Caracas.

Tejeira, E. (2010). *Ciudad del Saber: Un legado en construcción.* Printer Colombiana S. A.