



**DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO  
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño**

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN PARA  
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CLIMA CÁLIDO SECO,  
CON BASE EN CONSUMOS ELÉCTRICOS**

Sitio de Estudio: **HERMOSILLO, SONORA**

**Alma Florencia García Sotelo**

Tesis para optar por el grado de Maestro en diseño  
Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática

Miembros del jurado:

**Dr. Arq. Víctor Armando Fuentes Freixanet**  
Director de la Tesis

**Dra. Irene Marincic Lovriha**  
Codirectora de la Tesis

**Dr. José Diego Morales Ramírez**  
**Dr. José Manuel Ochoa de la Torre**  
**Dr. Aníbal Figueroa Castrejón**

México, D. F., junio de 2011

Con todo el amor para Alma Sotelo por ser mi guía,  
mi estímulo y mi apoyo incondicional.

A mi familia, especialmente a Florencia Heredia y  
Rebeca Sotelo por brindarme cobijo y compartir  
esta experiencia de vida.

A Carlos Ávila por su cariño y apoyo a cada  
momento.

A mis amigos antiguos y nuevos, por su presencia  
constante a mi lado

## **AGRADECIMIENTOS**

A CONACYT por otorgarme la beca para realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco por la confianza depositada en mi.

A mis maestros que durante todo este periodo compartieron sus conocimientos y calidad humana.

Al Dr. Víctor Fuentes y la Dra. Irene Marincinc, Director y Codirectora de la Tesis respectivamente, por su desinteresada y generosa labor de transmisión del saber, su inagotable entusiasmo y sus acertados consejos y sugerencias.

A mis sinodales: Dr. José Diego Morales Ramírez, Dr. José Manuel Ochoa de la Torre y Dr. Aníbal Figueroa Castrejón, por su disposición para formar parte de este proyecto.

## **SINOPSIS**

La intención principal de esta tesis es demostrar que en las viviendas de interés social ubicadas en sitios con climas cálidos extremos, se puede mejorar las condiciones interiores de confort térmico y reducir el consumo de energía eléctrica por el uso de equipos de climatización artificial, si se aplican principios de arquitectura bioclimática.

En este sentido, se seleccionó a la Ciudad de Hermosillo, Sonora, como marco referente de este tipo de clima. A partir de la evaluación a una vivienda de interés social tipo, ubicada en esta localidad, se realiza una propuesta que combina varias estrategias aplicadas a la construcción existente para mejorar su comportamiento térmico y de consumo eléctrico por uso de aire acondicionado (A/A).

Finalmente se evaluó la vivienda que integra las estrategias propuestas, considerando el consumo por operación y el monto total invertido para las mejoras, teniendo como resultado el tiempo en el que dicha inversión puede ser recuperada; todo esto sustentado por los beneficios que se obtendrán al implementar las propuestas.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN .....	3
I. Planteamiento del problema .....	3
II. Hipótesis.....	4
III. Objetivos .....	5
IV. Justificación.....	5
V. Aportaciones al diseño .....	6
VI. Procedimiento metodológico .....	6
CAPÍTULO 1. Antecedentes.....	8
1.1. Arquitectura bioclimática .....	8
1.2. Climatización pasiva.....	10
1.3. Eficiencia energética .....	13
1.4. Viviendas de interés social.....	14
1.4.1. Características.....	15
1.4.2. Demanda .....	18
1.4.3. La Energía en la vivienda: .....	20
1.5. Análisis y evaluación económica.....	22
1.6. Antecedentes de estudios sobre el tema .....	23
CAPÍTULO 2. Clima de Hermosillo, Sonora, y estrategias de diseño .....	31
2.1. Generalidades de la localidad .....	31
2.2. Análisis climático y clasificación bioclimática de Hermosillo .....	32
2.2.1. Temperatura .....	32
2.2.2. Humedad relativa.....	34
2.2.3. Precipitación y evaporación.....	35
2.2.4. Índice ombrotérmico .....	36

2.2.5.	Días grado .....	36
2.2.6.	Radiación solar .....	37
2.2.7.	Nubosidad .....	38
2.2.8.	Viento .....	39
2.2.9.	Índice térmico Humidex .....	40
2.2.10.	Índice térmico Australiano .....	41
2.2.11.	Zona de confort térmico mensual .....	41
2.2.12.	PMV (voto promedio pronosticado) y porcentaje de insatisfacción para Hermosillo.....	42
2.3.	Estrategias de diseño bioclimático .....	44
2.3.1.	Triángulos de confort.....	44
2.3.2.	Carta bioclimática .....	46
2.3.3.	Carta psicrométrica.....	48
2.3.4.	Temperatura efectiva corregida (Máxima) .....	50
2.3.5.	Temperatura horaria .....	51
2.3.6.	Humedad horaria .....	52
2.3.7.	Radiación solar horaria.....	54
2.4.	Conclusiones sobre el clima y las estrategias.....	55
2.4.1.	Caracterización del clima anual.....	57
2.5.	Indicadores de Mahoney .....	59
2.6.	Definición de estrategias básicas de diseño .....	61
CAPÍTULO 3. Estudio de caso: Vivienda de interés social en Hermosillo .....		63
3.1.	Selección de vivienda de interés social a estudiar .....	63
3.1.1.	Localización de la vivienda .....	68
3.1.2.	Características de la Vivienda .....	68
3.1.3.	Materiales y sistemas constructivos .....	70
3.2.	Simulación digital de la vivienda de interés social seleccionada.....	71
3.3.	Evaluación de la vivienda.....	73
3.3.1.	Análisis de sombras.....	73

3.3.2.	Comportamiento térmico .....	79
3.3.3.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	82
3.3.4.	Consumo eléctrico .....	84
CAPÍTULO 4. Propuesta bioclimática para la vivienda de interés social .....		90
4.1.	Aplicación de estrategias bioclimáticas .....	90
4.2.	Protección solar en ventanas .....	92
4.2.1.	Análisis de sombras.....	93
4.2.2.	Análisis de temperaturas .....	101
4.2.3.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	101
4.3.	Aislamiento en losa .....	104
4.3.1.	Análisis de temperaturas .....	105
4.3.2.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	105
4.4.	Superficies exteriores blancas .....	106
4.4.1.	Análisis de temperaturas .....	108
4.4.2.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	109
4.5.	Aislamiento en la losa y en todos los muros .....	110
4.5.1.	Análisis de temperaturas .....	111
4.5.2.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	112
4.6.	Aislamiento en muros sur.....	113
4.6.1.	Análisis de temperaturas .....	114
4.6.2.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	115
4.7.	Evaluación de vivienda bioclimática .....	116
4.7.1.	Análisis de temperaturas .....	119
4.7.2.	Análisis de pérdidas y ganancias.....	121
Capítulo 5. Evaluación de consumo eléctrico .....		123
5.1.	Análisis del consumo eléctrico para los modelos evaluados.....	123
5.1.1.	Protección solar en ventanas.....	124
5.1.2.	Aislamiento en losa.....	125

5.1.3.	Superficies exteriores blancas.....	126
5.1.4.	Aislamiento en la losa y en todos los muros.....	127
5.1.5.	Aislamiento en muros sur .....	128
5.2.	Consumos de la vivienda propuesta .....	129
5.3.	Comparación entre el consumo eléctrico de la vivienda de interés social estudiada y la propuesta.....	132
5.3.1.	Costo del consumo según tarifa local .....	132
CAPÍTULO 6. Evaluación económica.....		136
6.1.	Costos de inversión.....	136
6.2.	Costos de operación .....	139
6.2.1.	Análisis con tarifa 1F subsidiada en verano .....	139
6.2.2.	Análisis con tarifa 1F sin subsidio de verano.....	140
6.3.	Análisis de recuperación .....	142
6.3.1.	Evaluación con tarifa 1F subsidiada en verano .....	142
6.3.2.	Evaluación con tarifa 1F sin subsidio de verano.....	146
6.4.	Análisis paramétrico.....	148
6.4.1.	Evaluación con tarifa 1F subsidiada en verano .....	148
6.4.2.	Evaluación con tarifa 1F sin subsidio de verano.....	149
6.5.	Beneficios de la propuesta.....	151
CONCLUSIONES.....		152
RECOMENDACIONES .....		155
REFERENCIAS.....		156
ANEXO 1. Datos climáticos de Hermosillo, Sonora .....		159
ANEXO 2. Modelos de vivienda resultado del filtro de selección .....		161
ANEXO 3. Horario de ocupación y tipo de operación de cada espacio.....		163
ANEXO 4. Usos y horarios típicos de los equipos electrodomésticos y de iluminación.....		165



ANEXO 5. Análisis mensual del comportamiento de pérdidas y ganancias en los espacios (ejemplo recámara) .....	170
ANEXO 6. Materiales aislantes y Poliuretano Esparado como elección .....	174
ANEXO 7. Análisis unitario de los conceptos de obra propuestos .....	188
CURRICULUM VITAE .....	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del Documento de Tesis .....	2
Figura 2. Metodología a seguir.....	7
Figura 3. Edificación como regulador térmico .....	9
Figura 4. Interacción entre el espacio y el clima.....	9
Figura 5. Dispositivos de control pasivos .....	11
Figura 6. Distribución de la demanda potencial por entidad federativa, 2008 .....	20
Figura 7. Localización geográfica de Hermosillo, Sonora .....	31
Figura 8. Triangulo de confort (zonas de confort térmico).....	44
Figura 9. Triángulos de confort (estrategias de diseño propuestas).....	45
Figura 10. Carta bioclimática, Hermosillo, Sonora. ....	46
Figura 11. Carta psicrométrica, Hermosillo, Sonora.....	48
Figura 12. Temperatura efectiva corregida .....	50
Figura 13. Localización de la vivienda.....	68
Figura 14. Fachada principal HMO4-N y fachada posterior HMO4-N .....	68
Figura 15. Alzado frontal HMO4-N .....	69
Figura 16. Corte longitudinal HMO4-N .....	69
Figura 17. Planta arquitectónica HMO4-N.....	69
Figura 18. Sistema constructivo muro HMO4-N.....	70
Figura 19. Sistema constructivo losa HMO4-N.....	70
Figura 20. Modelo digital de la vivienda HMO4-N .....	71
Figura 21. Modelo digital integrado de la vivienda HMO4-N .....	73
Figura 22. Diagrama estereográfico verano, ventana de recámara HMO4-N .....	73
Figura 23. Diagrama estereográfico invierno, ventana de recámara HMO4-N.....	75
Figura 24. Diagrama estereográfico verano, ventana de s-c-c HMO4-N.....	76
Figura 25. Diagrama estereográfico invierno, ventana de s-c-c HMO4-N .....	77
Figura 26. Elemento de protección solar para venta sur, corte y planta.....	92
Figura 27. Elemento de protección solar para ventanas norte, corte y planta.....	93
Figura 28. Ubicación de las ventanas a las que se les aplicó la protección solar. ....	93

Figura 29. Ventana de recámara con protección solar en verano .....	94
Figura 30. Diagrama estereográfico verano, ventana de recámara con protección solar .....	94
Figura 31. Ventana de recámara con protección solar en invierno .....	95
Figura 32. Diagrama estereográfico invierno, ventana de recámara con protección solar .....	96
Figura 33. Ventana de s-c-c con protección solar en verano .....	98
Figura 34. Diagrama estereográfico verano, ventana de s-c-c con protección solar .....	98
Figura 35. Ventana de s-c-c con protección solar en invierno .....	99
Figura 36. Diagrama estereográfico invierno, ventana de s-c-c con protección solar .....	99
Figura 37. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 2" en losa .....	104
Figura 38. Ubicación de la aplicación del aislamiento con poliuretano esparado de 2" en losa.....	104
Figura 39. Corte esquemático de la superficie blanca en losa .....	107
Figura 40. Corte esquemático de la superficie blanca en muro.....	107
Figura 41. Ubicación de superficies blancas para losa y muros exteriores .....	107
Figura 42. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 2" en losa .....	110
Figura 43. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 1" en muros exteriores.....	110
Figura 44. Ubicación de la aplicación del aislamiento con poliuretano esparado de 2" en losa y de 1" para muros exteriores .....	111
Figura 45. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 1" en muros exteriores de la fachada sur .....	113
Figura 46. Ubicación de la aplicación del aislamiento con poliuretano esparado de 1" para muros exteriores de la fachada sur .....	114
Figura 47. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 2" y pintura blanca en losa .....	117

Figura 48. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 1" y pintura blanca en muros exteriores de la fachada sur (caso prototipo post-construcción).....	117
Figura 49. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparado de 1" y pintura blanca en muros exteriores de la fachada sur (caso prototipo pre-construcción).....	117
Figura 50. Corte esquemático de la superficie blanca en muro exterior.....	118
Figura 51. Elemento de protección solar norte y sur, corte .....	118
Figura 52. Elemento de protección solar norte y sur, planta .....	118
Figura 53. Ubicación del aislamiento con poliuretano esparado para muros exteriores de la fachada sur y losa, pintura blanca para todas las superficies y protección solar en ventanas.....	119
Gráfica 1. Grupos de edad en México.....	18
Gráfica 2. Número de hogares en México 2004-2020.....	19
Gráfica 3. Consumo energético en México por sector.....	20
Gráfica 4. Consumo de energía del sector residencia, (vivienda), comercio y público...21	
Gráfica 5. Energéticos utilizados en las viviendas.....	21
Gráfica 6. Temperatura ambiente de Hermosillo, Sonora .....	33
Gráfica 7. Humedad relativa de Hermosillo, Sonora. ....	34
Gráfica 8. Precipitación y evaporación de Hermosillo, Sonora.....	35
Gráfica 9. Índice ombrotérmico de Hermosillo, Sonora .....	36
Gráfica 10. Días grado para Hermosillo, Sonora.....	37
Gráfica 11. Radiación solar de Hermosillo, Sonora.....	37
Gráfica 12. Nubosidad de Hermosillo, Sonora. ....	38
Gráfica 13. Viento en Hermosillo, Sonora. ....	39
Gráfica 14. Rosa de los vientos, promedio anual, Hermosillo, Sonora.....	39
Gráfica 15. Índice térmico Humidex para Hermosillo, Sonora.....	40
Gráfica 16. Índice térmico Australiano para Hermosillo, Sonora. ....	41
Gráfica 17. Zona de confort térmico mensual, Hermosillo, Sonora. ....	42
Gráfica 18. PMV para Hermosillo, Sonora.....	43

Gráfica 19. Porcentaje de Insatisfacción para Hermosillo, Sonora.....	43
Gráfica 20. Porcentajes de estrategias de carta bioclimáticas .....	47
Gráfica 21. Porcentajes de estrategias de carta psicrométrica .....	49
Gráfica 22. Porcentajes de temperaturas.....	52
Gráfica 23. Porcentajes de humedad .....	53
Gráfica 24. Porcentajes de consumo eléctrico y rangos de consumo.....	64
Gráfica 25. Porcentajes de modelos de viviendas.....	64
Gráfica 26. Porcentajes de orientación y de tipos de equipos .....	65
Gráfica 27. Porcentajes de modelos de viviendas y de tipos de equipos.....	66
Gráfica 28. Porcentajes de modelos de viviendas con A/A .....	66
Gráfica 29. Grupo de características para clasificación .....	67
Gráfica 30. Temperatura de verano, HMO4-N .....	80
Gráfica 31. Temperatura de invierno, HMO4-N.....	81
Gráfica 32. Consumo eléctrico mensual simulado HMO4-N .....	87
Gráfica 33. Porcentaje de consumo eléctrico anual HMO4-N .....	88
Gráfica 34. Porcentaje de consumo eléctrico por temporada HMO4-N.....	89
Gráfica 35. Consumo eléctrico de A/A en verano HMO4-N .....	89
Gráfica 36. Temperatura de invierno y de verano + protección solar .....	101
Gráfica 37. Temperatura de invierno y de verano + poliuretano espreado en losa .....	105
Gráfica 38. Temperatura de invierno y de verano + superficies blancas.....	108
Gráfica 39. Temperatura de invierno y de verano + poliuretano espreado en losa y muros .....	111
Gráfica 40. Temperatura de invierno y de verano + poliuretano espreado en muros sur .....	114
Gráfica 41. Temperatura de invierno, vivienda prototipo.....	119
Gráfica 42. Temperatura de verano vivienda prototipo .....	120
Gráfica 43. Consumo eléctrico mensual, protección solar .....	124
Gráfica 44. Consumo por operación del A/A en verano, protección solar .....	125
Gráfica 45. Consumo eléctrico mensual, poliuretano espreado de 2" en losa .....	125

Gráfica 46. Consumo por operación del A/A en verano, poliuretano espreado de 2" en losa.....	126
Gráfica 47. Consumo eléctrico mensual, superficies blancas .....	126
Gráfica 48. Consumo por operación del A/A en verano, superficies blancas .....	127
Gráfica 49. Consumo eléctrico mensual, poliuretano espreado en losa y muros.....	127
Gráfica 50. Consumo por operación del A/A en verano, poliuretano espreado en losa y muros .....	128
Gráfica 51. Consumo eléctrico mensual, poliuretano espreado en muros sur .....	128
Gráfica 52. Consumo por operación del A/A en verano, poliuretano espreado en muros sur .....	129
Gráfica 53. Consumo eléctrico mensual, prototipo.....	130
Gráfica 54. Consumo por operación del A/A en verano, prototipo .....	130
Gráfica 55. Consumo eléctrico mensual, prototipo + ¾ ton SEER 10 .....	131
Gráfica 56. Consumo por operación del A/A en verano, prototipo + ¾ ton SEER 10...	131
Tabla 1. Clasificación de vivienda según superficie .....	15
Tabla 2. Segmentación de la vivienda.....	16
Tabla 3. Dimensión de los lotes .....	17
Tabla 4. Características de los sistemas constructivos .....	17
Tabla 5. Temperatura efectiva corregida.....	51
Tabla 6. Temperatura horaria de Hermosillo, Sonora. ....	51
Tabla 7. Humedad horaria de Hermosillo, Sonora. ....	53
Tabla 8. Radiación solar horaria de Hermosillo, Sonora. ....	54
Tabla 9. Caracterización del clima anual de Hermosillo, Sonora. ....	57
Tabla 10. Indicadores de Mahoney para Hermosillo, Sonora.....	59
Tabla 11. Estrategias de Mahoney para Hermosillo, Sonora. ....	60
Tabla 12. Matriz de climatización para Hermosillo, Sonora.....	61
Tabla 13. Horario de uso de electrodomésticos .....	72
Tabla 14. Porcentaje de sombreado en verano para ventana de recámara HMO4-N....	74

Tabla 15. Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de recámara HMO4-N..	75
Tabla 16. Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de recámara HMO4-N..	76
Tabla 17. Porcentaje de sombreado en verano para ventana de s-c-c HMO4-N.....	77
Tabla 18. Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de s-c-c HMO4-N .....	78
Tabla 19. Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de s-c-c HMO4-N.....	79
Tabla 20. Registro de pérdidas y ganancias para recámara HMO4-N .....	83
Tabla 21. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c HMO4-N .....	84
Tabla 22. Registro de consumo eléctrico real HMO4-N .....	85
Tabla 23. Relación entre SEER REEE .....	86
Tabla 24. Registro de consumo eléctrico mensual simulado HMO4-N .....	87
Tabla 25. Registro de consumo eléctrico por temporada, simulado HMO4-N.....	88
Tabla 26. Porcentaje de sombreado en verano para ventana de recámara con protección solar .....	95
Tabla 27. Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de recámara con protección solar .....	96
Tabla 28. Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de recámara con protección solar .....	97
Tabla 29. Porcentaje de sombreado en verano para ventana de s-c-c con protección solar .....	98
Tabla 30. Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de s-c-c con protección solar .....	100
Tabla 31. Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de s-c-c con protección solar .....	100
Tabla 32. Registro de pérdidas y ganancias para recámara + protección solar .....	102
Tabla 33. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + protección solar .....	102
Tabla 34. Registro de pérdidas y ganancias para recámara + protección solar, $Q_g=0$	103
Tabla 35. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + protección solar, $Q_g=0$ .....	103
Tabla 36. Registro de pérdidas y ganancias para recámara + poliuretano esparado en losa.....	105

Tabla 37. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + poliuretano esreado en losa .....	106
Tabla 38. Registro de pérdidas y ganancias para recámara + superficies blancas.....	109
Tabla 39. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + superficies blancas .....	109
Tabla 40. Registro de pérdidas y ganancias para recámara + poliuretano esreado en losa y muros .....	112
Tabla 41. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + poliuretano esreado en losa y muros .....	113
Tabla 42. Registro de pérdidas y ganancias para recámara + poliuretano esreado en muros sur .....	115
Tabla 43. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + poliuretano esreado en muros sur .....	116
Tabla 44. Registro de pérdidas y ganancias para recámara prototipo .....	121
Tabla 45. Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c prototipo.....	121
Tabla 46. Tarifa de verano, para julio.....	133
Tabla 47. Tarifa fuera de verano, para diciembre.....	133
Tabla 48. Consumo y cuota mensual (Tarifa 1f con subsidio de verano).....	134
Tabla 49. Consumo y cuota mensual (Tarifa 1f sin subsidio de verano).....	135
Tabla 50. Importe unitario de aplicaciones .....	137
Tabla 51. Importe de propuesta II .....	139
Tabla 52. Consumo y cuota por operación (Tarifa 1f con subsidio de verano).....	139
Tabla 53. Consumo y cuota por operación (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	141
Tabla 54. Comparativa de las cuotas de consumo por operación anual con y sin subsidio .....	141
Tabla 55. Análisis de recuperación modelo real - 1ra parte (Tarifa 1f con subsidio de verano) .....	142
Tabla 56. Análisis de recuperación modelo real - 2da parte (Tarifa 1f con subsidio de verano) .....	143
Tabla 57. Análisis de recuperación modelo de apoyo - 1ra parte (Tarifa 1f con subsidio de verano) .....	144



Tabla 58. Análisis de recuperación modelo de apoyo - 2da parte (Tarifa 1f con subsidio de verano) .....	145
Tabla 59. Análisis de recuperación modelo real - 1ra parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	146
Tabla 60. Análisis de recuperación modelo real - 2da parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	146
Tabla 61. Análisis de recuperación modelo de apoyo - 1ra parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	147
Tabla 62. Análisis de recuperación modelo de apoyo - 2da parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	147
Tabla 63. Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 1ra parte (Tarifa 1f con subsidio de verano) .....	148
Tabla 64. Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 2da parte (Tarifa 1F completa).....	149
Tabla 65. Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 1ra parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	149
Tabla 66. Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 2da parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano) .....	150
Tabla 67. Recuperación de inversión de las propuestas con y sin subsidio.....	150

## INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este documento es mostrar, por medio de un análisis comparativo, que las viviendas de interés social ubicadas en sitios con climas cálidos extremos pueden mejorar las condiciones interiores de confort térmico y reducir su consumo de energía, si se aplican principios de arquitectura bioclimática para su funcionamiento.

El capítulo 1, “Antecedentes” tiene como objetivo dar a conocer las referencias de este documento, en el que se incluyen conceptos generales sobre arquitectura bioclimática, climatización pasiva y eficiencia energética, además, describe las características de la vivienda de interés social y de la evaluación económica. Muestra algunas investigaciones similares, las cuales fueron tomadas como referencias para el desarrollo de esta investigación.

El capítulo 2, “Clima de Hermosillo, Sonora y estrategias de diseño” parte de los datos generales de la ciudad en donde se desarrolla el estudio y presenta un análisis bioclimático y define propuestas básicas de diseño.

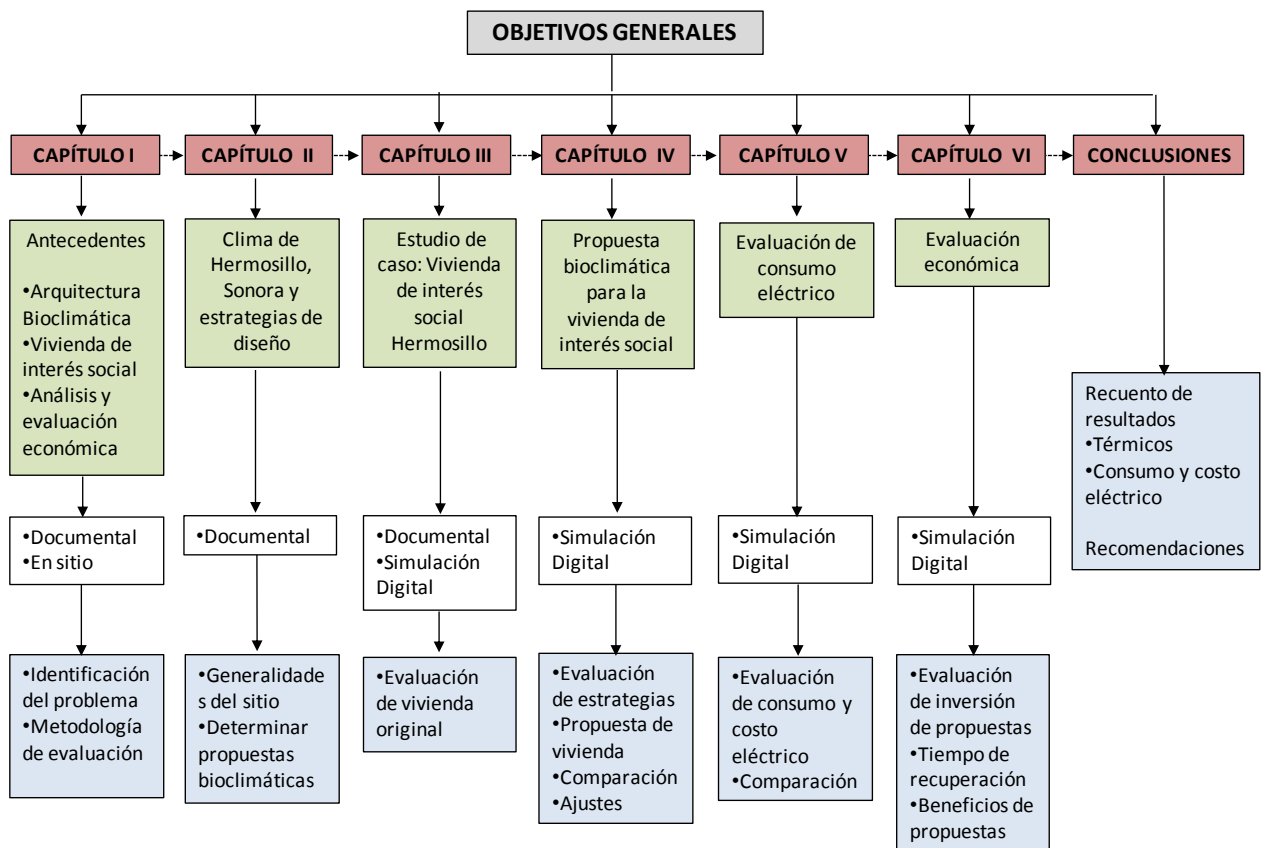
El capítulo 3, “Estudio de caso: vivienda de interés social de Hermosillo” en este se establecen los criterios tomados para la selección de la vivienda evaluada, así como sus principales características. Se plantean los parámetros del modelo de la vivienda simulada digitalmente y los resultados de la evaluación, tanto de su comportamiento térmico y de sus pérdidas y ganancias, como de su consumo eléctrico.

En el capítulo 4, “Propuesta bioclimática para la vivienda de interés social”, se presentan las características de cada una de las estrategias bioclimáticas propuestas, así como el resultado de las evaluaciones y el análisis comparativo con la vivienda original. Además se presenta una propuesta de vivienda integrada por las estrategias con mejor comportamiento.

El capítulo 5, “Evaluación de consumo eléctrico”, presenta el análisis de consumo eléctrico para cada caso de estudio, a partir del consumo total mensual y del consumo exclusivo por operación del equipo de aire acondicionado (A/A), así mismo, presenta una estimación del costo por consumo eléctrico.

Cabe mencionar, que se evalúan de nuevo cada una de las propuestas, como forma de comprobar que la integración de las estrategias arroja mejores resultados, tanto en comportamiento térmico como en consumo eléctrico.

El último capítulo “Evaluación económica” desarrolla un análisis de recuperación de la inversión por la aplicación de estrategias y establece los beneficios que se obtendrán al implementarlas.



**Figura 1.** Estructura del Documento de Tesis

## **Protocolo de investigación**

A continuación se presenta una serie de planteamientos que originaron el desarrollo de este trabajo, así como los propósitos y alcances que se pretenden lograr. Además, se muestran los objetivos y la justificación del tema, finalizando con el desarrollo de la metodología empleada y la descripción de cada capítulo.

### **I. Planteamiento del problema**

Muchos son los ejemplos en los que el hombre ha considerado las características bioclimáticas al momento de construir, mediante herramientas de control térmico del propio diseño arquitectónico, sin embargo, en la actualidad y provocado por las distintas modas y tendencias en diseño, se han dejado a un lado las variables ambientales dentro del diseño arquitectónico.

Por su parte, durante los últimos años se ha vuelto prioritario en el mundo entero el análisis sobre consumo energético, enfocado no sólo como ahorro económico sino como una forma de cuidado del medio ambiente.

En México, el 76.1% de la energía que se consume proviene de la quema de hidrocarburos y el 18.7 % de dicho consumo se refiere al sector inmobiliario (SENER, 2008), cuyo mayor porcentaje corresponde al enfriamiento de espacios interiores mediante el uso de equipos de climatización artificial.

De igual manera, debemos tener presente que, en promedio, dos terceras partes de nuestro territorio presentan condiciones de clima cálido durante casi todo el año.

Es el caso de la ciudad de Hermosillo que debido a sus condiciones climáticas caracterizadas por los elevados niveles de radiación solar, cielos despejados a lo largo del año y grandes oscilaciones de temperatura diarias en las diferentes estaciones del año, presenta estadísticas de consumo excesivo de energía eléctrica, sobre todo en las viviendas de interés social, ya que son las más vulnerables debido a sus características

físicas. Al igual que en muchas otras zonas de México, en la ciudad de Hermosillo se construyen viviendas en serie, que no se adaptan al contexto natural y climático.

## **II. Hipótesis**

Se consumen cantidades de energía superiores a las indispensables para climatizar los espacios interiores de las viviendas de interés social proyectadas de manera convencional, ubicadas en un clima cálido seco, debido en gran parte a la necesidad de construirlas en forma rápida y económica, a las características térmicas de los materiales con que son construidas.

Una vivienda que contempla principios bioclimáticos puede reducir el consumo de energía eléctrica para climatización de sus espacios interiores, comparada con otra vivienda proyectada de manera convencional. La correcta utilización de herramientas de diseño y diagnósticos de operación es determinante para efectuar comparativos y demostrar el bajo costo y viabilidad financiera de la implementación de estrategias de arquitectura bioclimática, no sólo durante la vida útil del inmueble sino desde los procesos de ejecución.

- La demanda de vivienda induce a los desarrolladores a reducir los espacios y a utilizar menos recursos materiales y mano de obra. Esto hace que la calidad de la vivienda en general y el diseño energéticamente eficiente no sean una prioridad, lo cual provoca gastos excesivos de energía y altos costos de climatización.
- Se tiene la idea de que la vivienda bioclimática implica costos de construcción más elevados y muchas veces no se evalúa la viabilidad financiera a largo plazo de la implantación de estrategias de arquitectura bioclimática.

### **III. Objetivos**

Demostrar cómo las viviendas de interés social ubicadas en sitios con climas cálidos extremos, pueden reducir su consumo de energía si se aplican principios de arquitectura bioclimática.

- Realizar un análisis para comprender el comportamiento térmico y el consumo energético de las viviendas de interés social.
- Demostrar que el tipo, las características y la aplicación correcta de materiales en la construcción de una vivienda, puede influir de manera importante en el consumo eléctrico.
- Demostrar que, si bien una vivienda bioclimática puede implicar costos de construcción más elevados, los gastos adicionales deben ser vistos como inversiones cuyos montos se amortizan y generan beneficios de largo plazo.

### **IV. Justificación**

Durante los procesos de diseño arquitectónico, la implementación de estrategias de arquitectura bioclimática, así como el desarrollo de herramientas de estudio y comprobación de viabilidad financiera, son fundamentales para generar un nuevo enfoque hacia el desarrollo de nuevos proyectos de vivienda.

Comparar el consumo energético originado por la utilización de sistemas mecánicos de climatización en una vivienda con implementación de arquitectura bioclimática, contra una vivienda construida de manera convencional, ambas de interés social; permitirá tener elementos para evaluar el desempeño térmico y energético de cada una de ellas.

Se decidió analizar el consumo energético en un clima cálido seco —debido a que es un clima extremo—, por lo que la diferencia entre usar o no sistemas pasivos dentro de la conformación de sus edificaciones, se verá reflejado en el gasto por consumo de energía. En particular la localidad de Hermosillo, Sonora, es una ciudad ideal para el

análisis, ya que por sus características climáticas, se tiene un mayor registro de información y estadística de consumo, a la cual se podrá tener acceso.

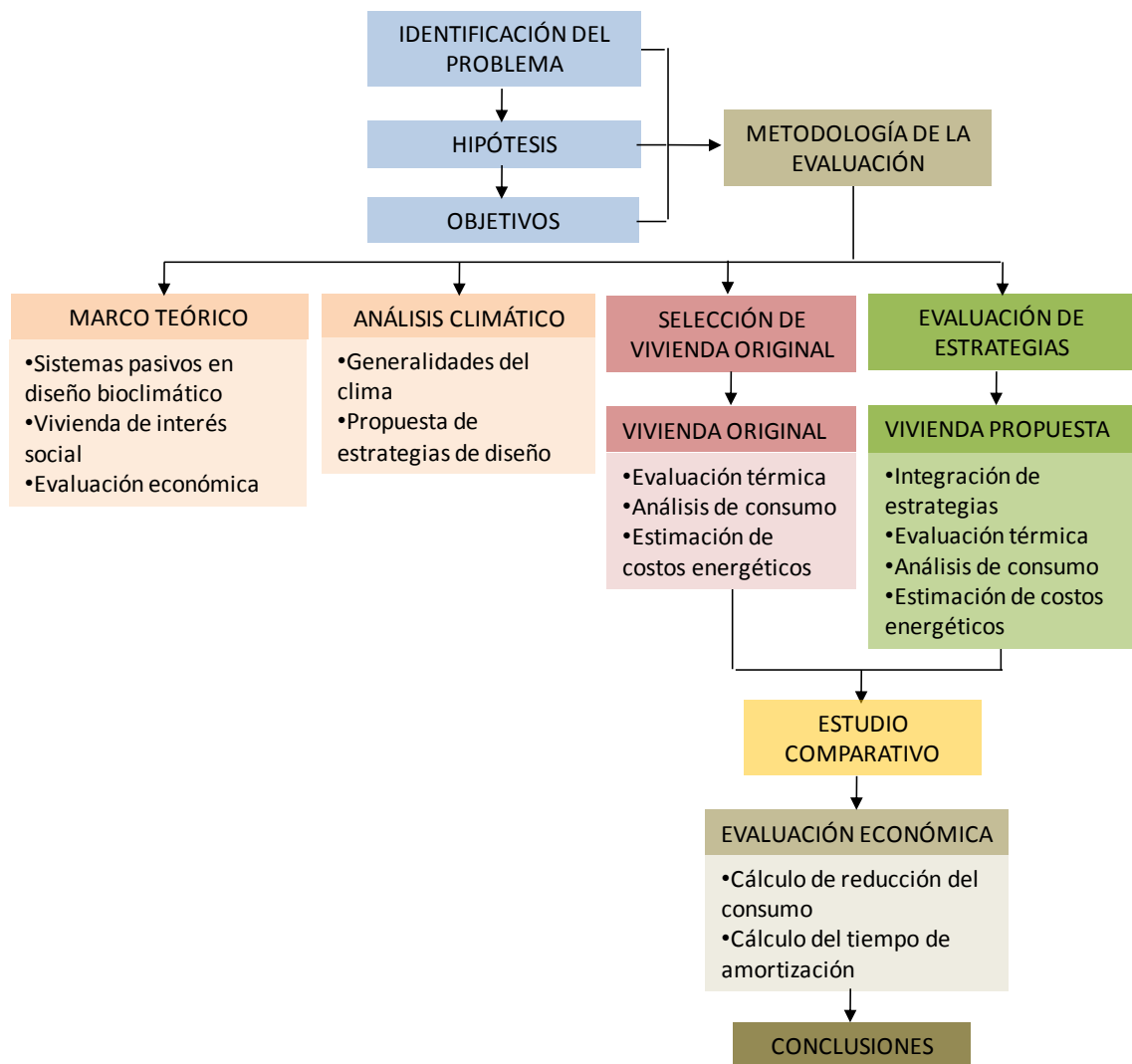
La investigación pretende promover la arquitectura bioclimática como opción para el ahorro energético y el confort, aun en espacios que por su configuración y área podría no presentar una diferencia significativa o una pronta recuperación de la inversión, pero que de alguna manera brinde beneficios al usuario, tanto a nivel económico, como en calidad de vida.

## **V. Aportaciones al diseño**

- Demostrar la reducción en el consumo energético que se tiene con la aplicación de métodos pasivos de la arquitectura bioclimática.
- De igual manera, y no con menor importancia, la arquitectura bioclimática busca regular las condiciones internas de una vivienda al aplicar sistemas pasivos que garanticen la intervención mínima de agentes que afecten el medio ambiente.

## **VI. Procedimiento metodológico**

- Revisar estadísticas cronológicas del consumo energético de las viviendas de interés social seleccionadas.
- Analizar y simular mediante software el comportamiento térmico y el consumo de energía de una vivienda de interés social.
- Proponer una opción de vivienda social bioclimática, con mejor eficiencia energética.
- Realizar un diagnóstico comparativo entre los datos de la vivienda bioclimática y la convencional para poder emitir conclusiones.



**Figura 2.** Metodología a seguir



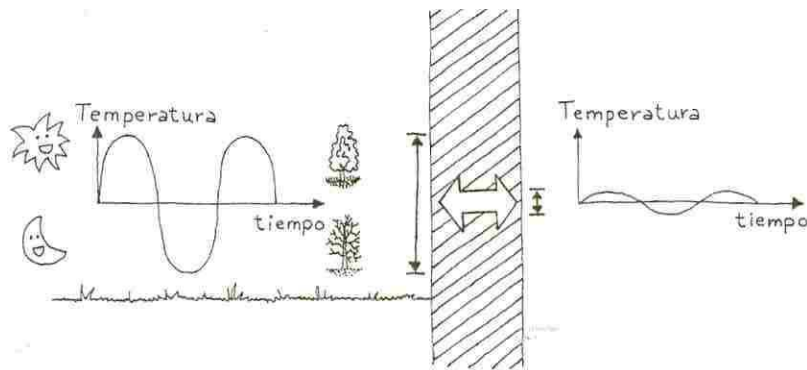
### **Antecedentes**

El presente capítulo aborda las referencias temáticas consideradas para el desarrollo de la investigación, analizando en su primera parte las generalidades de la arquitectura bioclimática y los principales recursos utilizados para su aplicación; además, se presenta un breve panorama de la vivienda de interés social (en México), sus características y el lugar que ocupa como importante consumidora de energía eléctrica.

En la segunda parte del capítulo, se presentan algunas investigaciones relacionadas con la presente, las cuales muestran el interés por la evaluación térmica y energética en las viviendas, así como el impacto económico que se presenta al no haber un balance entre estos dos aspectos.

#### **1.1. Arquitectura bioclimática**

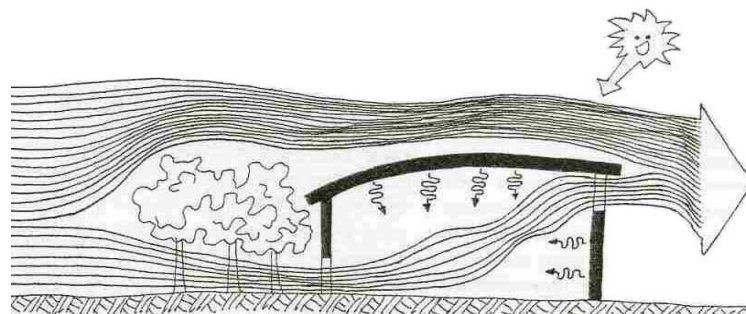
La arquitectura bioclimática parte del estudio de los factores y elementos del clima para utilizarlos en beneficio del confort de los habitantes de un espacio interior. Determina la planeación de una edificación (proyecto y construcción) a partir de la interacción de los elementos meteorológicos con una envolvente, a fin de que ésta sea la que regule los intercambios de energía térmica con el medio ambiente y propicie las condiciones que determinen la sensación de bienestar térmico del ser humano en los espacios interiores (Morillón, 2000).



**Figura 3.** Edificación como regulador térmico  
(Serra, 2002, pág. 11)

Podemos sintetizar que la arquitectura bioclimática es capaz de conseguir beneficios, tanto de confort como económicos al usuario, a partir de la aplicación de conceptos arquitectónicos como: la orientación, la forma y ubicación de los espacios, la proporción que hay entre las ventanas y los muros, los elementos que permitan tener un control solar, el sistema y los materiales de construcción, entre otros, que al conjugarse tomen en cuenta las variaciones del medio ambiente.

El objetivo de la vivienda bioclimática es encontrar el equilibrio entre la energía, el ambiente y construcción, tanto del aspecto anímico, como del aspecto del ahorro, ya sea en lo energético o en lo económico, mismos que se consigan al utilizar la energía solar, el viento y las características de los materiales con los que se construye.



**Figura 4.** Interacción entre el espacio y el clima  
(Serra, 2002, pág. 50)

Hacer arquitectura bioclimática no implica un costo adicional al costo de la construcción, ya que para ello únicamente se utilizan conceptos de diseño adecuados y, por el contrario, se logran reducir enormemente los costos de operación y mantenimiento a través de un uso eficiente de la energía y los recursos.

Existen lugares con condiciones climáticas tales que la arquitectura por sí misma no es capaz de lograr al 100% la climatización natural, sin embargo ayudará a reducir enormemente los requerimientos y las cargas de equipos convencionales de climatización (Fuentes, Clima y Arquitectura, 2004).

Es así que podemos determinar cómo es que todo proceso de diseño involucra una serie de decisiones, pero en el caso del diseño bioclimático, tal proceso debe hacer una valoración y estudio cuidadoso y distinto de todos los aspectos mencionados, que como se ha visto están involucrados muchos más factores que los que normalmente consideramos en el diseño arquitectónico convencional, que es el más usado por los arquitectos. Además, la valoración de los distintos elementos y las jerarquías de las propiedades son distintas y suelen ser mucho más exactas en el diseño de la arquitectura bioclimática.

Para establecer los criterios de estrategias de diseño bioclimático, es necesario tener el conocimiento del comportamiento térmico de los materiales y sus características, como son: su resistencia térmica, absorción, reflexión, emisión, almacenamiento y capacitancia, retraso, y amortiguamiento térmico, inercia térmica, transmitancia (Tlachi, 2000).

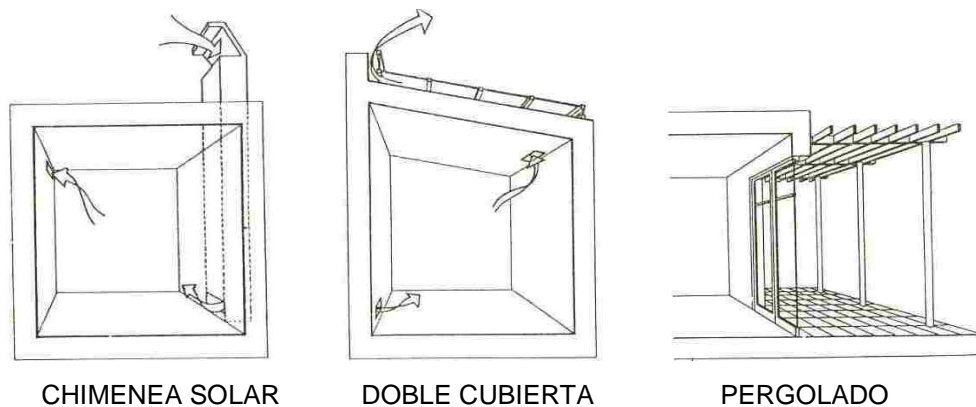
## **1.2. Climatización pasiva**

Según Walter Cannon “el desarrollo de un equilibrio térmico estable en nuestro edificio debe observarse como uno de los más valiosos avances en la evolución de la edificación” (Olgay, 2006) lo que podría generar grandes beneficios si se logra por medio de sistemas pasivos; por desgracia, desde el momento en el que empezaron a desarrollarse los complejos sistemas de climatización mecánica, ya sea para

calefacción o enfriamiento, desapareció el interés por adaptar las construcciones al clima en el que se ubican.

Existen sistemas de climatización pasivos y activos, los cuales representan puntos opuestos; los pasivos se refieren a los intercambios que podrían darse en un proceso natural mediante los mecanismos de transferencia de calor en el que intervienen los componentes del edificio, tratando de que la intervención de los equipos mecánicos sea mínima (Morales, 2006).

Los sistemas pasivos son aquellos que no requieren de elementos mecánicos para su funcionamiento, y utilizan las diferentes energías como la solar o la eólica, mismas que son aprovechadas desde su entorno inmediato, éstos pueden ser de enfriamiento o de calentamiento.



**Figura 5.** Dispositivos de control pasivos  
(Serra, 2002, págs. 35,37 y 39).

Los sistemas de climatización pasiva pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Dispositivos de control solar:** pueden agruparse en función de su posición respecto a los planos definidores del espacio arquitectónico y, en particular, de la fachada (Rodríguez, 2001, pág. 72), por lo que podemos encontrar sistemas de control horizontal, vertical y mixto, entre ellos, pantallas y pérgolas; partesoles y muros dobles; celosías y remetimientos en la ventana.

- **Dispositivos con masa térmica:** entre más grueso sea un muro mayor inercia térmica poseerá, es decir, el tiempo que tarda en ganarse o perderse calor será mayor (Rodríguez, 2001, pág. 93), en este caso, los sistemas constructivos con base en adobe y tapial permitirán registrar un amplio rango de confort al interior de un espacio.
- **Dispositivos de ventilación:** permiten que el viento sea un parámetro importante en el diseño arquitectónico, ya que por medio de éstos el viento puede ser captado, controlado o evitado, mediante ventanas para ventilación cruzada, torre de viento, chimeneas, etc.
- **Dispositivos de calentamiento solar:** por medio de éstos dispositivos se aprovecha la energía solar, pues la captan y la almacenan en una masa térmica, para luego calentar el interior (Lacomba, 1991) ya sea de forma directa, ganando calor por medio de ventanas y domos, o de forma indirecta utilizando invernaderos, muro Trombe, lucernarios, etc.
- **Dispositivos de enfriamiento evaporativo:** consiguen enfriar los espacios utilizando al agua como elemento principal, ya que ésta al evaporarse requiere de cierta cantidad de energía que toma del aire, lo que le hace disminuir su temperatura. Entre estos dispositivos se pueden mencionar fuentes, espejos de agua, torres evaporativas, etc.

Desarrollar un sistema pasivo de climatización natural resulta sumamente viable; si bien se requieren inversiones iniciales, los costos mínimos de mantenimiento determinan favorablemente la rentabilidad y el costo beneficio, de tal manera que “problemas tales como la calefacción, el enfriamiento y la iluminación natural, pueden resolverse mediante tecnologías de adecuación bioclimática y sistemas pasivos” (Hernández H., 1984).

De igual manera, la amplia relación entre el uso de sistemas pasivos para climatizar y el ahorro energético, debido a que al prescindir del uso de energía eléctrica, los consumos en una vivienda se hacen mínimos y esto genera un ahorro económico.

### **1.3. Eficiencia energética**

La eficiencia energética consiste en buscar alternativas para disminuir la energía consumida durante el desarrollo de las diversas actividades de cualquier sector. En este proceso se conjugan varias estrategias para poder llevarlo a cabo, desde la planeación de una ciudad, la promoción de las energías alternativas, hasta el apoyo para que éstas y las nuevas tecnologías puedan ser aplicadas en todas las ramas de la actividad humana.

Al promover estas alternativas, desde el inicio en la planeación de una vivienda, se puede reducir el consumo de energía, y a su vez, las emisiones de CO<sub>2</sub>, logrando obtener beneficios tanto económicos y de confort, como de beneficio al medio ambiente.

En general, el buscar la eficiencia energética permitirá:

- Implementar medidas y sistemas que generen la reducción del consumo de energía o aumento de la producción.
- Promover el desarrollo de tecnologías limpias para la generación de energía.
- Cambiar hábitos y actitudes para lograr una mayor eficiencia en el uso de energía.
- Preservar del medio ambiente y un uso racional de los recursos.

En nuestro país, la intención de ahorrar energía no es una novedad, sin embargo los beneficios todavía no se pueden ver. En México, la población necesita viviendas que se adapten a sus necesidades y que involucren las nuevas tecnologías, esto sin que se vea afectado el valor de adquisición de la vivienda.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en México existen más de 24 millones de viviendas (INEGI, 2005), junto con ellas, el desarrollo demográfico y el crecimiento de las ciudades son responsables del impacto ambiental, tanto por el consumo energético directo en la vivienda, como por su

contribución a la demanda de electricidad. Todos estos elementos convierten a la vivienda en un elemento clave para la planeación energética del país.

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía de 2008, más del 76.1% de la energía que se consume proviene de la quema de hidrocarburos correspondientes a energéticos no renovables. El sector relacionado con los edificios consume el 18.7 % del total, mientras que la vivienda representa el 83.3% de ese total (SENER, 2008). Esto equivale al 15.57% del total de energía que se consume en la República Mexicana.

#### **1.4. Viviendas de interés social**

Según la Constitución Mexicana: “Toda familia tiene derecho a disfrutar de una vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo” (Constitución, 1917). Sin embargo, uno de los problemas sociales en el país es la insuficiencia de viviendas, su baja calidad, así como la carencia de servicios básicos que de acuerdo con la Constitución cada familia tiene por derecho.

De igual forma, el INEGI define a la vivienda “como un lugar delimitado por paredes y cubierto por techos con entrada independiente, donde generalmente las personas comen, preparan alimentos, duermen y se protegen del ambiente”.

En este sentido, México tiene una serie de problemas en la vivienda, tales como condiciones de ocupación y, de acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda 2005, en el país hay 30.4 millones de viviendas, de las cuales 24.7 millones se encontraban habitadas (81.3%); 4.3 millones, deshabitadas (14%), y 1.4 millones eran utilizadas de manera temporal (4.7%) (INEGI, 2005).

Además de la clasificación de los hogares y las familias, y cómo es que éstas se distribuyen, ya que de acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2005 había en México 24.8 millones de hogares, pero debido a que se trata de un país con población mayoritariamente joven, un gran número de personas se encuentra en edad de formar un hogar, por lo que se estima, que en una década se

duplicará ese número, con la correspondiente demanda de un lugar donde vivir y servicios públicos. Por lo que, del total de viviendas existentes, alrededor de 20.7 millones son casas particulares; casi dos millones, departamentos en edificios; cerca de un millón, cuartos en vecindades, mientras que el resto se reparte en cuartos en azoteas, locales no construidos para habitación, casas móviles o refugios de distintos tipos (INEGI, 2005).

Por su parte y de acuerdo con el documento *Necesidades de Vivienda 2000-2010*, elaborado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), se estima que a partir de 2002 se requeriría en promedio la construcción de al menos 766 mil viviendas cada año. Lo que indica que para 2010, el reto es construir más de 11 millones (CONAVI, 2000).

En nuestro país, muchas de las viviendas no cuentan con las características que establece la Constitución, esto es: espacios para el desarrollo digno de las familias. Es por esto que datos de la CONAPO demuestran que 40.64% de las viviendas del país tienen algún grado de hacinamiento, por lo que resultan más de diez millones.

#### 1.4.1. Características

De acuerdo con el documento “Necesidades de vivienda en México 2000-2010”, elaborado por la CONAVI y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la vivienda se clasifica según el promedio de superficie construida en cuatro tipos: interés social, media, residencial, residencial y residencial plus; la primera, a su vez, se subdivide en básica, social y económica (CONAVI, 2000).

TIPO	SUBTIPO	SUPERFICIE
Interés social	Económica	hasta 30 m <sup>2</sup>
	Social	31 – 45 m <sup>2</sup>
	Popular	45 – 55 m <sup>2</sup>
Media		58 – 100 m <sup>2</sup>
Residencial		101 – 200 m <sup>2</sup>
Residencial plus		más de 200 m <sup>2</sup>

**Tabla 1.** Clasificación de vivienda según superficie  
(CONAVI, 2000)



Esta clasificación está determinada por su precio y su forma de producción. Dentro de este grupo, las que presentan mayor demanda son las de interés social, éstas son desarrolladas por organismos de viviendas, su forma de producción está a cargo de los desarrolladores de vivienda y se construyen a través de conjuntos habitacionales y fraccionamientos. Por lo que el diseño urbano y su planificación urbana van implícitos en la generación de los proyectos, empleando una repetición de prototipos en gran escala.

Según estadísticas del INEGI, la vivienda se clasifica de acuerdo con las dimensiones de su superficie construida, a los espacios que la conforman, esto permite que se le establezcan los costos promedios por tipo de vivienda. La siguiente tabla muestra la forma de agrupación de la vivienda:

<b>SEGMENTACION DE LA VIVIENDA POR COSTO PROMEDIO</b>					
<b>PROMEDIO</b>	<b>ECONÓMICA</b>	<b>SOCIAL</b>	<b>POPULAR</b>	<b>MEDIA</b>	<b>RESIDENCIAL</b>
<i>superficie construida promedio</i>	30 m <sup>2</sup>	45 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>
<i>Costo promedio: salarios mínimos</i>	117	180	300	780	780 a +
<i>Número de cuartos:</i>	baño cocina área usos múltiples	baño cocina estancia comedor 1 recámara	baño cocina estancia comedor 2 recámaras	baño cocina estancia comedor 3 recámaras	baño cocina estancia comedor más de 3 rec.

**Tabla 2.** Segmentación de la vivienda  
(CONAVI, 2000).

Las dimensiones de los lotes habitacionales, así como su frente hacia la vía pública, se determinan de acuerdo con la clasificación del conjunto habitacional y del tipo de vivienda. La proporción de los predios habitacionales no deberá de exceder más de 3.5 veces la relación fondo-frente, excepto en los casos en que el frente sea mayor de 10 metros.

DIMENSIÓN DE LOS LOTES	
TIPO DE CONJUNTO HABITACIONAL	SUPERFICIE DE LOTE (m <sup>2</sup> )
Residencial	150-360
Media	120-176
Popular	90
Social	60-90

**Tabla 3. Dimensión de los lotes**  
(CONAVI, 2000)

Según datos del II Censo de Población y Vivienda-2005, las viviendas de interés social comparten características en cuanto a sus sistemas de construcción y los materiales que en éstas se usan, de acuerdo con esta información la combinación de los diferentes materiales más utilizados para la construcción de la vivienda de interés social son:

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS		
TIPO	TECHO	MURO
1	losa de concreto	block hueco
2	losa de concreto	tabique
3	losa de concreto	ladrillo
<b>4</b>	<b>losa aligerada</b>	<b>block hueco *</b>
5	losa aligerada	tabique
6	losa aligerada	ladrillo

*\* Combinación más utilizada*

**Tabla 4. Características de los sistemas constructivos**  
(INEGI, 2005).

Según el documento de “El Estado de la Vivienda en México, 2005”, para conocer la segmentación por tipo de demanda de vivienda, la cual consiste en diferenciar a los consumidores potenciales, es necesario determinar tres factores principales:

**a. Ingreso familiar.** Este es el factor más importante para determinar cualquier tipo de solución de vivienda, desde la autoconstrucción hasta la adquisición de una vivienda.

**b. Tipo de localidad.** Esta característica es importante debido a que la gran mayoría de las opciones de financiamiento a la vivienda se ubican en las localidades urbanas y semiurbanas de cada localidad.

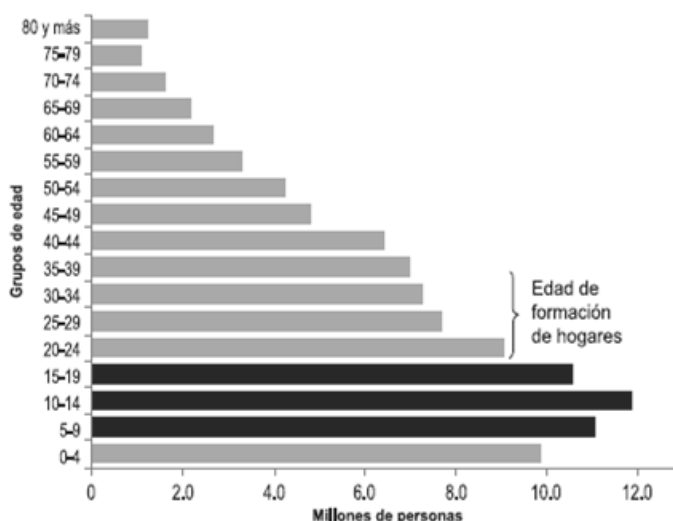
**c. Condición laboral.** De acuerdo con los requisitos de financiamiento a la vivienda, el hecho de que algún miembro del hogar cuente en su trabajo con algún tipo de crédito,

es un factor que facilita en gran medida el acceso al financiamiento a la vivienda. (CIDOC, 2005)

### 1.4.2. Demanda

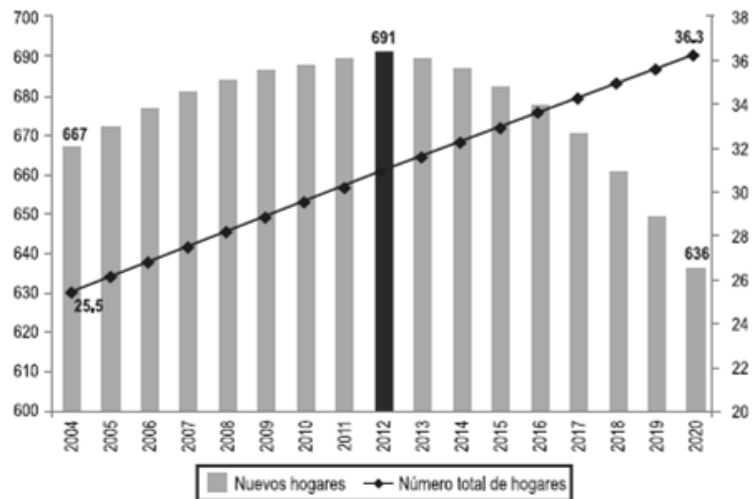
Según CONAPO, las proyecciones para la tercera década del siglo, en México habrá más de 45 millones de hogares. Por lo que se deberán de financiar y construir cada año entre 700,000 y un millón de viviendas (CONAPO, 2000).

CONAPO indica que de acuerdo con la edad de formación de hogares, que varía entre los 20 y 34 años, la estructura demográfica de México muestra que en los próximos 15 años, la población en edad de formar hogares se incrementará sustancialmente.



**Gráfica 1.** Grupos de edad en México  
(CONAPO, 2000)

De acuerdo con las estimaciones de CONAPO, se formaron más de 680,000 nuevos hogares en 2008 para totalizar 28 millones de hogares. Para el año 2020, se espera se integran 8.6 millones de hogares para formar un total de 36.6 millones (CONAPO, 2000).



**Gráfica 2.** Número de hogares en México 2004-2020  
(CONAPO, 2000)

Con respecto al rezago habitacional, las estadísticas publicadas por la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI) estiman que 4.3 millones de hogares se encuentran en situación de rezago, de los cuales 2.5 millones corresponden a hogares cuyas viviendas requieren de ampliación y/o mejoramiento y 1.8 millones al déficit (CIDOC, 2005). El inventario habitacional asciende a 24 millones 706 mil viviendas, de mantenerse esta tendencia en el crecimiento habitacional, el número de viviendas se podría duplicar para el año 2030.

En el mapa se distinguen en color naranja las entidades federativas donde se demandarán más de 80 mil viviendas, en color gris los que requerirán entre 60 mil y 80 mil viviendas, en naranja medio entre 40 mil y 60 mil, en gris fuerte entre 20 mil y 40 mil, y en naranja pálido aquellos en que la demanda será menor a 20 mil viviendas.

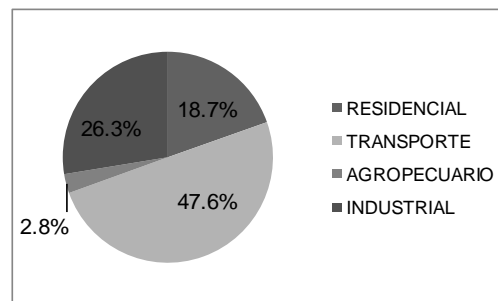


**Figura 6.** Distribución de la demanda potencial por entidad federativa, 2008

*Fuente: Elaborada por Sociedad Hipotecaria Nacional (SHF)*

### 1.4.3. La Energía en la vivienda:

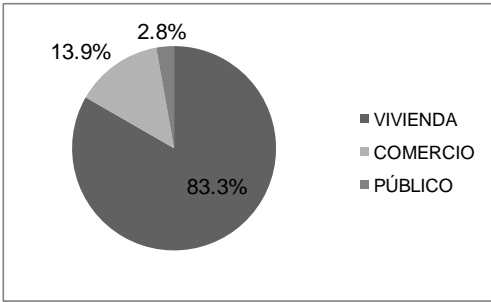
Datos de la Secretaría de Energía indican que durante el 2008 el consumo total de energía fue de 4,814.92 petajoules (PJ). De este total, el sector transporte consumió 47.6% en el consumo final energético, mientras que el sector industrial abarcó el 26.3%. Por su parte, el agregado formado por los subsectores residencial (vivienda), comercial y público registró una participación de 18.7% y el sector agropecuario contribuyó con 2.8%) (SENER, 2008).



**Gráfica 3.** Consumo energético en México por sector (SENER, 2008)

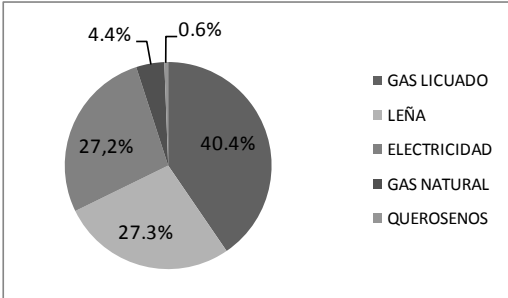
De los distintos procesos de generación, transformación y distribución de energía en nuestro país, la electricidad ocupa el 3er lugar en el consumo final con un 32.7% y es el tipo de energía que más se relaciona con el consumo energético en la vivienda. Resulta que el 76.1% de la electricidad se genera a partir de combustibles fósiles, utilizados en plantas o centrales termoeléctricas, las cuales consumen gas natural, combustóleo y carbón.

El sector habitacional, comercial y público requirió 900.8 pJ en el 2008. Del total de este grupo: 83.3% corresponde a la vivienda, 13.9% al sector comercial y 2.8% a los servicios públicos, como el alumbrado público y bombeo de aguas.



**Gráfica 4.** Consumo de energía del sector residencia, (vivienda), comercio y público (SENER, 2008)

Específicamente, en el subsector vivienda, los energéticos de mayor consumo fueron el gas licuado (40.4% del total) y la leña (27.3 %), y en menor medida: la electricidad (27.2%), el gas natural (4.4%) y los querosenos (0.6%).



**Gráfica 5.** Energéticos utilizados en las viviendas (SENER, 2008)

Después del gas LP y la leña, utilizados para calentamiento de agua y cocción de alimentos, es importante señalar que, en nuestro país, aunque la electricidad ocupa el tercer lugar (27.2%), es el energético más utilizado en la vivienda, debido al uso de electrodomésticos, equipos de iluminación y sistemas de climatización (aire acondicionado y calefacción) (SENER, 2008).

### **1.5. Análisis y evaluación económica**

La evaluación económica de proyectos de inversión es un proceso sistemático que permite identificar, medir y valorar los costos y beneficios relevantes asociados a una decisión de inversión, para emitir un juicio objetivo sobre la conveniencia de su ejecución desde distintos puntos de vista: económico, privado o social (Sepulveda, 2005).

Los proyectos de inversión surgen como respuesta a determinadas necesidades humanas y su éxito depende de la importancia de la necesidad a satisfacer. Esto, a su vez, es función del número de personas afectadas y del valor que éstas le asignan al efecto percibido. Desde el punto de vista empresarial, lo que interesa es la posibilidad de que dicho valor corresponda a una determinada capacidad y disposición a y que exista generación de beneficios para financiar por lo menos los costos económicos.

Por otra parte, si se desea evaluar un proyecto de desarrollo desde el punto de vista social, se requiere contar con precios verdaderos que ayuden a revelar la correcta rentabilidad de la iniciativa.

Así pues, desde el punto de vista de la conveniencia de realizar tal proyecto, es necesario dar a conocer todos los efectos que éste provoca, tomando en cuenta los precios verdaderos de los bienes que produce e insumos que utiliza (beneficios y costos directos), los impactos adicionales que se generan en mercados de bienes e insumos relacionados (beneficios y costos indirectos), así como la incorporación al análisis los efectos sobre variables difíciles de cuantificar (beneficios y costos intangibles). En este sentido, en consecuencia, no basta que los proyectos de

desarrollo sean técnicamente viables o privadamente rentables, sino también socialmente deseables (Sepulveda, 2005).

En particular, existe una gran variedad de proyectos cuyos beneficios no son propios para el inversionista privado, en cuyo caso el precio o ingreso potencial ya no es la variable clave en la decisión de emprender el proyecto, pues no existiría un precio explícito por el bien o servicio que se pondrá a disposición de la comunidad.

### **1.6. Antecedentes de estudios sobre el tema**

Andrade Vallejo, Andrés Alfonso.- **“Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y Ambiental de la vivienda de interés social en México, UNA RETROSPECTIVA Y PROSPECTIVA (2001-2010)”**.

En esta tesis al autor, hace un análisis de la vivienda en México, los tipos y sus características, enfocándose en la de interés social, habla sobre sus principales particularidades, tanto de las variables que presenta en cuanto a dimensiones y tipos de materiales que más se utilizan para su construcción.

Trata sobre la demanda de vivienda que hay en el país, la características de los demandantes, de la misma manera plantea los requerimientos que tiene la población en los últimos años, trata sobre el rezago habitacional tanto en vivienda nueva, como en el requerimiento de mejoras habitacionales. También hace un análisis del número de viviendas construidas en los últimos 8 años y como es que ésta se caracteriza según el nivel de ingresos de sus habitantes.

Además, enfocado al tema principal de su tesis, realiza una evaluación de las viviendas de interés social, donde evalúa el comportamiento térmico de las envolventes, considerando el tipo de bioclima, el coeficiente global de transferencia de calor y la orientación de la fachada principal de la vivienda.

Para la evaluación sigue el método para determinar la ganancia de calor de la envolvente, calculando la ganancia térmica tanto por conducción como por radiación de



la vivienda proyectada y la de referencia, comparándolas entre sí para evaluar el comportamiento térmico de la vivienda, obteniendo los valores de las temperaturas equivalentes de las ciudades donde se concentro el mayor número de viviendas nuevas, siendo así las más representativas de cada bioclima.

Realiza simulaciones del comportamiento térmico, obteniendo las ganancias térmicas de cada vivienda de interés social, la cual desarrolla en 4 pasos, los materiales de construcción convencionales, las condiciones climáticas del lugar, la orientación y los elementos de sombreado; se plantean estrategias bioclimáticas, para disminuir las ganancias de calor y estimar los beneficios económicos, en ahorro de energía y disminución de los gases contaminantes de efecto invernadero.

Menciona que este tipo de estudios, deberían de darse principalmente en climas cálido-seco y cálido-húmedo; puesto que si se tomara en cuenta el mejoramiento del diseño y envolvente de la vivienda, se tendrían beneficios energéticos, ambientales y económicos para el país y su población.

Realiza una análisis de impacto energético y ambiental de la vivienda de interés social y con base en la evaluación térmica cuantifica el consumo de energía eléctrica requerida por los sistemas de aire acondicionado para reducir la carga de calor en el interior de los espacios y la cantidad de CO<sub>2</sub> producto de la generación de electricidad utilizada por dichos equipos; evalúa el impacto energético y ambiental producido por las ganancias de calor en las viviendas de interés social construidas en cierto periodo y las que se edificaran en los próximos años (Andrade, 2008).

Acuña Valerio, Ana Julieta, **Estudio comparativo de los costos de inversión, operación y rentabilidad de una vivienda con principios bioclimáticos y una convencional, en un clima semifrío seco.**

Esta investigación trata de comprobar si la operación y mantenimiento de una vivienda diseñada bioclimáticamente presenta un mejor desempeño de acuerdo con el confort ambiental, una mejor eficiencia energética y una buena rentabilidad económica con menores costos de operación, al compararla con una vivienda convencional.

Para dicho análisis se realizó un monitoreo (temperatura, humedad relativa, niveles de iluminación natural) de las dos viviendas durante nueve meses. A partir de este monitoreo se comparó el desempeño ambiental de ambas viviendas y se analizan las cargas térmicas específicas y su procedencia. Se evalúa la eficiencia energética de ambas viviendas mediante el anteproyecto de norma NOM-O20-ENER y se lleva a cabo una auditoría energética para cada vivienda. A partir de lo anterior, se hacen propuestas de diseño bioclimático para mejorar el desempeño de las viviendas. Se realiza una auditoría energética, se plantean costos de inversión y de operación de ambas viviendas y se aplica el análisis de costo beneficio (Acuña, 2008).

Marincic Lovriha, Irene, **Confort térmico en viviendas económicas en Hermosillo, Sonora.**

Esta investigación es desarrollada a partir de un proyecto financiado por CONAVI, la cual lleva a cabo estudios sobre confort térmico en viviendas económicas en siete ciudades del territorio mexicano, correspondientes a clima cálido seco y cálido húmedo.

Este artículo presenta los resultados que se obtuvieron en de Hermosillo, Sonora, de clima cálido seco. El desarrollo de este estudio se basa en el modelo de confort térmico adaptativo, por lo que se hicieron encuestas para conocer las preferencias térmicas de personas que habitaban las viviendas.

Se hicieron mediciones de las principales variables climáticas exteriores e interiores a las viviendas y durante ese tiempo se aplicaron encuestas para determinar la sensación térmica de los usuarios.

Con la información obtenida de estas encuestas, se estableció la temperatura neutra de invierno y de verano para la ciudad de Hermosillo y para la población encuestada. Se hizo una relación entre las temperaturas neutras con las temperaturas exteriores, para estimar el grado de aclimatación estacional de las personas.

El poder realizar estudios sobre las preferencias y las sensaciones de los usuarios de este tipo de vivienda, permite tener una idea sobre las sensaciones térmicas que se perciben dentro de las viviendas o cualquier otro tipo de espacios. Por lo que el tener esta información sobre la sensación del usuario, permitirá tener un ahorro energético, ya que se podrá optimizar la temperatura de operación de los equipos de climatización artificial de acuerdo con estas preferencias térmicas (Marincic, 2009).

Rosas Flores, Jorge A., **Consumo potencial de ahorro de energía eléctrica de los sistemas de climatización en el sector residencial: Caso región noroeste de México.**

Esta investigación trata sobre la determinación de la demanda de energía eléctrica del sector residencial originado por el uso de sistemas de refrigeración mecánica en la región noroeste de México.

El análisis se desarrolló además con base en el consumo de equipamiento de electrodomésticos y al gasto corriente que se hace de energía eléctrica. Analiza cómo en el país el consumo energético por el uso de equipos de climatización ha aumentado considerablemente en los últimos años, y determina los principales motivos que han generado este aumento, tales como fenómenos de carácter tecnológico, climático o de acciones humanas, tales como el nivel de ingresos y el estilo de vida de la familia.

También muestra la forma en la que se distribuye la población en el país, de acuerdo con su zona, y analiza las características de las viviendas y cómo es que éste es uno de los principales factores que intervienen en el consumo de energía, ya que el consumo energético es directamente proporcional al tamaño de la vivienda.

Realiza un análisis energético basado en la desagregación de los consumos residenciales por usos finales, obteniendo resultados tales como el consumo residencial de energía por uso final para el aire acondicionado a nivel rural, a nivel urbano y el promedio nacional. Además se estima el potencial de ahorro de energía eléctrica en el sector residencial por equipamiento de aire acondicionado.

A partir de la encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares, se genera su metodología, la cual consiste en:

- Parte de la premisa de que las regiones en estudio son equiparables por contener un número semejante de habitantes.
- Infiere en un mismo número equivalente de equipamiento básico en los hogares.
- Determinó el gasto corriente por energía eléctrica en la región con clima cálido seco.
- Determinó el gasto corriente por energía eléctrica en la región con clima templado.
- Realiza la diferencia entre los gastos corrientes.
- El gasto corriente se divide entre la tarifa residencial corriente promedio para el año determinado, obteniendo así el consumo eléctrico de una vivienda.
- Con el consumo eléctrico atribuible a los siete sistemas de climatización, es posible determinar el consumo total de la región.

Se determinó el potencial de ahorro y eficiencia energética en los sistemas de aire acondicionado en el noroeste del país. Se realiza un análisis de las emisiones ambientales producidas por la generación de la energía eléctrica, el análisis basado en el análisis realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Rosas, 2006).

Díaz Báez, Alejandro, **Comparación de costo beneficio de sistemas de recuperación de agua contra sistemas tradicionales.**

La investigación es una Comparación de costo total de construcción de un edificio con sistemas de tratamiento de aguas servidas y pluviales contra el mismo edificio sin estos sistemas. Esto para comparar el costo de construcción de un edificio que tiene de origen sistemas de tratamiento y reutilización de aguas servidas, así como también captación y utilización de aguas pluviales, contra el costo de la misma construcción con el sistema tradicional de desalojo de aguas servidas y pluviales.

Esto surge con la idea de demostrar que el costo de la obra, implementando dichos sistemas no se encarecerá en un gran porcentaje del costo total. El caso de estudio, es un edificio habitacional de lujo en el que se implementan conceptos bioclimáticos y de sustentabilidad como lo son sistemas de recuperación de aguas pluviales y reutilización de aguas grises.

Para realizar dicha comparación se determinará el costo total de la obra sin los sistemas de aguas y otro presupuesto contemplando el gasto de la construcción de sistemas de recuperación y tratamiento de aguas servidas y pluviales, la comparación se plantea por medio de partidas de obra como lo serán (preliminares, albañilería, instalación hidrosanitaria, instalación eléctrica, acabados, herrería, carpintería, cancelaría, mobiliario fijo, vegetación y limpieza) sólo algunas partidas del presupuesto global de la obra será afectado por dichos sistemas, pero para obtener un porcentaje real se realizará la comparación con todas las partidas.

El desarrollo consta del análisis del costo de la partida económica derivada del sistema de recuperación y reutilización de aguas servidas y pluviales de un edificio de departamentos de lujo y determinar el porcentaje de impacto que se genera en el presupuesto global de dicha obra. La finalidad de la investigación será demostrar que la implementación de dichos sistemas de recuperación y reutilización de aguas servidas puede ser viable económicamente y fomentar la construcción de dichos sistemas.

Para el proceso de dicha evaluación económica se basa en: elaborar un presupuesto global de la obra por medio de diferentes partidas y determinar el precio total de la construcción y comparándolo con otro presupuesto global pero incluyendo los conceptos de los trabajos derivados por la construcción del sistema de recuperación y reutilización de aguas servidas. Esta comparación económica de dos presupuestos uno (Ramirez Quezada, 1972) con dicho sistema y el otro sin él nos mostrara el porcentaje de incremento económico por concepto del sistema, este porcentaje no impactara de gran manera el costo total pero sin embargo el propio sistema se amortizara por si solo siendo a un más eficiente que edificaciones con sistemas tradicionales (Díaz, 2008).

Rojas Kovach, Axa, **Influencia de la eficiencia energética sobre el valor de un inmueble según el método costo en valor presente.**

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionó una vivienda de interés social en la región Zuliana de Venezuela; sobre esta vivienda se establecieron una serie de cambios a nivel de las características termofísicas de su envolvente, que permitieron teóricamente mejorar su eficiencia energética, surgiendo de esta forma un modelo modificado de la vivienda original, la cual fue evaluada como proyecto. Esta valoración fue hecha a través de un programa de simulación térmica.

De esta manera se determinaron cargas térmicas en los dos casos y se pudo establecer la demanda de enfriamiento necesario para compensar cada carga térmica. El resultado buscado era que la vivienda modificada resultara con menores requerimientos de consumo.

Para dicho análisis, el método utilizado se fundamentó en el efecto que tiene una mejora en las características energéticas sobre el gasto energético mensual y anual, por lo que se emplearon criterios y herramientas útiles para el análisis comparativo de costo beneficio, con el fin de valorar la eficiencia energética que podría tener la vivienda con los cambios propuestos. Se consideraron elementos relacionados con el costo de

compra de la vivienda y de los equipos de aire acondicionado, estimando sesenta años de vida útil para la vivienda y diez para los equipos; el cálculo de la carga térmica para ambas viviendas, se realizó con un programa simulador y por último se analizó el costo total de mantenimiento anual de los equipos incluyendo los gastos de operación.

Todas estas alternativas fueron identificadas en términos monetarios, sumando el costo total invertido y la cantidad finalmente acumulada.

La metodología de análisis que se utilizó, se basó en la teoría del consumidor, la cual utiliza las curvas de indiferencia de satisfacción que relaciona el valor de una vivienda y el costo del valor presente de los equipos de climatización.

Mediante el programa de simulación se analizó en condiciones semejantes a las viviendas, los resultados obtenidos fueron las temperaturas y los flujos de calor generados durante un ciclo diario. Es así como se determina la carga térmica para ambos modelos de vivienda en condiciones idénticas, prevaleciendo sólo el comportamiento de sus envolventes, lo que permitió calcular la potencia del equipo y el consumo energético que este tendrá.

Por último se realizó la valoración económica, la cual consistió en traer hasta el presente los gastos que tendrán los usuarios de ambas viviendas en cuanto a mantenimiento y compra de equipo, para poder determinar en el presente cual de las dos soluciones es la mejor inversión.

El análisis demostró al final, que a partir de la estimación de costos realizada, la vivienda original tiene un costo en valor presente mayor que el de la propuesta, además que la inversión extra observada en la vivienda propuesta, resultó compensada en los ahorros cuantificados en valor presente, que corresponden a los equipos y a su consumo de energía (Rojas K, 2006).

## Clima de Hermosillo, Sonora, y estrategias de diseño

El siguiente capítulo presenta los datos generales de la ciudad de Hermosillo, Sonora; de igual manera realiza un análisis climático y a partir de los resultados, se definen las propuestas básicas de diseño que permitan mejorar las condiciones térmicas de la vivienda a evaluar.

### 2.1. Generalidades de la localidad

Hermosillo está ubicado al oeste del estado de Sonora; y es cabecera municipal del municipio con el mismo nombre, se localiza en el paralelo 29° 06' de latitud norte y el meridiano 110° 58' de longitud oeste de Greenwich a una altura de 237 metros sobre el nivel del mar.

Su población, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), es de 701,838 habitantes. El mayor índice se encuentra en el noroeste de la ciudad, aunque en los últimos tres años ha habido una expansión hacia el sureste.

Su superficie es de 14,880.2 km<sup>2</sup>, que representa el 8.02% del total estatal y el 0.76% en relación a la nación (INEGI, 2005).

#### **Datos generales**

*Extensión territorial: 14,880.2 km<sup>2</sup>*

*Extensión litoral: 230.0 km.*

*Superficie del municipio respecto al estado: 8.70%*

*Altitud: 237 m.s.n.m.*

*Latitud: 29° 06' N*

*Longitud: 110° 58' O.*



**Figura 7.** Localización geográfica de Hermosillo, Sonora



**Población total**

*Población Total: 701,838*

*Densidad de población: 50.8 hab/Km<sup>2</sup>*

**Vivienda**

*Viviendas habitadas: 129,071*

*Ocupantes por vivienda: 4.3*

Se seleccionó el clima cálido debido a que, en nuestro país, este clima representa dos terceras partes de nuestro territorio nacional, con sus variaciones, seco en el norte y húmedo en los litorales.

Este dato responde a que en términos económicos, el impacto que tiene este porcentaje sobre el consumo energético derivado del uso de la climatización artificial, es muy alto por lo que es necesario enfocar mayor atención.

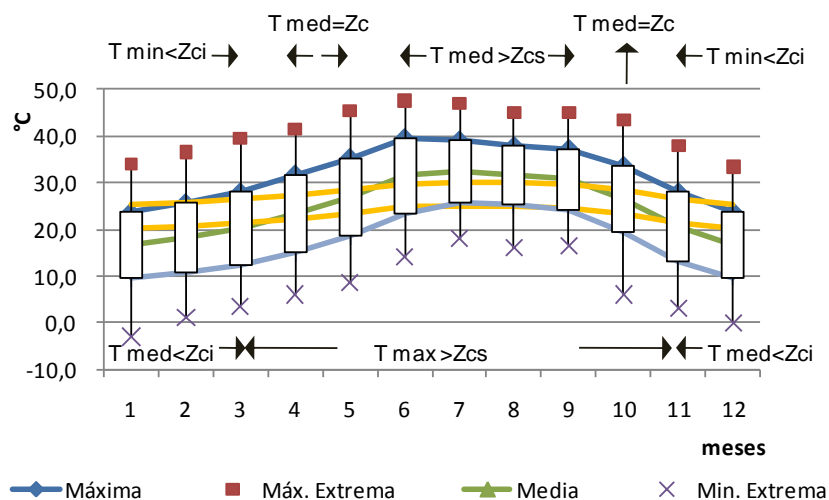
Se seleccionó un clima seco extremoso, ya que genera grandes oscilaciones térmicas, esto debido a la falta de nubosidad, y su ubicación geográfica, que permite una buena radiación solar, lo que genera que las temperaturas se eleven, sin embargo debido a la falta de humedad, esa temperatura que se gana a lo largo del día, no se mantiene y llega a descender en el momento que la radiación disminuye, provocando en este sentido, generar un clima árido, y extremoso.

## **2.2. Análisis climático y clasificación bioclimática de Hermosillo**

El análisis climático es el estudio detallado de todos aquellos factores condicionantes del clima, que responden a las características físicas del lugar y a su ubicación geográfica.

### **2.2.1. Temperatura**

En la siguiente gráfica se muestran los datos de temperatura de la ciudad de Hermosillo Sonora, en ésta se dan los datos mensuales, tanto de la temperatura máxima, máxima extrema, mínima, mínima extrema y media, teniendo como referencia a la zona de confort y la temperatura neutra.



**Gráfica 6.** Temperatura ambiente de Hermosillo, Sonora<sup>1</sup>

Fuente: (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

De acuerdo con la gráfica 6, la ciudad de Hermosillo tiene una temperatura promedio de 30 °C durante los meses de junio a septiembre, presentándose la temperatura media más elevada en el mes de junio con 32.3 °C. Los meses de abril, mayo y octubre, presentan una temperatura media de 23.4, 26.9 y 26.5 °C respectivamente, y durante los meses de noviembre a marzo, la temperatura media va de los 16.6 a los 20.5 °C.

Así mismo, la gráfica indica que durante los meses de marzo a noviembre, las temperaturas máximas, superan los 28 °C, alcanzando los 39.5 °C en el mes de junio.

La temperatura mínima de los meses de septiembre a junio presenta van de los 24.1 hasta los 9.4 °C. Es necesario considerar que se han presentado temperaturas máximas hasta de 47.5 °C, y mínimas hasta de -3 °C.

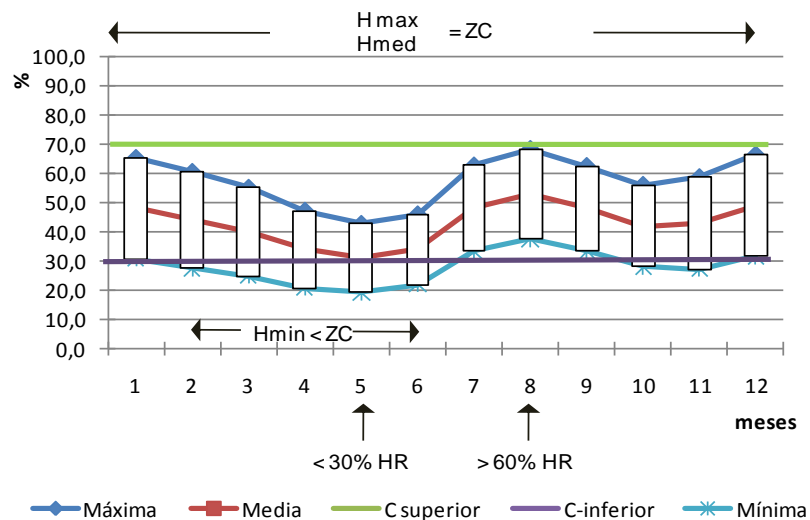
Durante todo el año la oscilación térmica es elevada, presentándose los mayores valores en los meses de abril y marzo, con 16.8 °C y la oscilación menor en el mes de

<sup>1</sup> Todos los datos y las tablas desarrolladas para obtener las gráficas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.

agosto con 12.4 °C. Por lo que la ciudad de Hermosillo Sonora se clasifica como de alta oscilación por tener clima cálido seco extremoso, con una oscilación media anual de 14.7 °C.

### 2.2.2. Humedad relativa

La siguiente gráfica muestra los valores de Humedad Relativa de Hermosillo Sonora, en ésta se indican los porcentajes máximos, medios y mínimos de humedad y tiene como referencia una zona de confort que va del 30 al 60%.



**Gráfica 7.** Humedad relativa de Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

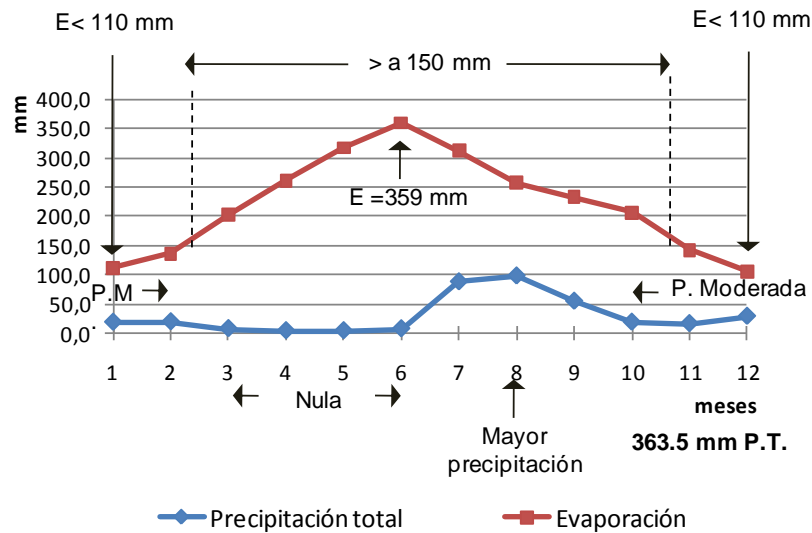
La gráfica 7 indica que durante todo el año la humedad máxima se encuentra dentro de la zona de confort, con un rango entre el 42.8 y el 68.3 %, este último correspondiente al mes de agosto, lo que indica que durante las mañanas de todo el año se presentan humedades confortables.

Y de acuerdo con la gráfica, la humedad relativa media se encuentra dentro del rango de confort, con porcentajes que van del 31 al 49 %, muy por próximo a los límites inferiores de la zona de confort.

Las tardes más secas del año, se presentan durante los meses de febrero a junio, con los porcentajes de humedad relativa mínima por debajo de la zona de confort que van del 27.5 al 19.2 %, ese último correspondiente al mes de mayo.

### 2.2.3. Precipitación y evaporación

La precipitación total anual de la ciudad de Hermosillo es de 363.5 mm, por debajo de los 400 mm, lo que define al bioclima como desértico. La siguiente tabla muestra la precipitación y la evaporación que se presenta durante todo el año en la localidad.



**Gráfica 8.** Precipitación y evaporación de Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

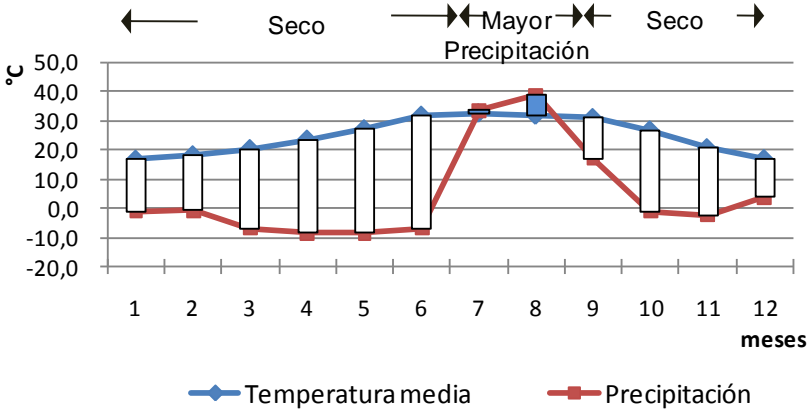
En la gráfica 8 podemos observar 3 temporadas muy marcadas en el año, la de lluvias relativamente fuertes, que inician a mediados del mes de junio, hasta mediados del mes de septiembre, con precipitaciones mayores a los 50 mm; la época de lluvias moderadas durante los meses de octubre a febrero con precipitaciones que van de los 16.1 a los 28.6 mm, y por último la época totalmente seca que se ubica en los meses de marzo hasta junio, con valores menores a los 8 mm de precipitación media mensual.

Comparando los valores de la precipitación con los de la evaporación, es evidente que la evaporación es mucho mayor durante todo el año, presentando los valores mayores

a los 150 mm desde el mes de febrero hasta noviembre, con valores máximos de evaporación de 359 mm durante el mes de junio; siendo diciembre y enero los de relativamente menor evaporación por tener valores próximos a los 100 mm, debido a que son los meses más fríos.

**2.2.4. Índice ombrotérmico**

La siguiente gráfica permite identificar los periodos de lluvias y secas durante todo el año en la ciudad de Hermosillo.

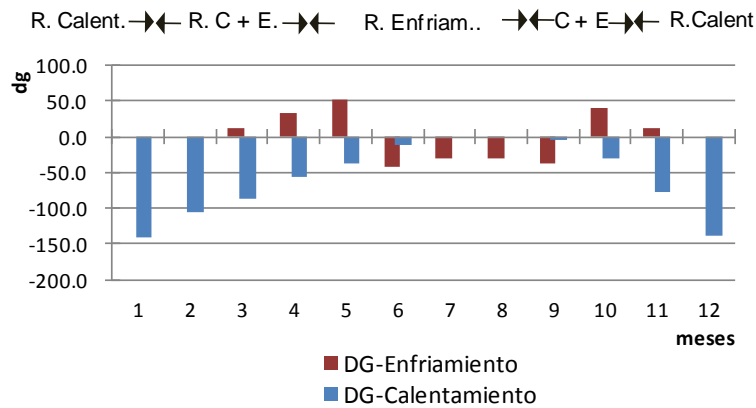


**Gráfica 9.** Índice ombrotérmico de Hermosillo, Sonora  
*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

Podemos observar en la gráfica 9 que prácticamente todo el año es seco, a excepción de los meses de julio y agosto, meses en los que existe un nivel medio de 92 mm de precipitación, lo que los vuelve “húmedos”.

**2.2.5. Días grado**

En la gráfica de días grado, se determinan los requerimientos de enfriamiento y calentamiento a lo largo del año.



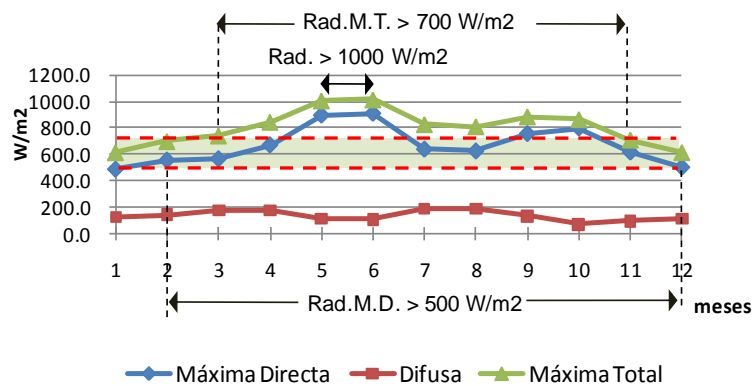
**Gráfica 10.** Días grado para Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

La gráfica 10 muestra la temporada en la que inician los requerimientos de calentamiento total, a partir de los meses de diciembre y hasta febrero, de igual manera, se presentan requerimientos de enfriamiento durante las temporadas de marzo a mayo y de octubre a noviembre, siendo los meses de junio y hasta septiembre los meses que requieren enfriamiento total.

### 2.2.6. Radiación solar

La siguiente gráfica muestra los datos de radiación solar de la ciudad de Hermosillo, la cual presenta valores de radiación máxima directa, radiación difusa y radiación máxima total, a su vez, éstas tienen como referencia un rango de confort que va de los 500 a los 700 W/m<sup>2</sup>.



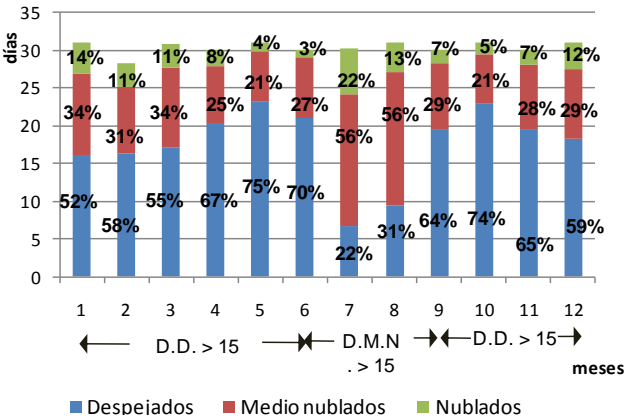
**Gráfica 11.** Radiación solar de Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

La gráfica 11 muestra que la radiación total alta se presenta a principios de febrero y hasta principios de noviembre, sobrepasando los 700 Wm<sup>2</sup>. De la misma manera la radiación máxima directa es alta a partir del mes de febrero y hasta diciembre, sobrepasando los 500 Wm<sup>2</sup>. Es evidente cómo la radiación desciende durante los meses de precipitación (julio y agosto) y durante las épocas de menor temperatura debido a la declinación solar.

**2.2.7. Nubosidad**

La siguiente gráfica presenta el porcentaje de días de nubosidad durante todo el año en Hermosillo, las variables que intervienen son días despejados, días medio nublados y días nublados.



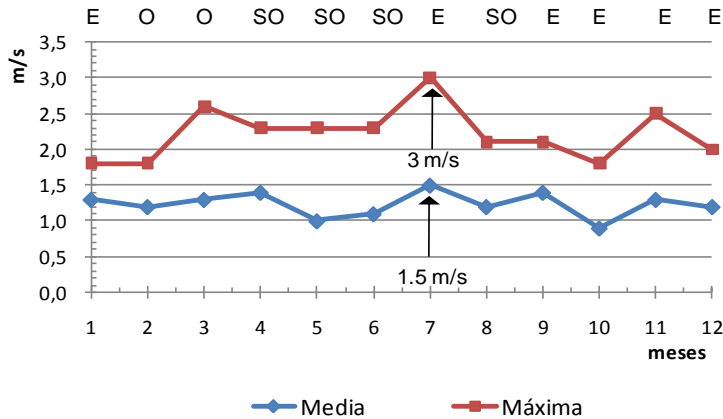
**Gráfica 12.** Nubosidad de Hermosillo, Sonora.

Fuente: (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

La gráfica 12 indica que durante los meses de septiembre y hasta junio se presenta mayor porcentaje de días despejados, esto significa que más del 50 % de días del mes, no presentan nubosidad, y durante los meses de julio y agosto, predominan los días nublados en más de un 50 % del total, esto puede ser debido a que son los meses con mayor precipitación.

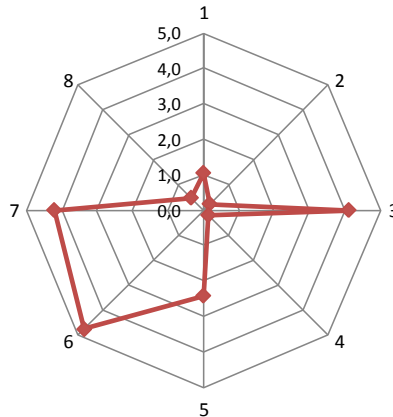
## 2.2.8. Viento

En la siguiente gráfica se muestra el promedio mensual de la velocidad del viento y la dirección dominante tanto mensual como anual para la ciudad de Hermosillo.



**Gráfica 13.** Viento en Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).



**Gráfica 14.** Rosa de los vientos, promedio anual, Hermosillo, Sonora.

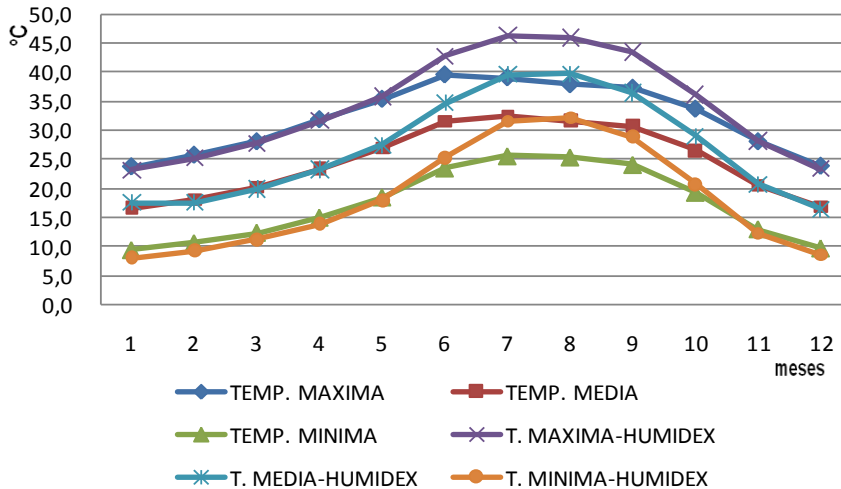
*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

La velocidad media del viento durante todo el año va de los 0,9 m/s hasta los 1,5 m/s. La dirección dominante de los vientos es la suroeste (SO), presentando mayor porcentaje de rachas durante todo el año. La velocidad de viento promedio anual es de 1,2 m/s. En general todo el año presenta un alto porcentaje de calmas, que van desde el 74,4 al 89,5 % durante el mes de noviembre.



### 2.2.9. Índice térmico Humidex

Es una temperatura que combina la temperatura del aire y la humedad relativa para determinar una temperatura que el cuerpo humano percibe. El cuerpo humano normalmente se enfría por la transpiración o sudor. La evaporación del agua en el sudor necesita calorías que el agua roba del cuerpo. Sin embargo, cuando la humedad relativa es alta, la proporción de evaporación del agua está reducida. Esto significa que el desprendimiento de calor al cuerpo será menor y la temperatura que el cuerpo humano percibe será mayor que la que habría si el aire fuera seco. Se han tomado medidas basándose en descripciones subjetivas. El **índice Humidex IH** es la diferencia entre la temperatura de bochorno y la temperatura del aire  $TH=T+IH$ .



$$IC = T + \frac{5}{9} \left( 6.112 \cdot 10^{\left( \frac{7.5 T}{237.7 + T} \right) \frac{HR}{100}} - 10 \right)$$

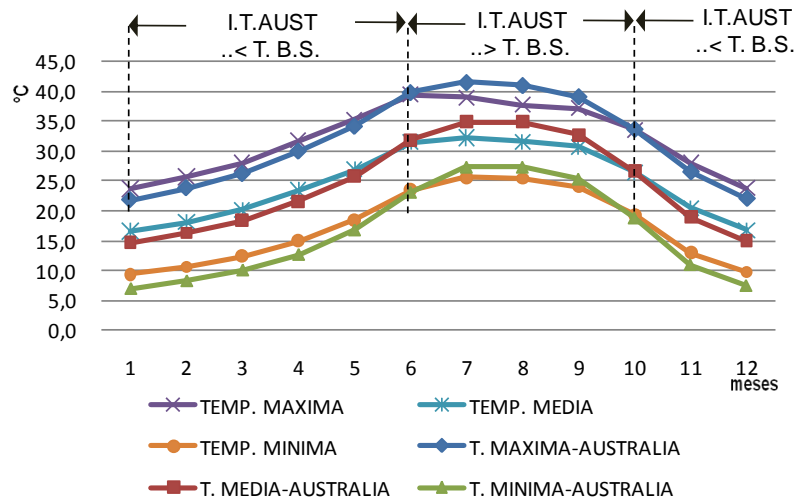
**Gráfica 15.** Índice térmico Humidex para Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de Cálculo: Índices Térmicos, 2006)

De acuerdo con la gráfica 15, las condiciones de humedad provocan que la temperatura se incremente durante los meses de mayo a noviembre, esto es evidenciado en la gráfica, teniendo un aumento máximo de 7 °C durante los meses más cálidos (julio y agosto).

### 2.2.10. Índice térmico Australiano

La gráfica 16 presenta las condiciones de ventilación y humedad (a través de la presión de vapor), las cuales influyen en la temperatura del medio, ya que durante los meses más frescos que van de noviembre a mayo, estos factores provocan una reducción promedio de 2 °C, y un aumento de temperatura durante los meses cálidos, que van de junio a octubre, con un incremento de hasta 3 °C durante el mes de agosto.



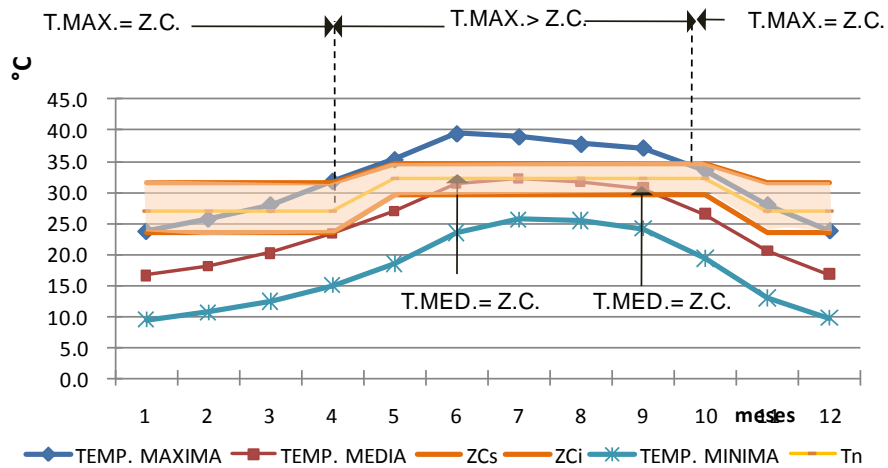
$$TA = T + 0.33 Pv - 0.70 v - 4.0$$

Gráfica 16. Índice térmico Australiano para Hermosillo, Sonora.

Fuente: (Fuentes, Hoja de Cálculo: Índices Térmicos, 2006)

### 2.2.11. Zona de confort térmico mensual

La siguiente gráfica determina la zona de confort basada en el modelo de confort térmico adaptativo (Marincic, 2009), en ésta se presentan las temperaturas máximas, medias y mínimas de la ciudad de Hermosillo.



**Gráfica 17.** Zona de confort térmico mensual, Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

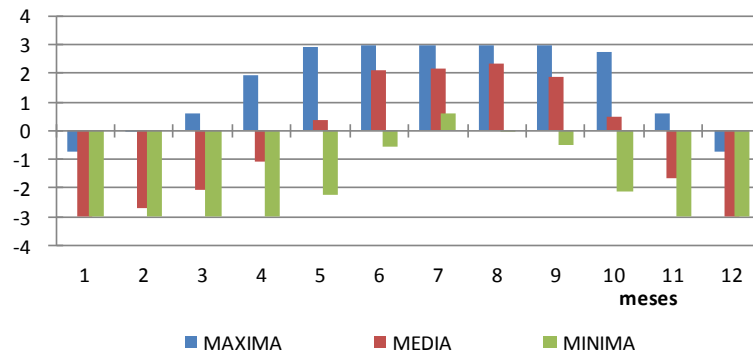
En la gráfica 17, podemos ver cómo a partir del mes de abril y hasta octubre, las temperaturas máximas superan los límites del rango de confort con más de 6 °C durante los meses de junio, julio y agosto, y sólo durante los meses de enero y diciembre, estas temperaturas están 7 °C por debajo del límite superior de confort.

De igual manera, la temperatura media mensual, a partir del mes de junio y hasta principios de octubre, se ubica dentro del rango de confort, y durante los meses que van de octubre y hasta mayo, su temperatura media, se ubica por debajo del rango de confort, hasta 7 °C durante los meses más fríos que comprenden enero y diciembre.

Así mismo, todo el año la temperatura mínima, está muy por debajo de los límites inferiores, hasta 15 °C, durante los meses más fríos de enero y diciembre.

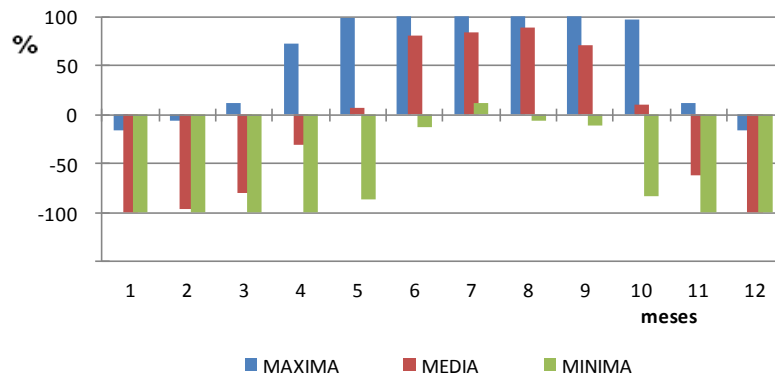
### 2.2.12. PMV (voto promedio pronosticado) y porcentaje de insatisfacción para Hermosillo

En las siguientes gráficas podemos observar el nivel de confort promedio de los individuos expuestos a las condiciones climáticas de Hermosillo.



**Gráfica 18.** PMV para Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).



**Gráfica 19.** Porcentaje de Insatisfacción para Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

Según la tabla de PMV, durante los meses de noviembre a marzo, las temperaturas máximas se aproximan al confort, ya que los niveles de PMV son muy reducidos, mientras que en esta misma época, las temperaturas medias y las mínimas se ubican por debajo de confort con un PMV negativo elevado. En este sentido, en la gráfica de porcentaje de insatisfacción, referente de igual manera al porcentaje de personas insatisfechas con las condiciones climáticas, durante este mismo periodo, hay mayor número de individuos insatisfechos por las medias y las mínimas temperaturas.

Mientras que en los meses de abril a octubre, en la gráfica de PMV solamente las temperaturas mínimas se aproximan al confort, siendo las máximas las más desagradables llegando al mayor nivel de PMV, de la misma manera sucede con la

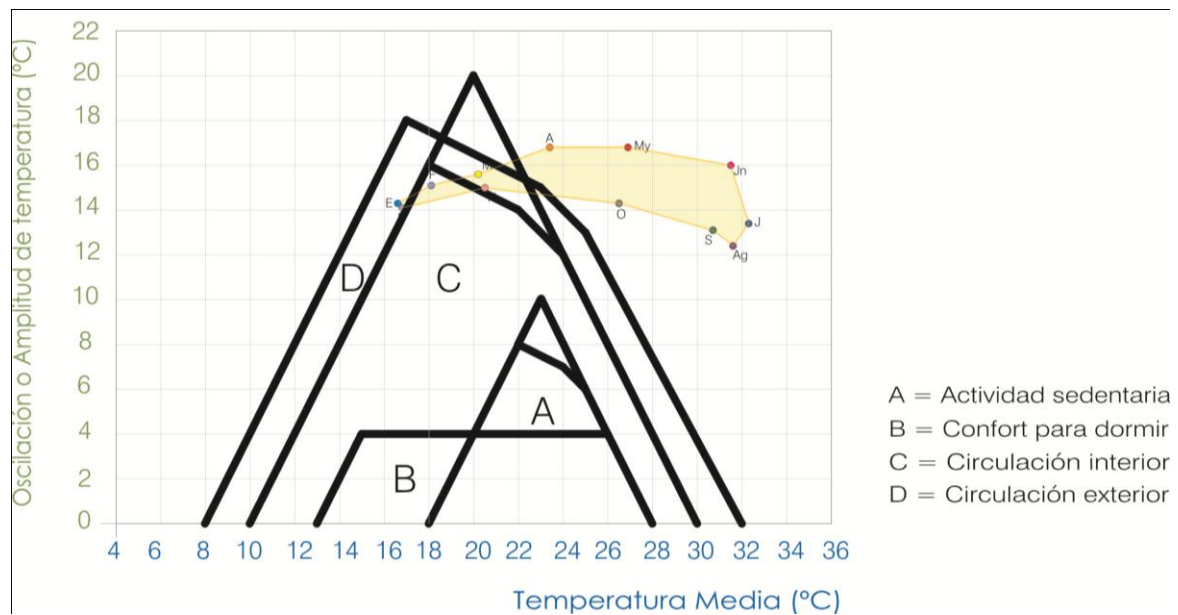
gráfica de los porcentajes, ya que nos indica que aproximadamente un 100 % de individuos permanecen insatisfechos con las temperaturas máximas y medias.

### 2.3. Estrategias de diseño bioclimático

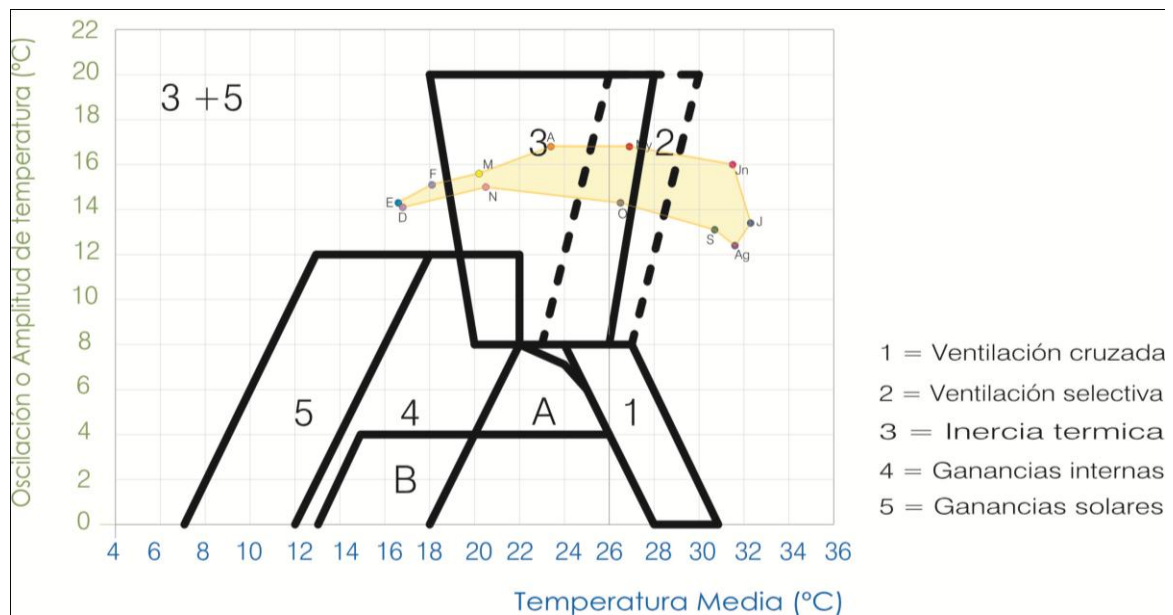
El análisis climático en un factor fundamental para determinar los conceptos básicos de cualquier proyecto arquitectónico y es el estudio previo para el planteamiento de las estrategias de diseño bioclimático, las cuales tienen como objetivo el lograr condiciones de confort al usuario con el menor uso de energía.

#### 2.3.1. Triángulos de confort

Los siguientes diagramas presentan los Triángulos de confort, estos permiten analizar el clima a partir de la oscilación térmica, la cual es la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima de cada mes.



**Figura 8.** Triángulo de confort (zonas de confort térmico)



**Figura 9.** Triángulos de confort (estrategias de diseño propuestas)

De acuerdo con el triángulo de confort (figura 8), de abril a octubre la condiciones de temperatura y oscilación están totalmente fuera de confort; febrero, marzo y noviembre se encuentran dentro del confort de interiores, y por último durante enero y diciembre las condiciones 3 son adecuadas para las circulaciones exteriores. En ningún momento, Hermosillo presenta condiciones adecuadas para actividades sedentarias o nocturnas.

De acuerdo con esto y provocado por las altas oscilaciones diarias (ver figura 9), las estrategias básicas recomendadas son inercia térmica y ganancias solares en los meses más fríos; en los meses de marzo, abril y noviembre las ganancias solares no son requeridas, siendo sólo la inercia térmica, la estrategia básica, igualmente para mayo y octubre, además de contar con inercia térmica, es recomendable la ventilación selectiva, ya que durante estos meses la temperatura media del aire no es tan elevada.

Sin embargo de junio a septiembre, el diagrama muestra que no se solucionarán los requerimientos de manera pasiva, por lo que será necesario aplicar estrategias de climatización mecánica.

### 2.3.2. Carta bioclimática

El siguiente diagrama muestra el análisis de la carta bioclimática, el cual define cuatro estrategias: calentamiento, ventilación, humidificación y sombreado.

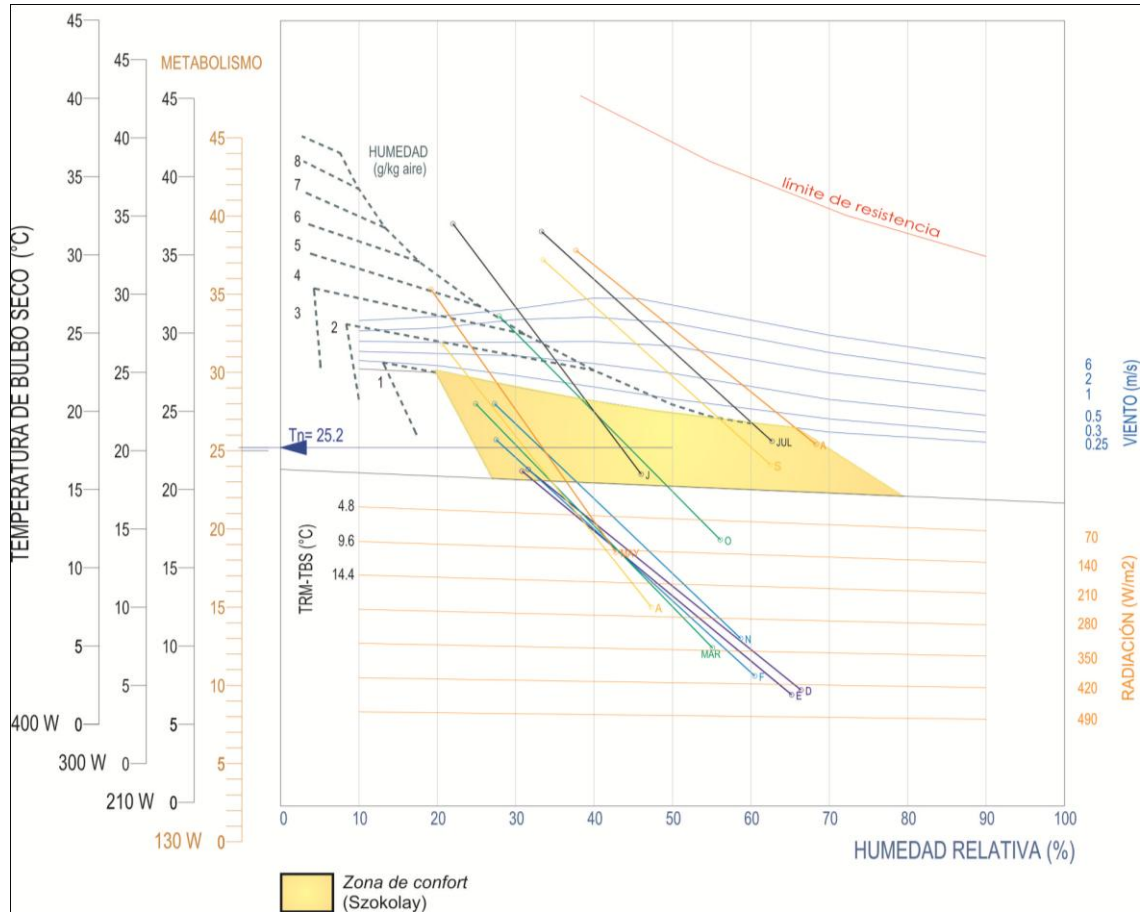


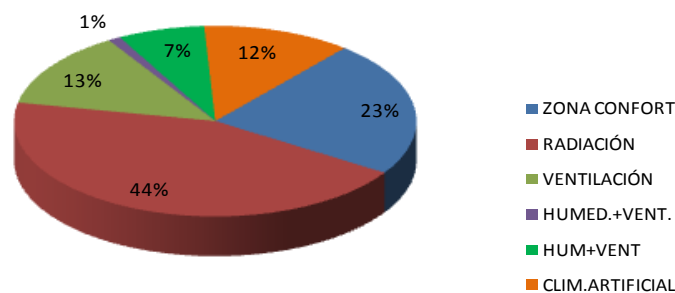
Figura 10. Carta bioclimática, Hermosillo, Sonora.

Las estrategias de diseño básicas para Hermosillo son tres y van variando a lo largo del año, para los meses con menor temperatura durante la mañana, que van de octubre a mayo, los requerimientos son de calentamiento, con una radiación necesaria que va de los 100 a los 450 W/m<sup>2</sup>.

Las tardes de los meses de noviembre a marzo se encuentran en confort, de igual manera sólo unas cuantas horas durante la mañana de los meses de junio a septiembre. Para las tardes de abril y octubre, los requerimientos son de ventilación,

dado que las temperaturas no son tan elevadas, y durante la mañana presentan requerimientos mínimos de radiación solar.

Los meses de mayor temperatura van de julio a septiembre, presentan únicamente unas cuantas horas durante la mañana dentro de confort, a media mañana los requerimientos pueden ser solucionados con ventilación, sin embargo durante la tarde, las estrategias pasivas no son suficientes, teniendo que implementar climatización artificial para poder solucionar los requerimientos.



**Gráfica 20.** Porcentajes de estrategias de carta bioclimáticas

*Fuente: Elaboración propia*

De tal forma, el 66% del tiempo se necesita sombreado, el 44% del tiempo se tienen requerimientos de calentamiento; por lo que el 23% se ubica en la zona de confort, mientras que se requieren el 13% de sólo ventilación, el 12% del tiempo se sale de toda estrategia pasiva, teniendo que aplicar climatización artificial, por otro lado, se tiene el 7% de la combinación de humidificación y ventilación y por último tan sólo el 1% de humidificación.



### 2.3.3. Carta psicrométrica

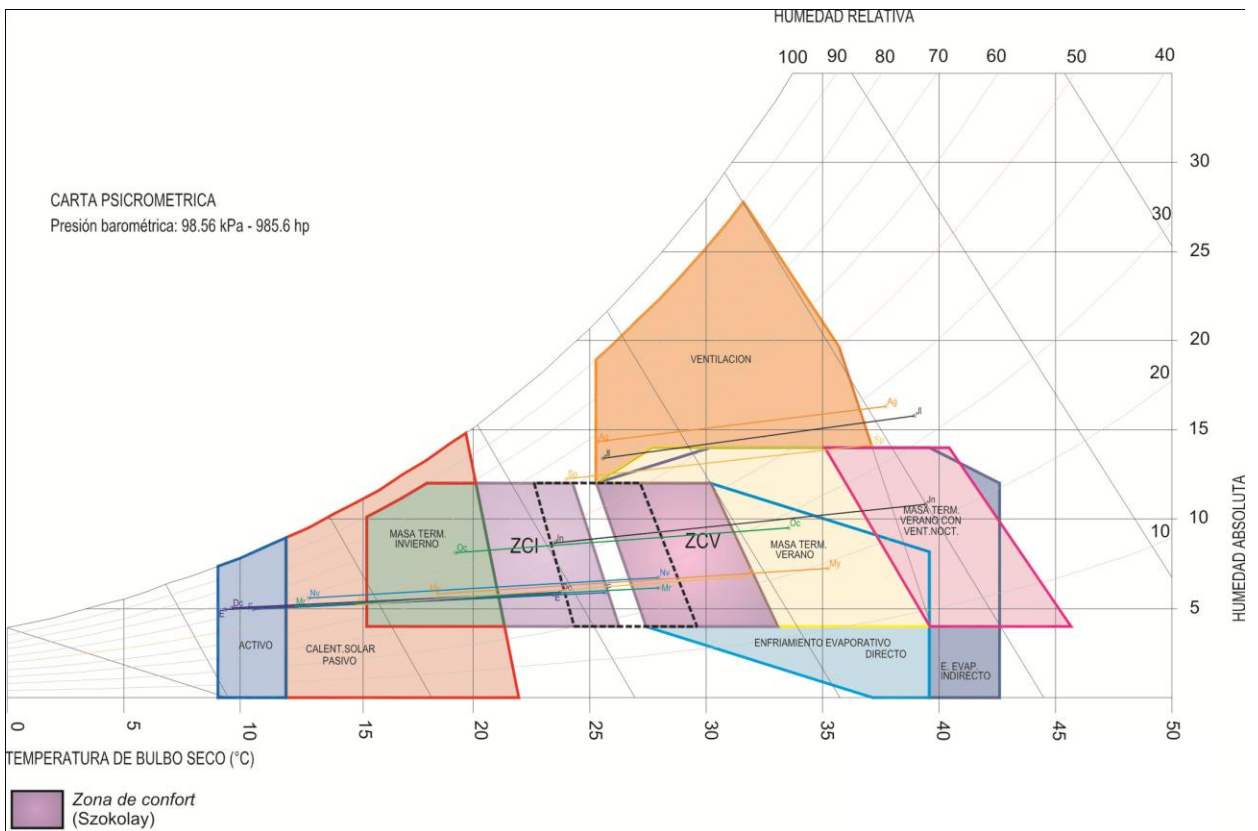


Figura 11. Carta psicrométrica, Hermosillo, Sonora.

De acuerdo con este diagrama, las estrategias se dirigen para tres temporadas: la de menores temperaturas, correspondiente a los meses de noviembre a abril; la de mayor temperatura, de los meses de julio a septiembre, y los de transición, que son los meses de mayo, junio y octubre.

#### Meses de menor temperatura:

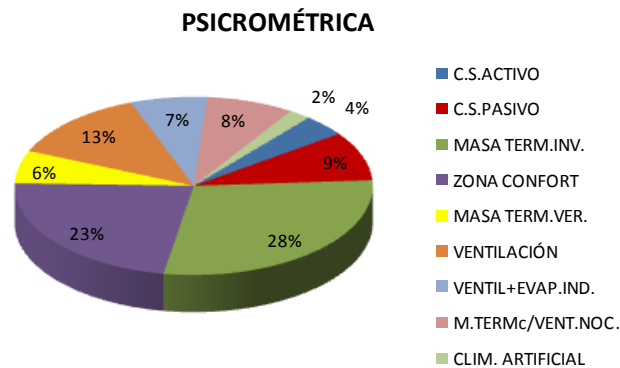
Para las mañanas de diciembre a febrero, los requerimientos son de calentamiento activo, mientras que para los meses de noviembre, marzo y abril el calentamiento solar pasivo. Las tardes de enero y diciembre se ubican dentro de la zona de confort de invierno y las de los meses de noviembre, marzo y abril se ubican en la zona de confort de verano.

### Meses de mayor temperatura:

Los meses de mayor temperatura son 3, de julio a septiembre, ubicándose la mayor parte del día en la zona de ventilación, sin embargo, las tardes de julio y agosto, están ubicadas fuera de la zona, lo que indica que la estrategia a utilizar tiene que ser de climatización artificial.

### Meses de transición:

Los meses de transición –mayo y octubre– están determinados a partir de las condiciones que presentan dentro de la gráfica por estar totalmente aislados tanto de los más fríos como de los más cálidos; son los mediadores entre las dos temporadas climáticas del año y presentan condiciones de confort durante las horas de la mañana, mientras que por la tarde, requieren de masividad de verano y ocasionalmente pueden utilizar la ventilación nocturna durante el mes de junio.



**Gráfica 21.** Porcentajes de estrategias de carta psicrométrica

*Fuente: Elaboración propia*

Del tal forma que el 37% del tiempo las temperaturas se encuentran en confort, el 21% se recomiendan estrategias de masividad invernal, el 13% se recomienda la ventilación como estrategia y el 7% del tiempo la combinación de ventilación con evaporación indirecta, también, se presenta el 9% del tiempo la recomendación de calentamiento pasivo, mientras que el 4% calentamiento activo, de igual manera, el 2% del tiempo se recomienda la aplicación de masividad con ventilación nocturna, y por último tan sólo un 2 % del tiempo se tiene como estrategia la aplicación de climatización artificial.

### 2.3.4. Temperatura efectiva corregida (Máxima)

El diagrama de la temperatura efectiva corregida considera a la temperatura máxima de cada mes y la velocidad media del viento.

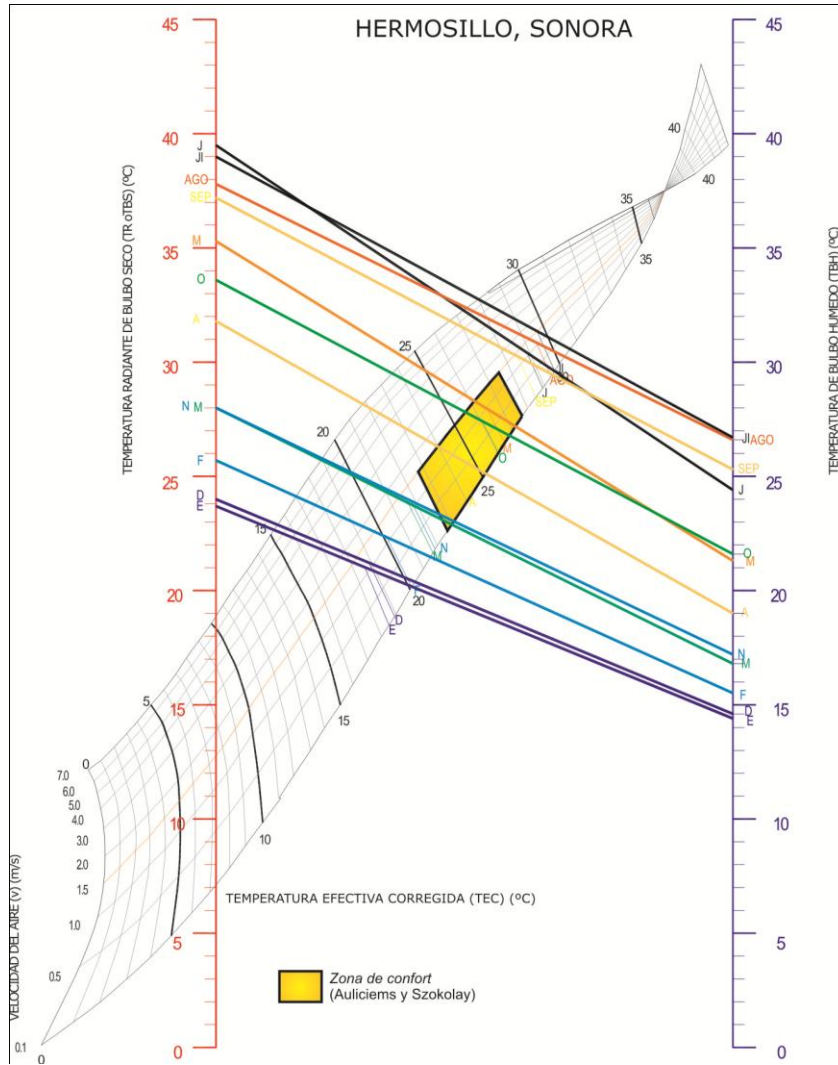


Figura 12. Temperatura efectiva corregida

Dado que la zona de confort (Auliciems y Szokolay) está comprendida entre los 22.7 °C y los 27.72 °C la temperatura efectiva corregida está dentro de confort únicamente en los meses de abril, mayo y octubre.

TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA														
		E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	ANUAL
MAXIMA B. S.	°C	23,7	25,7	28,0	31,8	35,3	39,5	39,0	37,8	37,2	33,6	28,0	23,8	32,0
MÁXIMA B.H.	°C	14,4	15,5	16,9	19,0	21,3	24,9	26,7	26,6	25,3	21,6	17,2	14,6	20,3
VELOCIDAD	m/s	1,3	1,2	1,3	1,4	1,0	1,1	1,5	1,2	1,4	0,9	1,3	1,2	1,2
T.E.C.	°C	18,5	20,1	21,6	24,1	26,5	28,9	29,7	29,5	28,5	26,1	21,8	18,9	24,5

**Tabla 5.** Temperatura efectiva corregida

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

En este sentido, los meses cálidos de junio a septiembre, superan por mucho el rango de confort, mientras que los meses de noviembre a marzo, la temperatura efectiva corregida se ubica por debajo de dicho rango y habrá que evitar la ventilación.

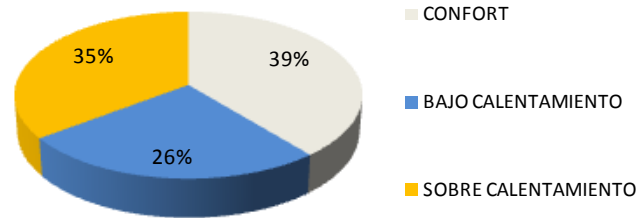
### 2.3.5. Temperatura horaria

La siguiente tabla presenta el análisis horario de la temperatura media de cada mes, la cual permite determinar a grandes rasgos las condiciones de confort, de bajo calentamiento o de sobre calentamiento que presenta la ciudad de Hermosillo.

MES	TM	Tm	Tmed	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	23,7	9,4	16,6	13,0	11,8	10,8	10,0	9,6	9,4	9,8	11,1	13,0	15,4	17,9	20,2	22,1	23,3	23,7	23,5	23,1	22,4	21,4	20,2	18,9	17,4	15,9	14,4
Febrero	25,7	10,6	18,1	14,3	13,1	12,0	11,2	10,8	10,6	11,0	12,3	14,3	16,7	19,3	21,9	23,9	25,2	25,7	25,5	25,0	24,2	23,2	21,9	20,4	18,8	17,2	15,7
Marzo	28,0	12,4	20,2	16,3	15,0	13,9	13,1	12,6	12,4	12,9	14,2	16,3	18,8	21,6	24,1	26,2	27,5	28,0	27,8	27,3	26,5	25,4	24,1	22,6	21,0	19,4	17,8
Abril	31,8	15,0	23,4	19,2	17,8	16,6	15,7	15,2	15,0	15,5	17,0	19,2	21,9	24,9	27,6	29,8	31,3	31,8	31,6	31,1	30,2	29,0	27,6	26,0	24,3	22,5	20,8
Mayo	35,3	18,5	26,9	22,7	21,3	20,1	19,2	18,7	18,5	19,0	20,5	22,7	25,4	28,4	31,1	33,3	34,8	35,3	35,1	34,6	33,7	32,5	31,1	29,5	27,8	26,0	24,3
Junio	39,5	23,5	31,5	27,5	26,1	25,0	24,2	23,7	23,5	24,0	25,4	27,5	30,1	32,9	35,5	37,6	39,0	39,5	39,3	38,8	38,0	36,9	35,5	34,0	32,3	30,7	29,0
Julio	39,0	25,6	32,3	29,0	27,8	26,9	26,2	25,7	25,6	26,0	27,2	28,9	31,1	33,5	35,6	37,4	38,6	39,0	38,9	38,4	37,7	36,8	35,7	34,4	33,0	31,6	30,2
Agosto	37,8	25,4	31,6	28,5	27,5	26,6	25,9	25,5	25,4	25,8	26,8	28,5	30,5	32,7	34,7	36,3	37,4	37,8	37,7	37,3	36,6	35,7	34,7	33,5	32,2	31,0	29,7
Septiembre	37,2	24,1	30,7	27,4	26,3	25,4	24,7	24,2	24,1	24,5	25,7	27,4	29,6	31,9	34,0	35,7	36,8	37,2	37,1	36,6	36,0	35,1	34,0	32,8	31,5	30,1	28,7
Octubre	33,6	19,3	26,5	22,9	21,7	20,7	19,9	19,5	19,3	19,7	21,0	22,9	25,3	27,8	30,1	32,0	33,2	33,6	33,4	33,0	32,3	31,3	30,1	28,8	27,3	25,8	24,3
Noviembre	28,0	13,0	20,5	16,8	15,5	14,4	13,6	13,2	13,0	13,5	14,8	16,7	19,2	21,8	24,2	26,2	27,5	28,0	27,8	27,4	26,6	25,5	24,3	22,8	21,3	19,7	18,2
Diciembre	23,8	9,7	16,8	13,3	12,1	11,1	10,3	9,9	9,7	10,1	11,4	13,3	15,6	18,1	20,3	22,2	23,4	23,8	23,6	23,2	22,5	21,5	20,3	19,0	17,6	16,1	14,7
ANUAL	32,0	17,2	24,6	20,9	19,7	18,6	17,8	17,4	17,2	17,7	18,9	20,9	23,3	25,9	28,3	30,2	31,5	32,0	31,8	31,3	30,5	29,5	28,3	26,9	25,4	23,8	22,3

**Tabla 6.** Temperatura horaria de Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).



**Gráfica 22.** Porcentajes de temperaturas

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con el análisis de las temperaturas horarias, se tienen condiciones de confort el 39% del tiempo, el 35% del tiempo existen condiciones de sobrecalentamiento y el 26% bajo calentamiento.

En las épocas calurosa (junio a septiembre) el confort se da entre la 1 y las 8 de la mañana, sin embargo se presentan temperaturas por arriba del confort entre las 9 y las 24 h.

En la época de transición (octubre, abril y mayo) el confort se da durante un lapso menor, de las 10 a las 12 h y después de las 20 y hasta las 24 h. Sin embargo en esta época se presentan condiciones de bajo calentamiento a partir de la 1 y hasta las 8 de la mañana.

En la época de menor temperatura (noviembre a marzo) el confort se presenta durante la tarde, en promedio a partir de las 12 h y hasta las 19 h, mientras que el bajo calentamiento se presenta a partir de las 19 h y hasta las 11 de la mañana en promedio.

### **2.3.6. Humedad horaria**

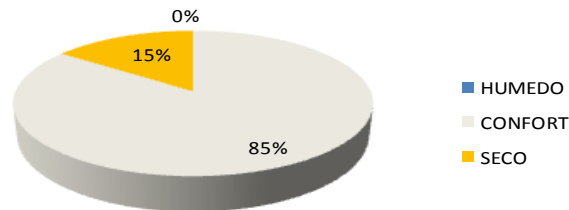
La siguiente tabla muestra el análisis horario de humedad media de cada mes para Hermosillo, la cual permite determinar si las condiciones son de confort, de humedad o secas.

MES	HRM	HRm
Enero	65	31
Febrero	60	28
Marzo	55	25
Abril	47	21
Mayo	43	19
Junio	46	22
Julio	63	33
Agosto	68	38
Septiembre	63	33
Octubre	56	28
Noviembre	59	27
Diciembre	66	32
ANUAL	58	28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
57	60	62	64	65	65	64	61	57	51	45	39	35	32	31	31	32	34	36	39	43	46	50	53
52	55	57	59	60	60	60	57	52	47	41	36	31	29	28	28	29	31	33	36	39	42	46	49
48	50	52	54	55	55	54	52	48	43	37	32	28	26	25	25	26	28	30	32	35	38	42	45
41	43	45	46	47	47	46	44	41	36	32	27	24	22	21	21	22	23	25	27	30	33	35	38
37	39	41	42	43	43	42	40	37	33	29	25	22	20	19	19	20	21	23	25	27	30	32	35
40	42	44	45	46	46	45	43	40	36	32	28	25	23	22	22	23	24	26	28	30	33	35	38
55	58	60	61	62	63	62	59	55	51	45	41	37	34	33	34	35	36	38	41	43	46	50	53
61	63	65	67	68	68	67	65	61	56	50	45	41	39	38	38	39	41	43	45	48	51	55	58
55	58	60	61	62	63	62	59	55	51	45	41	37	34	33	34	35	36	38	41	44	46	50	52
49	51	53	55	56	56	55	53	49	44	40	35	31	29	28	28	29	31	33	35	38	41	43	46
51	54	56	57	58	59	58	55	51	46	40	35	31	28	27	28	29	30	32	35	38	41	45	48
58	61	63	65	66	66	65	62	58	52	46	40	36	33	32	32	33	35	37	40	44	47	51	54
50	53	55	56	57	58	57	54	50	45	40	35	32	29	28	28	29	31	33	35	38	41	44	47

**Tabla 7.** Humedad horaria de Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).



**Gráfica 23.** Porcentajes de humedad

*Fuente:* Elaboración propia

Considerando un rango entre 30% y 70% de humedad como permisible, se tiene que en Hermosillo, Sonora, el 85% del tiempo se tienen condiciones higrotérmicas adecuadas, éstas se dan prácticamente durante todo el día, exceptuando los meses entre febrero y junio, en los que se presentan ligeras variaciones entre las 12 y las 21 h, de igual manera durante los meses de octubre y noviembre entre las 14 y las 17 h. Mismas que representan un 15 % de condiciones higrotérmicas inadecuadas (secas).

Como es evidente, las humedades más elevadas se encuentran en confort y se presentan cuando las temperaturas son menores, mientras que las humedades más bajas se ubican en las horas de mayor calor.

### 2.3.7. Radiación solar horaria

La siguiente tabla muestra el análisis teórico horario de radiación solar máxima total, máxima directa y máxima solar difusa de cada mes para la ciudad de Hermosillo, y tiene el objetivo de determinar las horas teóricas de insolación máxima posible con radiación directa mayor a 120 W/m<sup>2</sup>.

MES	MÁXIMA TOTAL	RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA TOTAL																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Enero	614	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	179.2	345.3	486.8	581.0	614.0	581.0	486.8	345.3	179.2	23.2	0.0	0.0
Febrero	698	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.6	255.2	428.1	571.3	665.3	698.0	665.3	571.3	428.1	255.2	80.6	0.0	0.0
Marzo	741	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	146.4	322.5	488.9	623.5	710.8	741.0	710.8	623.5	488.9	322.5	146.4	0.0	0.0
Abril	845	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.4	234.4	421.6	592.4	728.0	815.0	845.0	815.0	728.0	592.4	421.6	234.4	57.4	0.0
Mayo	1007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.4	336.2	546.0	733.6	881.0	974.8	1,007.0	974.8	881.0	733.6	546.0	336.2	128.4	0.0
Junio	1015	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.6	362.4	568.1	750.6	893.3	983.9	1,015.0	983.9	893.3	750.6	568.1	362.4	155.6	0.0
Julio	827	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.2	279.5	451.0	604.1	724.3	800.8	827.0	800.8	724.3	604.1	451.0	279.5	109.2	0.0
Agosto	811	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.5	229.3	408.0	570.7	699.8	782.5	811.0	782.5	699.8	570.7	408.0	229.3	59.5	0.0
Septiembre	886	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	175.0	385.7	584.5	745.5	849.9	886.0	849.9	745.5	584.5	385.7	175.0	0.0	0.0
Octubre	865	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	102.9	318.9	532.4	708.9	824.7	865.0	824.7	708.9	532.4	318.9	102.9	0.0	0.0
Noviembre	710	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	209.3	400.8	563.7	672.0	710.0	672.0	563.7	400.8	209.3	28.9	0.0	0.0
Diciembre	615	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	159.7	331.9	480.4	580.0	615.0	580.0	480.4	331.9	159.7	6.0	0.0	0.0
<b>Promedio</b>	<b>803</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>158.6</b>	<b>349.5</b>	<b>529.7</b>	<b>675.6</b>	<b>770.1</b>	<b>802.8</b>	<b>770.1</b>	<b>675.6</b>	<b>529.7</b>	<b>349.5</b>	<b>158.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

MES	MÁXIMA DIRECTA	RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA DIRECTA																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Enero	488	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	104.7	237.7	365.1	455.4	488.0	455.4	365.1	237.7	104.7	8.1	0.0	0.0
Febrero	556	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.4	158.1	301.8	432.9	523.6	556.0	523.6	432.9	301.8	158.1	37.4	0.0	0.0
Marzo	566	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.5	200.1	336.5	456.2	537.3	566.0	537.3	456.2	336.5	200.1	74.5	0.0	0.0
Abril	670	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	134.9	280.9	429.8	556.2	640.4	670.0	640.4	556.2	429.8	280.9	134.9	23.2	0.0
Mayo	893	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.1	226.6	415.5	601.1	755.6	857.5	893.0	857.5	755.6	601.1	415.5	226.6	68.1	0.0
Junio	907	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.0	250.3	439.1	622.0	773.2	872.4	907.0	872.4	773.2	622.0	439.1	250.3	87.0	0.0
Julio	638	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.8	164.4	299.0	430.9	540.5	612.8	638.0	612.8	540.5	430.9	299.0	164.4	50.8	0.0
Agosto	624	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	128.6	264.4	402.2	518.9	596.7	624.0	596.7	518.9	402.2	264.4	128.6	23.8	0.0
Septiembre	755	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.4	266.9	448.9	608.5	716.7	755.0	716.7	608.5	448.9	266.9	99.4	0.0	0.0
Octubre	797	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	229.0	434.4	621.5	750.9	797.0	750.9	621.5	434.4	229.0	55.7	0.0	0.0
Noviembre	616	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	133.8	301.4	461.6	575.1	616.0	575.1	461.6	301.4	133.8	11.2	0.0	0.0
Diciembre	503	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	93.3	232.6	369.4	467.5	503.0	467.5	369.4	232.6	93.3	1.6	0.0	0.0
<b>Promedio</b>	<b>668</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>87.9</b>	<b>236.1</b>	<b>397.0</b>	<b>538.2</b>	<b>633.9</b>	<b>667.8</b>	<b>633.9</b>	<b>538.2</b>	<b>397.0</b>	<b>236.1</b>	<b>87.9</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

MES	MÁXIMA DIFUSA	RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA DIFUSA																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Enero	126	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	74.5	107.6	121.7	125.6	126.0	125.6	121.7	107.6	74.5	15.1	0.0	0.0
Febrero	142	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.2	97.1	126.3	138.5	141.7	142.0	141.7	138.5	126.3	97.1	43.2	0.0	0.0
Marzo	175	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.8	122.4	152.3	167.4	173.5	175.0	173.5	167.4	152.3	122.4	71.8	0.0	0.0
Abril	175	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.2	99.5	140.6	162.6	171.9	174.6	175.0	174.6	171.9	162.6	140.6	99.5	34.2	0.0
Mayo	114	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.4	109.6	130.5	132.6	125.4	117.3	114.0	117.3	125.4	132.6	130.5	109.6	60.4	0.0
Junio	108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.6	112.1	129.0	128.6	120.14	111.5	108.0	111.5	120.136	128.6	129.0	112.1	68.6	0.0
Julio	189	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.4	115.1	152.0	173.3	183.7	188.0	189.0	188.0	183.7	173.3	152.0	115.1	58.4	0.0
Agosto	187	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.7	100.6	143.6	168.5	180.8	185.8	187.0	185.8	180.8	168.5	143.6	100.6	35.7	0.0
Septiembre	131	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.6	118.7	135.6	137.1	133.2	131.0	133.2	137.1	135.6	118.7	75.6	0.0	0.0
Octubre	68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.2	89.9	97.9	87.4	73.8	68.0	73.8	87.4	97.9	89.9	47.2	0.0	0.0
Noviembre	94	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	75.5	99.4	102.0	96.9	94.0	96.9	102.0	99.4	75.5	17.6	0.0	0.0
Diciembre	112	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	66.5	99.2	111.0	112.5	112.0	112.5	111.0	99.2	66.5	4.5	0.0	0.0
<b>Promedio</b>	<b>135</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>70.6</b>	<b>113.4</b>	<b>132.6</b>	<b>137.4</b>	<b>136.2</b>	<b>135.1</b>	<b>136.2</b>	<b>137.4</b>	<b>132.6</b>	<b>113.4</b>	<b>70.6</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

mayor de 700	500 a 700	120 a 500	menos de 120	no hay radiación
--------------	-----------	-----------	--------------	------------------

**Tabla 8.** Radiación solar horaria de Hermosillo, Sonora.  
*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

De octubre a febrero se presentan 9 horas de radiación total mayor a los  $120 \text{ W/m}^2$ , mientras que en abril, julio y agosto, son 11 las horas con el mismo límite y durante los meses de mayo y junio son 13 las horas con este nivel de radiación total.

En el caso de la radiación directa, durante los meses de enero y diciembre se presentan 7 h de radiación directa mayor a los  $120 \text{ W/m}^2$ , de septiembre a noviembre y de febrero a marzo se presentan 9 h, mientras que de abril a agosto se presentan 11 h.

#### **2.4. Conclusiones sobre el clima y las estrategias**

Para el desarrollo del presente análisis, se partió de los datos obtenidos en las Normales Climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden (1971-2000), las Normales Climatológicas Periodo 1941-1970 generadas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y de la Estación Meteorológica Automatizada (EMA) de la Universidad de Sonora; además de diversos algoritmos que permitieron realizar los distintos cálculos.

A partir de esta información, se realizó el análisis de la ciudad de Hermosillo, en función de la temperatura, humedad, precipitación y evaporación, índice ombrotérmico, días grado, niveles de radiación solar, nubosidad, viento, dirección y flujo; índices térmicos como el Humidex y el Australiano, el PMV y los porcentajes de insatisfacción.

Y teniendo como base esta información, se lograron desarrollar los sistemas de determinación de estrategias para el diseño, tales como los triángulo de confort de Evans, la carta bioclimática, y la psicrométrica, la gráfica de temperatura efectiva corregida, el análisis de datos horarios, tanto de temperatura, humedad, como de radiación solar.

En este sentido, las herramientas básicas para la obtención de estrategias de diseño bioclimático, son las cartas bioclimática y la psicrométrica, mismas que tendrán que ser comparadas a fin de determinar la solución a los requerimientos. Y dado que en la carta bioclimática únicamente se toma una zona de confort, mientras que en la psicrométrica



se consideraron la zona de confort de invierno, la de verano y la promedio anual como referencia; los porcentajes de solución variarán un poco.

Con la finalidad de sintetizar toda la información antes mencionada, se realizó la hoja de ciclos estacionarios, la cual nos permite ver de manera consecutiva todos los resultados. Y, por último, se desarrollarán 2 herramientas más que nos permiten (a partir de una síntesis de requerimientos) tener las propuestas de solución y estrategias, las cuales son las tablas de Mahoney y la matriz de climatización.

## 2.4.1. Caracterización del clima anual

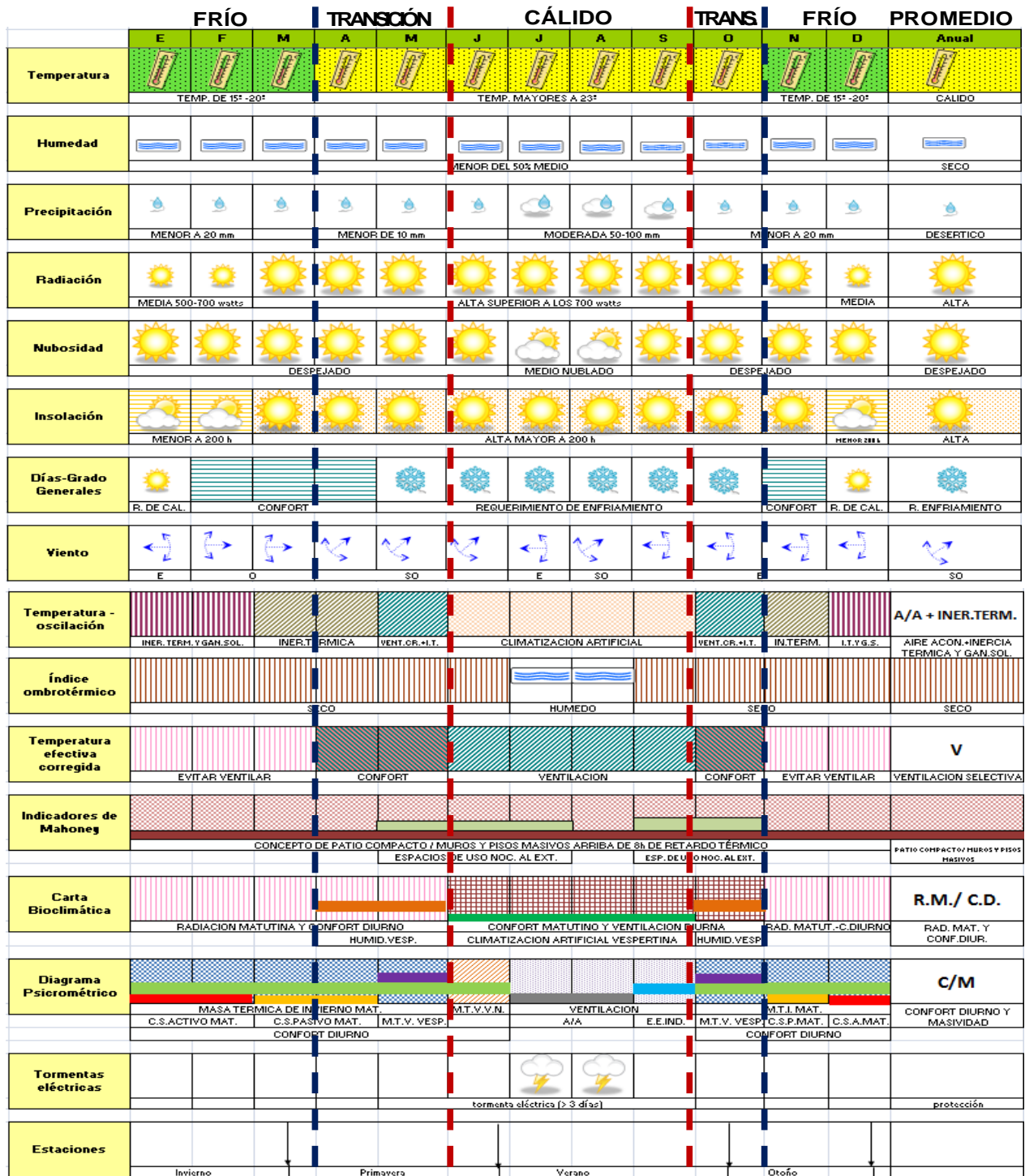


Tabla 9. Caracterización del clima anual de Hermosillo, Sonora.

Fuente: (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001).

La ciudad de Hermosillo, Sonora, presenta un clima cálido seco extremoso, con temperaturas ligeramente bajas durante las noches, ligeramente confortables por la mañana y cálidas por la tarde. Durante los meses de noviembre y hasta mediados de marzo, las temperaturas son bajas, debido a la declinación solar, y la escasa radiación solar, por lo que la implementación de masa térmica, ganancias solares y el evitar la ventilación, bastan para solucionar los requerimientos ya que se presentan oscilaciones altas.

Se presentan dos periodos marcados de transición, el primero en el mes de abril y hasta mediados del mes de junio, en donde se presentan las mayores oscilaciones de todo el año, ya que pueden presentarse mañanas y noches confortables, pero tardes muy calurosas, por lo que la aplicación de inercia térmica y humidificación vespertina pueden solucionar los requerimientos, en esta misma época, la dirección de los vientos cambia a SO, mientras que el resto del años se mantiene en dirección E; la otro época de transición sucede durante el mes de octubre, donde se ve claramente el cambio entre el verano y el invierno, presentando mañanas frías y tardes muy calurosas.

Además se presenta la época de calor, que va desde principios del mes de junio y hasta finales de septiembre, en donde se dan temperaturas que pueden llegar hasta los 47 °C durante las tardes del mes de junio, en esta época se presentan radiaciones solares máximas totales que superan los 800W/m<sup>2</sup>, sin embargo aunque la temperatura no disminuya, durante los meses de julio y agosto se presentan precipitaciones altas, que por lapsos de tiempo provocan nubosidad y mayor humedad en el ambiente lo que genera sensación de sofocamiento, para la solución de estos requerimientos las estrategias que se proponen son la de ventilación y, durante las horas más críticas, la implementación de equipos de climatización artificial.

## 2.5. Indicadores de Mahoney

De acuerdo con los criterios definidos por Mahoney, se observa que se presentan a lo largo del año sólo 2 distintos grados de humedad, de septiembre a julio con grado de humedad (2) medio-bajo (30-50%) y agosto (3) media-alta (50-70%).

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Grupo de Humedad		2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
<b>Confort diurno</b>													
Rango superior	°C	30	30	30	30	30	30	30	28	30	30	30	30
Rango inferior	°C	25	25	25	25	25	25	25	23	25	25	25	25
<b>Confort nocturno</b>													
Rango superior	°C	24	24	24	24	24	24	24	23	24	24	24	24
Rango inferior	°C	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Requerimiento Térmico Diurno		F	0	0	C	C	C	C	C	C	C	0	F
Requerimiento Térmico Nocturno		F	F	F	F	0	0	C	C	C	0	F	F

**Tabla 10.** Indicadores de Mahoney para Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Tablas de Mahoney, 2002)

Los rangos de confort varían de acuerdo con los distintos grados de humedad como se indica en la tabla. Se puede observar que durante los meses de enero y diciembre se presentan requerimientos térmicos diurnos de calentamiento, ya que las temperaturas son menores a los 25 °C y durante los meses de abril a octubre, los requerimiento son de enfriamiento, ya que las temperaturas superan los 30 °C, tan sólo para los meses de febrero, marzo y noviembre no se registra requerimiento alguno.

Por lo que de acuerdo con las frecuencias de cada uno de los indicadores, Mahoney da las siguientes recomendaciones de diseño (ver tabla 11):

- Concepto de patio y configuración compacta, no se recomienda ventilación dadas las altas temperatura, por lo que se proponen aberturas muy pequeñas (10-20% con respecto al muro); sombreado total y permanente (excepto en enero

y diciembre), masividad arriba de 8 h de retardo térmico tanto en muros, como pisos y techumbres; y espacios de uso nocturno al exterior.

INDICADORES DE MAHONEY							no.	Recomendaciones
1	2	3	4	5	6			
	0	0	0	12	5	2		
Distribución				1			1	
					1		1	Concepto de patio compacto
Espaciamiento							3	
							4	
Espaciamiento	1						5	Configuración compacta
							6	
Ventilación				1			7	
	1						8	Ventilación NO requerida
Ventilación		1					9	
							10	
Tamaño de las Aberturas							11	
				1			12	Muy Pequeñas 10 - 20 %
Tamaño de las Aberturas							13	
							14	
Posición de las Aberturas				1			15	
	1						16	Sombreado total y permanente
Protección de las Aberturas							17	
							18	
Muros y Pisos				1			19	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
							20	
Techumbre				1			21	
	1						22	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Espacios nocturnos exteriores					1		23	Espacios de uso nocturno al exterior
							24	

**Tabla 11.** Estrategias de Mahoney para Hermosillo, Sonora.

*Fuente:* (Fuentes, Hoja de cálculo: Tablas de Mahoney, 2002)

**MATRIZ DE CLIMATIZACION**

CIUDAD: HERMOSILLO, SONORA

CONDICIONANTE CLIMATICA										SISTEMAS PASIVOS		OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTONICO												
												INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			
CALIDO SECO	CALIDO HUMEDO	SEMI-CALIDO SUBHUMEDO	TEMPLADO SECO	TEMPLADO	TEMPLADO HUMEDO	SEMI-FRIO SECO	SEMI-FRIO	SEMI-FRIO HUMEDO	ESTRATEGIAS	DIRECTO - INDIRECTO	DIAGRAMA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ELEMENTOS REGULADORES
												DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		DIA		NOCHE		
●									D	RADIACION SOLAR DIRECTA	DIA													ganancia solar directa por ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.
●										I	GANANCIAS INTERNAS	DIA												
●									C		RADIACION SOLAR INDIRECTA	DIA												
●										I	PROTECCIÓN DEL VIENTO	DIA												
●									D		CONDENSACIÓN DE AGUA	NOCHE												
●										D	AISLAMIENTO DE CALOR	DIA												
●									E		VENTILACIÓN NATURAL	NOCHE												
●										E	VENTILACIÓN FORZADA	DIA												
●									I		PROTECCIÓN SOLAR	DIA												
										D	ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO	NOCHE												
									D		SISTEMAS RADIATIVOS	DIA												
										D	CALENTAMIENTO DIRECTO	NOCHE												
									I		CALENTAMIENTO INDIRECTO	DIA												
										D	VENTILACIÓN INDUCIDA	NOCHE												
●									H		SISTEMAS EVAPORATIVOS	DIA												
●										I	VENTILACIÓN INDUCIDA	NOCHE												
											SISTEMAS ACTIVOS													
●									D	RADIACION SOLAR ACTIVA	DIA													equipos de calefaccion, colectores solares, pisos radiantes
●										I	ENFRIAMIENTO EQUIPO	NOCHE												

**Tabla 12.** Matriz de climatización para Hermosillo, Sonora.

**2.6. Definición de estrategias básicas de diseño**

De acuerdo con el análisis, Hermosillo se caracteriza por presentar tres épocas climáticas, la de mayor temperatura (verano), presenta temperaturas elevadas durante todo el día, la de menor temperatura (invierno) caracterizada por temperaturas bajas durante todo el día y la de transición, que presenta temperaturas elevadas durante el día y bajas durante la noche. Por lo que las principales estrategias de diseño para Hermosillo, son:

- La ganancia solar para las horas de menor temperatura.
- El control solar para las horas de mayor temperatura.

- La inercia térmica para la reducción de oscilación.
- La ventilación selectiva.

En la época fría será necesario aprovechar las ganancias solares directas durante las primeras horas de la mañana, aprovechando las ganancias indirectas durante la tarde, en los meses de noviembre y hasta mediados de abril. Por lo que las ganancias internas deben aprovecharse para el calentamiento interno.

Para evitar las pérdidas de calor durante el invierno, deberá tenerse cuidado con las pérdidas convectivas, es decir, pérdidas por infiltraciones de aire frío o fuga del aire interior. Durante los meses de enero y diciembre, tal vez sea necesario recurrir al calentamiento por medios mecánicos, ya que podrán existir temperaturas muy bajas que lo exijan, y más durante tempranas horas de la mañana.

En la época calurosa será necesario que durante los meses de mayor temperatura se eviten las ganancias solares, protegiendo del sol y aplicando materiales con inercia térmica que reduzcan la oscilación, además de aplicar ventilación inducida con el aire tratado y provocar la humidificación durante los meses más secos, como lo son abril, mayo y octubre. Habrá ocasiones, durante las tardes de junio a septiembre, en las que se requiera el uso de equipos de climatización artificial.

Así pues, la información recabada en este capítulo, tanto los resultados del análisis climático como la definición de las estrategias de diseño, serán determinantes para establecer criterios en los próximos capítulos.

### **Estudio de caso: Vivienda de interés social en Hermosillo**

En la primera parte del siguiente capítulo se establecen los criterios tomados para la selección de la vivienda a evaluar, así como las principales características que ésta presenta.

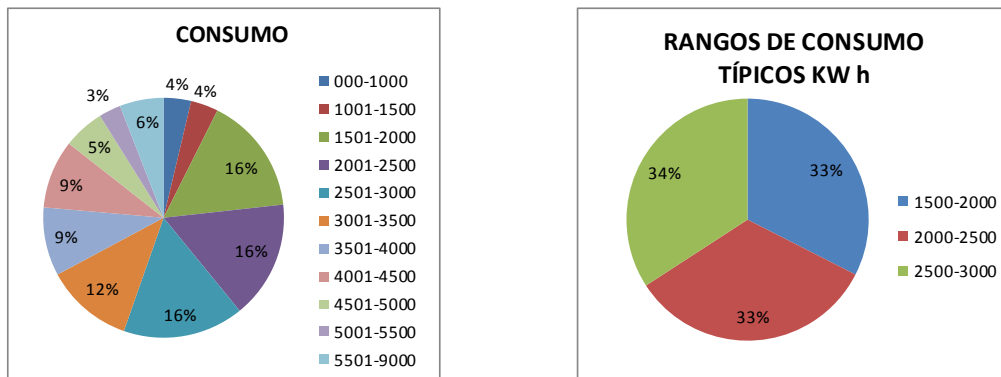
En la segunda parte se plantean los parámetros que tendrá el modelo de la vivienda simulada digitalmente, así como los resultados que deriven de esta evaluación.

#### **3.1. Selección de vivienda de interés social a estudiar**

A partir de una base de datos, obtenidos de una investigación financiada por CONAVI y desarrollada por la Universidad de Sonora (UNISON), la cual lleva a cabo estudios sobre confort térmico en viviendas económicas en siete ciudades del territorio mexicano, correspondientes a clima cálido seco y cálido húmedo, y con datos específicos de la ciudad de Hermosillo; se llevó a cabo la clasificación de las viviendas de interés social, que servirían como modelo para la evaluación y simulación de este proyecto.

Dicha clasificación, tuvo varios criterios de selección, el primero fue seleccionar los consumos eléctricos más repetidos, con la finalidad de catalogar rangos de consumo típico para la zona, este filtro partió de agrupar por categorías de consumos, que iban en módulos de 500 kW h, desde 1 hasta los 9,000 kW h, generando 11 diferentes rangos de un total de 370 datos, de esta manera, los mas repetitivos se ubicaron entre los 1,500 y los 3,000 kW h, generando tres rangos de consumo, con un 16% cada uno del total, obteniendo 120 viviendas las cuales se organizaron de la siguiente manera:

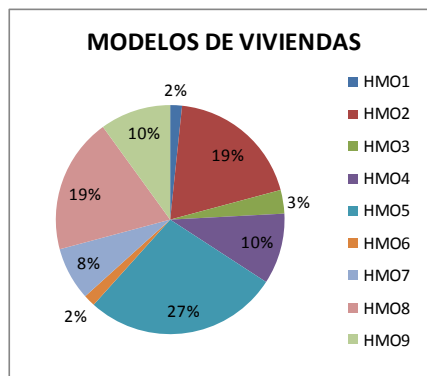




**Gráfica 24.** Porcentajes de consumo eléctrico y rangos de consumo

*Fuente:* (CONAFOVI & UNISON, 2006)

Esta investigación, se realizó en 9 fraccionamientos en la ciudad de Hermosillo construidos y habitados con categoría de vivienda económica, por lo que, de las 120 viviendas seleccionadas se obtuvo la siguiente relación:

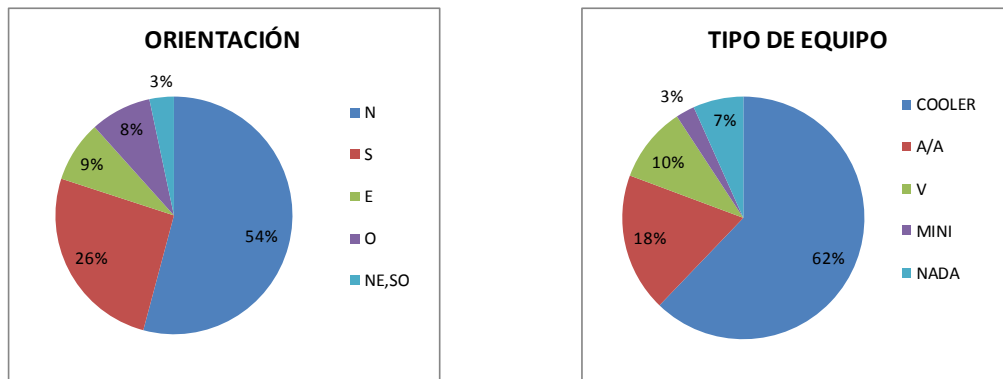


**Gráfica 25.** Porcentajes de modelos de viviendas

*Fuente:* (CONAFOVI & UNISON, 2006)

Tomando en cuenta los registros más representativos, encontramos con el 27% correspondiente a las vivienda modelo HM05, el 19% las correspondiente al modelo HM02 y HM08 y con el 10% a las correspondientes al modelo HM04 y HM09.

Así mismo, de la relación de las 120 viviendas, se categorizó de acuerdo con la orientación de la fachada principal y al tipo de equipo de climatización que éstas tenían:

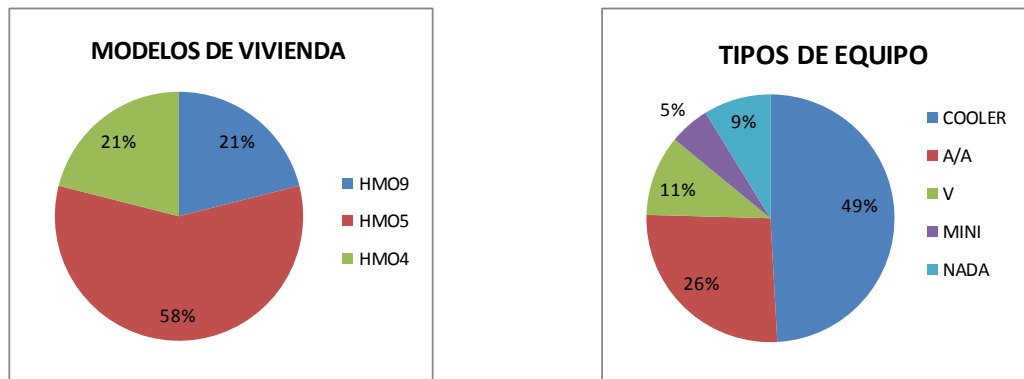


**Gráfica 26.** Porcentajes de orientación y de tipos de equipos

*Fuente:* (CONAFOVI & UNISON, 2006)

Con respecto a la orientación, el 54% corresponde a las viviendas con disposición de fachada Norte, mientras que el 26% a las que tienen fachada sur. Y para la clasificación según el tipo de equipo de climatización mecánico utilizado, se detectó que el 62% corresponde a las viviendas que utilizan el *cooler*, y solo el 18% para aquellas que hacen uso de A/A.

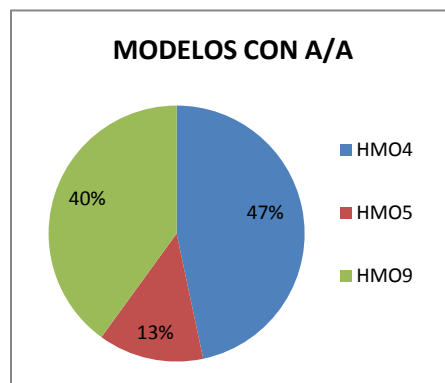
El siguiente filtro consistió en seleccionar del total de los nueve modelos de viviendas, tres que a consideración propia tuvieran mejores condiciones de funcionamiento y distribución de los espacios, por lo que se eligió el modelo HMO4, HMO5 y HMO9, correspondientes a los fraccionamientos Altares, Real de Minas y Villas del sur respectivamente, de tal forma que el número de viviendas seleccionadas se redujo a 57, en este sentido, la relación de viviendas correspondiente a cada modelo y el tipo de equipo de climatización utilizado fue la siguiente:



**Gráfica 27.** Porcentajes de modelos de viviendas y de tipos de equipos

*Fuente:* (CONAFOVI & UNISON, 2006)

De acuerdo con el filtro anterior, se pudo ubicar el tipo de equipo de climatización predominante, el cual fue el *cooler*, sin embargo, el programa que se utilizará para la evaluación de las viviendas no contempla la simulación del aire húmedo, por lo que fue necesario realizar otro filtro, considerando al aire acondicionado como estrategia de simulación, por lo que el banco de datos se redujo nuevamente a 15 viviendas, quedando de la siguiente manera la relación:

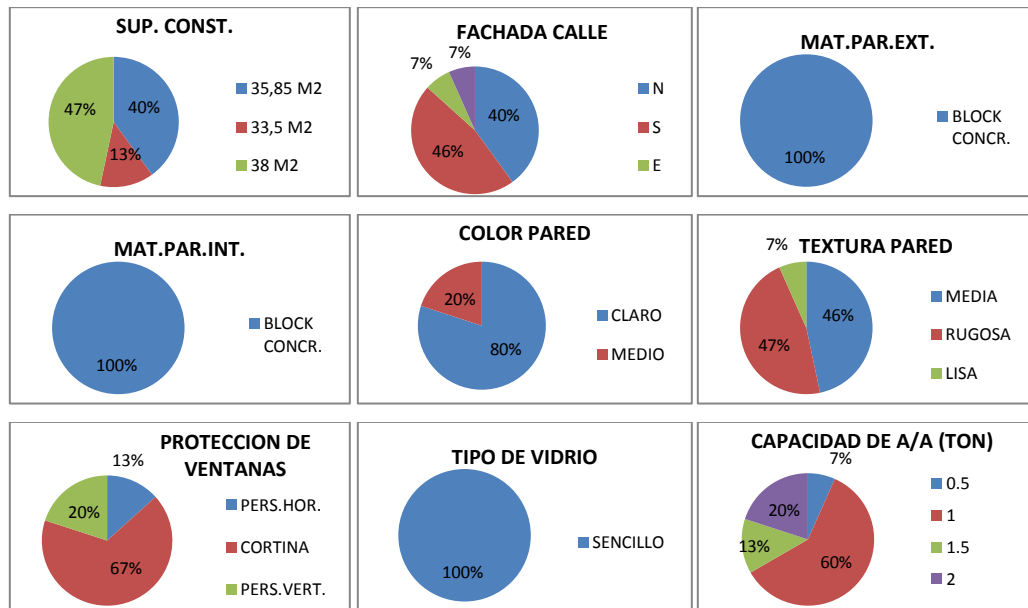


**Gráfica 28.** Porcentajes de modelos de viviendas con A/A

*Fuente:* (CONAFOVI & UNISON, 2006)

A partir de la selección de las 15 viviendas, se desarrolló una serie de clasificaciones, con relación en sus características individuales, tales como superficie construida, orientación de fachada principal, materiales en paredes exteriores e interiores, color y

textura de pared, tipo de protección solar en ventanas, tipo de vidrio y capacidad de equipos de aire acondicionado, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:



**Gráfica 29.** Grupo de características para clasificación

*Fuente:* (CONAFOVI & UNISON, 2006)

De esta manera se llevó a cabo el último filtro, en el que de acuerdo con los datos anteriores, fueron seleccionadas 3 viviendas, éstas presentaron características en común para que al momento de realizar las simulaciones tuvieran condiciones de semejanza, tales como la orientación y la capacidad del equipo de aire acondicionado.

Sin embargo para efectos prácticos, se eligió una vivienda como modelo tipo para realizar las simulaciones correspondientes, a continuación se presentan sus características:

### 3.1.1. Localización de la vivienda



**Figura 13.** Localización de la vivienda

*Fuente:* (<http://maps.google.com.mx/>, 2010)

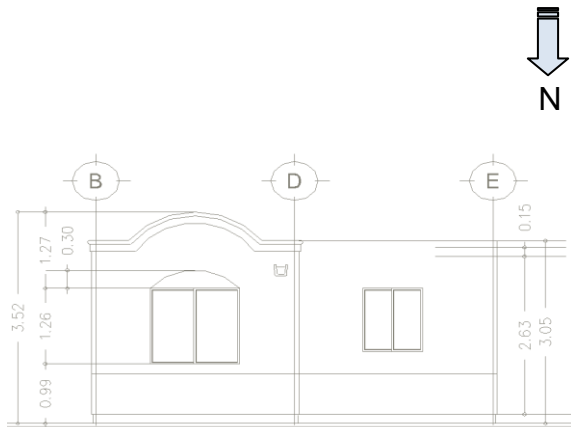
La vivienda seleccionada se localiza al Sur de la Ciudad de Hermosillo, en el fraccionamiento Altares, la cual tiene una fachada con orientación Norte.

### 3.1.2. Características de la Vivienda

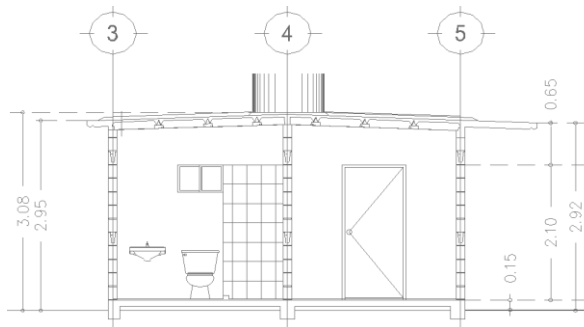
La vivienda a evaluar tiene su fachada principal orientada al norte, está ubicada en un terreno de 119 m<sup>2</sup> y tiene 35.5 m<sup>2</sup> de área construida, está compuesta por una con orientación sur, un espacio común de sala, cocina y comedor (s-c-c) con orientación norte, un baño, un patio y un pasillo de servicio.



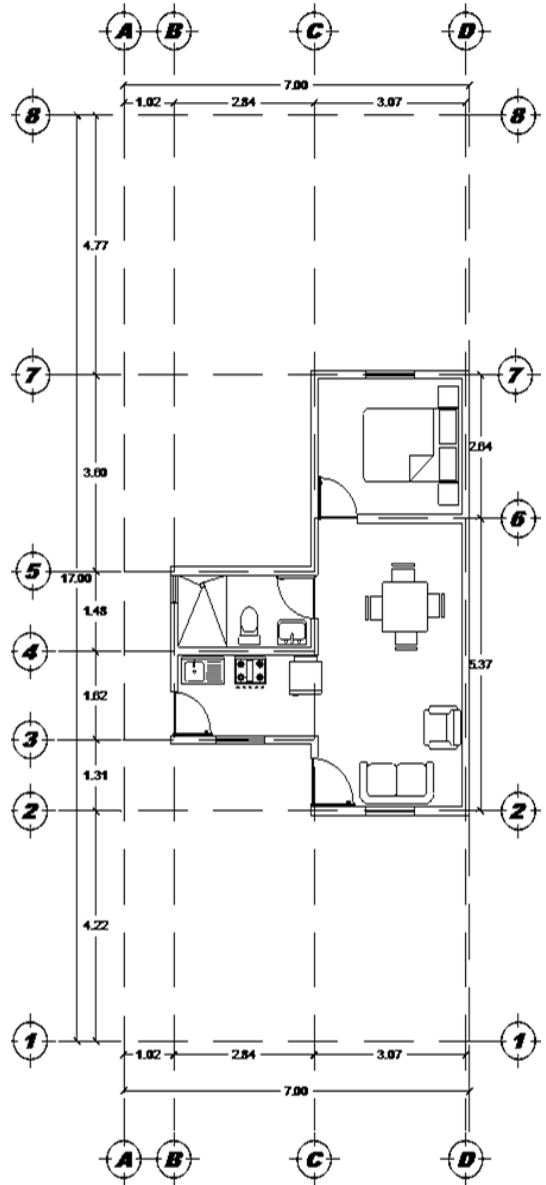
**Figura 14.** Fachada principal HMO4-N y fachada posterior HMO4-N



**Figura 15.** Alzado frontal HMO4-N



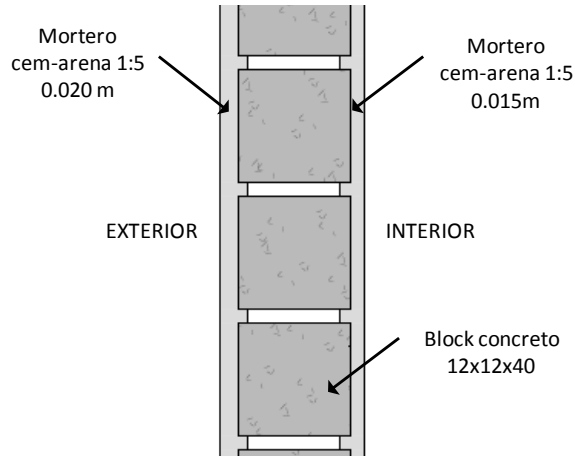
**Figura 16.** Corte longitudinal HMO4-N



**Figura 17.** Planta arquitectónica HMO4-N

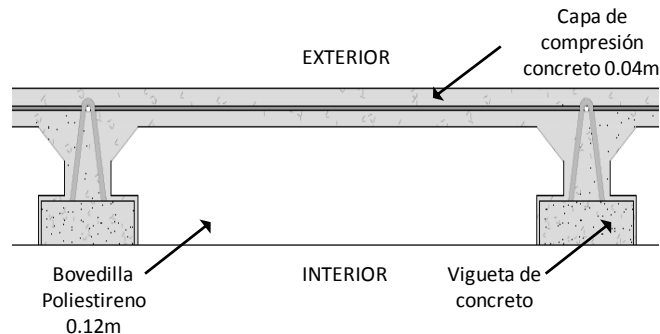
### 3.1.3. Materiales y sistemas constructivos

La vivienda tiene muros perimetrales e interiores hechos a base de block de concreto de 12x12x40 cm, más una capa exterior y una interior de mortero que suman en total 15 cm (ver figura 17).



**Figura 18.** Sistema constructivo muro HMO4-N

El sistema constructivo en la cubierta de la vivienda consta de vigueta precolada y bovedilla de poliestireno de 60 cm de ancho x 12 cm de espesor, con una capa de compresión de 4 cm (ver figura 18).



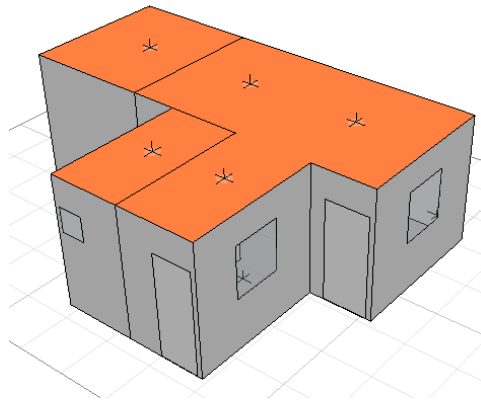
**Figura 19.** Sistema constructivo losa HMO4-N

Todas las superficies carecen de aislamiento y en ninguna de las ventanas hay protección solar. En general la vivienda no cuenta con sombreado exterior ni en las áreas habitables, ni fachadas, ni en el área de cochera.

### 3.2. Simulación digital de la vivienda de interés social seleccionada

A continuación se presentan los parámetros considerados para realizar el cálculo térmico, el de pérdidas y ganancias, y el de consumo eléctrico de la vivienda HMO4-ALTARES.

Tomando como referencia la planta arquitectónica, la fachada principal y el corte longitudinal de la vivienda seleccionada, se llevó a cabo la realización del modelo virtual en un programa de simulación digital, que permitirá realizar todas las evaluaciones necesarias.



**Figura 20.** Modelo digital de la vivienda HMO4-N <sup>2</sup>

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Una vez realizado el modelo de la vivienda, se asignaron propiedades a los materiales de sus componentes como muros y techos. Por lo que se realizó el cálculo de Resistencia y Transmisión (U) de calor, para el sistema constructivo de vigueta y bovedilla para el techo y para los muros de block.

Ya aplicados los parámetros térmicos, se realizó un análisis de ocupación por cada una de las zonas propuestas, las cuales fueron, recámara, baño y s-c-c (sala, comedor,

---

<sup>2</sup>Los modelos de simulación digital desarrollados para obtener las figuras de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.



cocina), para esto se determinaron ciertos factores, tales como el número de ocupantes por espacio y el tiempo de estancia, además de características de la actividad a realizar, y ya que para la evaluación se asignó que dentro de la existe un equipo de aire acondicionado, al momento de dar los parámetros, es necesario determinar los tiempos de encendido y apagado del equipo, así como el rango que tendrá su termostato (24-26 °C).

Una vez desarrollado el horario de ocupación en cada espacio, se realizó un estudio para determinar usos y horarios típicos de los equipos electrodomésticos y de iluminación, y de acuerdo con los datos obtenidos por las encuestas de la UNISON se asignaron los horarios de uso de los equipos de aire acondicionado.

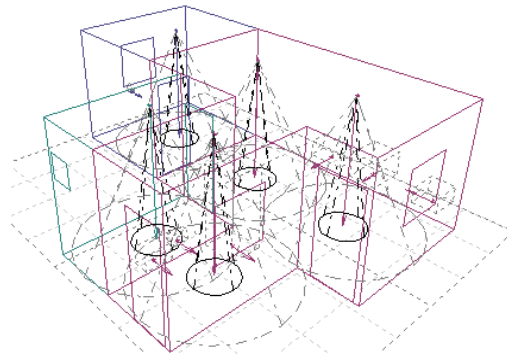
ESPACIO	EQUIPO	EQUIPO	CANT.	CONS.	TIEMPO	DIAS/MES	CONS. MES KW/HR
SALA COMEDOR	ventilador	vent.	1	70	10	30	21
	foco	foco	2	60	3	30	10.8
	t.v.	t.v.	1	120	4	30	14.4
	eq. Mus	eq.mus.	1	60	3	30	5.4
COCINA	refrig.	refri.	1	375	12	30	135
	foco	foco	1	60	1.5	30	2.7
	licua	licua.	1	400	0.2	30	2.4
	h.micro	horno	1	800	0.2	30	4.8
BAÑO	foco	foco	1	60	1	30	1.8
RECAMARA	foco	foco	1	60	2	30	3.6
	A/A 1 ton	a/a	1	1200	12	30	432
	plancha	plancha	1	1000	0.15	30	4.5

**Tabla 13.** Horario de uso de electrodomésticos

*Fuente: Elaboración propia*

Ya asignados los tiempos de uso y el consumo, se procedió a aplicar dentro del modelo digital de *Ecotect* cada uno de los equipos y luminarias propuestas con sus respectivas características. De la misma manera se desarrollaron los horarios para el programa de encendido y apagado de los focos en cada uno de los espacios.

Quedando cada equipo, cada luminaria, y cada elemento constructivo distribuidos de la siguiente manera:



**Figura 21.** Modelo digital integrado de la vivienda HMO4-N  
*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

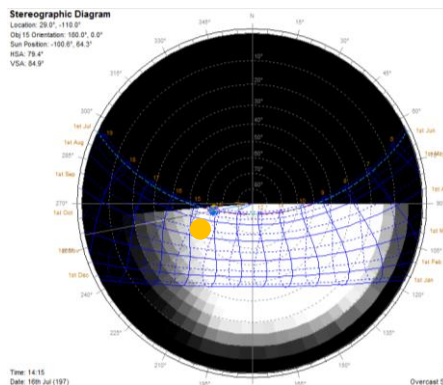
### 3.3. Evaluación de la vivienda

Es necesario tener en cuenta que las temperaturas, las ganancias y las pérdidas en la vivienda son producto de espacios que carecen de cualquier tipo de protección solar en sus ventanas, ningún tratamiento en muros ni paredes, además considerar que la ventana principal de fachada está orientada al norte, y la ventana de la recámara está orientada al sur.

#### 3.3.1. Análisis de sombras

El siguiente diagrama (fig. 22) muestra el estudio de sombras y penetración solar que hay en la ventana de la recámara.

Verano:



**Figura 22.** Diagrama estereográfico verano, ventana de recámara HMO4-N  
*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con lo señalado en la tabla 14, la cual indica el comportamiento crítico para la temporada de verano, generado el 16 de julio, la ventana se ve expuesta a la radiación solar directa a partir de las 10 h y hasta las 15 h permitiendo tener un 0% de sombra, provocando un sobrecalentamiento al interior del espacio, lo que se traduce en un incremento de la temperatura y de las cargas que tendrá que desalojar el equipo de refrigeración.

VENTANA DE RECAMARA		FECHA: 16 DE JULIO	
LATITUD: 29.0°		DECLINACION: 21.5°	
LONGITUD: -110.0°		ORIENTACION: 180.0°	
HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMRA
06:00	68.1°	4.9°	100%
07:00	74.6°	17.4°	100%
08:00	80.6°	30.2°	100%
09:00	86.8°	43.2°	100%
10:00	94.3°	56.3°	0%
11:00	106.2°	69.2°	0%
12:00	140.5°	80.5°	0%
13:00	-132.2°	79.3°	0%
14:00	-104.0°	67.5°	0%
15:00	-93.2°	54.5°	100%
16:00	-86.0°	41.4°	100%
17:00	-79.8°	28.4°	100%
18:00	-73.7°	15.6°	100%
19:00	-67.1°	3.3°	100%

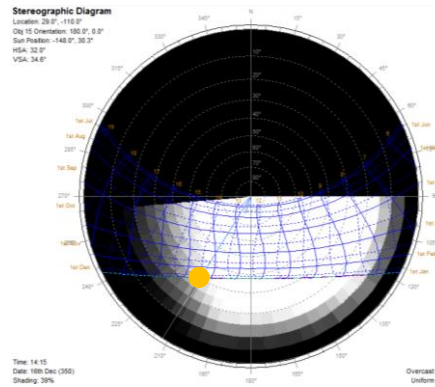
**Tabla 14.** Porcentaje de sombreado en verano para ventana de recámara HMO4-N<sup>3</sup>

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

---

<sup>3</sup> Todos los datos recolectados para obtener las tablas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.

Invierno:



**Figura 23.** Diagrama estereográfico invierno, ventana de recámara HMO4-N

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con la figura 23, la tabla 15 indica el comportamiento para la temporada invernal, específicamente del 16 de diciembre, en ella se observa como el horario de radiación directa sobre la ventana, generada a partir de las 8 h y hasta pasadas las 15 h, a diferencia de la época cálida, las 8 h de exposición solar benefician al espacio interior, permitiendo aumentar las bajas temperaturas generadas.

VENTANA DE RECAMARA		FECHA: 16 DE DICIEMBRE	
LATITUD: 29.0°		DECLINACION: -23.3°	
LONGITUD: -110.0°		ORIENTACION: 180.0°	
HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMRA
08:00	123.3°	9.3°	58%
09:00	132.7°	19.7°	0%
10:00	144.4°	28.4°	0%
11:00	158.8°	34.6°	0%
12:00	175.5°	37.6°	0%
13:00	-167.2°	36.6°	0%
14:00	-151.5°	32.0°	4%
15:00	-138.4°	24.4°	60%
16:00	-127.9°	14.8°	100%
17:00	-119.4°	3.9°	100%

**Tabla 15.** Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de recámara HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La tabla 16 muestra el análisis anual de sombras sobre la ventana de la recámara, en éste se observa un alto índice de exposición solar directa, presentando mayor sombra en la época cálida debido a la ubicación solar, sin embargo suficiente como para afectar las condiciones térmicas al interior del espacio.

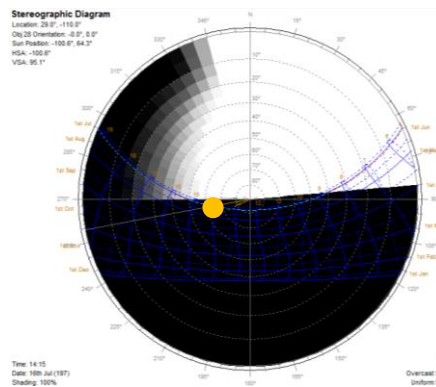
LONGITUD: -110.0°  
ORIENTACION: 180.0°

MES	MEDIA DE SOMBRA	INCIDENTE Wh/m2	ABSORB. Wh/m2	TRANS. Wh/m2
ENERO	21%	1914	407	1355
FEBRERO	22%	1933	405	1368
MARZO	21%	1645	327	1164
ABRIL	25%	1210	207	857
MAYO	42%	716	85	507
JUNIO	62%	304	18	215
JULIO	62%	299	20	212
AGOSTO	42%	781	119	553
SEPTIEMBRE	18%	1722	326	1219
OCTUBRE	19%	2309	475	1634
NOVIEMBRE	24%	2193	464	1552
DICIEMBRE	25%	1924	410	1362
INVIERNO PROMEDIO	23.00%	1803	370	1276
VERANO PROMEDIO	40.83%	1022	174	723
ANUAL	31.92%	1413	272	1000

**Tabla 16.** Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de recámara HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La figura 24 muestra el estudio de sombras y penetración solar que hay en la ventana de la s-c-c durante la temporada de verano.



**Figura 24.** Diagrama estereográfico verano, ventana de s-c-c HMO4-N

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

VENTANA DE S-C-C		FECHA: 16 DE JULIO	
LATITUD: 29.0°		DECLINACION: 21.5°	
LONGITUD: -110.0°		ORIENTACION: 0.0°	

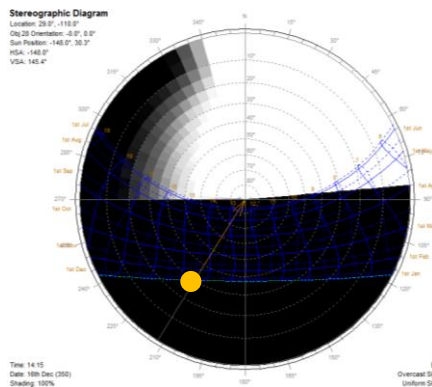
  

HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMRA
06:00	68.1°	4.9°	0%
07:00	74.6°	17.4°	0%
08:00	80.6°	30.2°	0%
09:00	86.8°	43.2°	100%
10:00	94.3°	56.3°	100%
11:00	106.2°	69.2°	100%
12:00	140.5°	80.5°	100%
13:00	-132.2°	79.3°	100%
14:00	-104.0°	67.5°	100%
15:00	-93.2°	54.5°	100%
16:00	-86.0°	41.4°	23%
17:00	-79.8°	28.4°	68%
18:00	-73.7°	15.6°	94%
19:00	-67.1°	3.3°	100%

**Tabla 17.** Porcentaje de sombreado en verano para ventana de s-c-c HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La tabla 17 muestra el comportamiento crítico para la temporada cálida, específicamente del 16 de julio, en ella se observa el horario de radiación directa sobre la ventana, y ya que ésta tiene orientación norte, presenta dos periodos de exposición, muy temprano a partir de la salida del sol, 6 h hasta pasadas las 8 h, y por la tarde desde las 16 h hasta las 18 h.



**Figura 25.** Diagrama estereográfico invierno, ventana de s-c-c HMO4-N

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

VENTANA DE S-C-C	FECHA: 16 DE DICIEMBRE
LATITUD: 29.0°	DECLINACION: -23.3°
LONGITUD: -110.0°	ORIENTACION: 0.0°

HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMRA
08:00	123.3°	9.3°	100%
09:00	132.7°	19.7°	100%
10:00	144.4°	28.4°	100%
11:00	158.8°	34.6°	100%
12:00	175.5°	37.6°	100%
13:00	-167.2°	36.6°	100%
14:00	-151.5°	32.0°	100%
15:00	-138.4°	24.4°	100%
16:00	-127.9°	14.8°	100%
17:00	-119.4°	3.9°	100%

**Tabla 18.** Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de s-c-c HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con la figura 25, la tabla 18 muestra el comportamiento para la temporada invernal, específicamente del 16 de diciembre, la cual muestra que durante este periodo la ventana está en completa sombra debido a su orientación y la localización solar, evitando generar ganancias por cargas solares directas al interior del espacio.

La tabla 19 muestra el análisis anual de sombras sobre la ventana del espacio s-c-c, la cual tiene orientación norte, en ésta se observa un alto porcentaje de sombra a lo largo del año, presentando solamente baja protección durante los meses cálidos lo que permite un aumento en las condiciones térmicas del espacio.

LONGITUD: -110.0°  
 ORIENTACION: 0.0°

MES	MEDIA DE SOMBRA	INCIDENTE Wh/m2	ABSORB. Wh/m2	TRANS. Wh/m2
ENERO	100%	0	0	0
FEBRERO	100%	0	0	0
MARZO	100%	0	0	0
ABRIL	100%	0	0	0
MAYO	76%	81	9	57
JUNIO	61%	230	29	163
JULIO	68%	106	11	75
AGOSTO	81%	18	1	13
SEPTIEMBRE	100%	0	0	0
OCTUBRE	100%	0	0	0
NOVIEMBRE	100%	0	0	0
DICIEMBRE	100%	0	0	0
INVIERNO PROMEDI	100%	0	0	0
VERANO PROMEDI	81%	73	8	51
ANUAL	91%	36	4	26

**Tabla 19.** Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de s-c-c HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

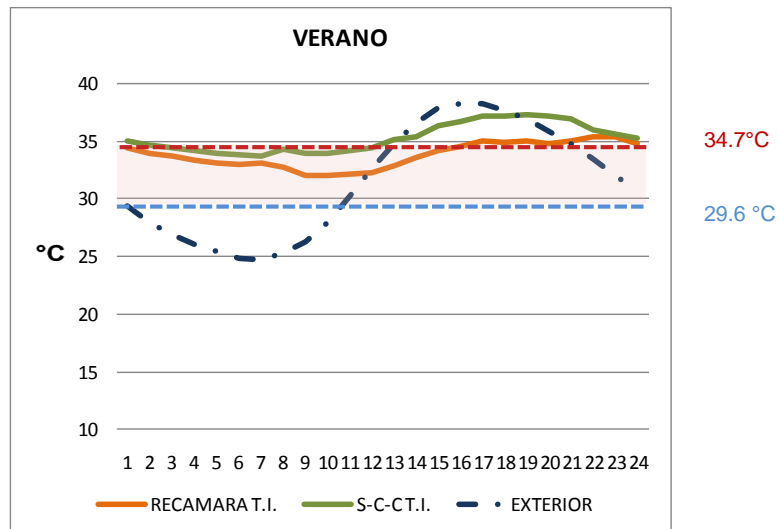
### 3.3.2. Comportamiento térmico

El rango de confort utilizado, fue calculado basándose en el modelo de confort térmico adaptativo a partir de encuestas realizada a los usuarios de las viviendas para conocer las preferencias térmicas de personas aclimatadas al clima de Hermosillo, por lo que se consideraron dos temperaturas neutras, una para la época más cálida del año y la otra para la época templada (Marincic, 2009).



Rango de Confort para verano: 

-	Tn	+
29.6	32.2	34.7



**Gráfica 30.** Temperatura de verano, HMO4-N<sup>4</sup>

Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010

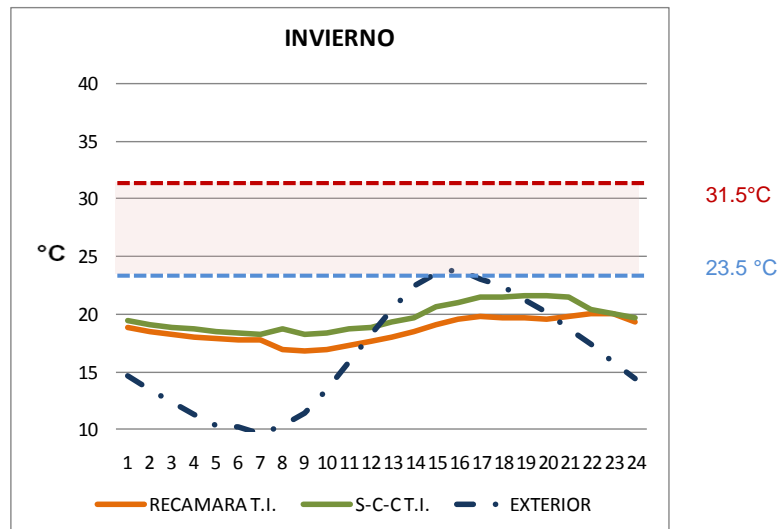
La gráfica 30 muestra el comportamiento térmico durante la época más cálida del año (julio), para la recámara (identificado por la línea naranja) la cual indica que las temperaturas matutinas están dentro de la zona de confort, bajando a los 32 °C durante la mañana, sin embargo el resto del día permaneces por encima de los 34.7 °C ocasionado por el aumento de la temperatura exterior, superando el límite de la zona de confort.

También se muestra el comportamiento de la sala, el comedor y la cocina(s-c-c) (identificado por la línea verde) la cual indica que esta zona presenta temperaturas interiores mayores a los 34.5 °C durante todo el día, con temperaturas que superan el rango de confort, sin embargo, solamente a partir de las 11 am y hasta las 8 pm, la temperatura exterior es mayor que la interior.

<sup>4</sup> Todos los datos y las tablas desarrolladas para obtener las gráficas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.

Rango de Confort para invierno:

-	Tn	+
23.5	26.9	31.5



**Gráfica 31.** Temperatura de invierno, HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

En la gráfica 31 se muestra el comportamiento térmico durante la época más fría del año (diciembre), para la recámara, identificada por la línea naranja, la cual indica que la temperatura interior permanece casi constante entre los 17 y los 19 °C durante todo el día, ubicándose por debajo del límite inferior de la zona de confort.

De igual forma, se indica el comportamiento de la s-c-c, identificada por la línea verde, la cual muestra cómo es que la temperatura interior del espacio se mantiene casi constante entre los 19 y los 21 °C durante todo el día, por debajo del límite inferior de la zona de confort.

Se puede observar como el comportamiento térmico del espacio, corresponde a la temperatura exterior, y a pesar que ésta disminuye durante la madrugada, los materiales de la envolvente del espacio conservan el calor hasta que inician las ganancias por radiación.

### 3.3.3. Análisis de pérdidas y ganancias

Para el análisis del comportamiento de pérdidas y ganancias en los espacios, se realizó un promedio entre las dos temperaturas neutras calculadas por adaptación, considerando a 32.2 °C para la temporada cálida y 26.9 °C para la templada o fría, obteniendo 29.5 °C, a partir de ésta, se dio el rango de  $- + 2$ .

En éstas se ven las ganancias internas ( $Q_i$ ), las cuales permanecen constantes a lo largo del año originadas por la ocupación y los equipos eléctricos en funcionamiento; las ganancias ( $Q_c+Q_s$ ), integradas por las ganancias por conducción de los materiales y las ganancias por efecto de la exposición solar indirecta de los materiales opacos, se mueve a lo largo del año siguiendo los efectos provocados por la exposición solar; conforme ésta avanza, las ganancias se incrementan, y decrece a medida que el sol cae, sin embargo, el efecto que se tiene sobre los materiales está ligado con la temperatura exterior, pues durante los meses cálidos, se tienen ganancias, tanto en el día como en la noche, y durante los meses fríos, se presentan pérdidas constantes.

Por otro lado, las pérdidas por ventilación ( $Q_v$ ), o infiltración, se presentan durante las madrugadas de los meses fríos y un mínimo de ganancias durante las tardes de los meses de verano. Y por último, las ganancias solares directas ( $Q_g$ ) que ocurren a través de superficies transparentes tales como ventanas.

En síntesis:

- $Q_c$ : cargas por conducción de los materiales.
- $Q_s$ : cargas producto de la exposición solar indirecta de los materiales opacos.
- $Q_i$ : cargas internas producto de la ocupación y los equipos eléctricos.
- $Q_v$ : cargas resultantes de la ventilación o infiltración.
- $Q_g$ : cargas solares directas ocurridas a través de superficies transparentes.
- $Q_z$ : cargas generadas entre los espacios.

Rango de confort anual promedio: 

-	Tn	+
27.5	29.5	31.5

**RECÁMARA (S)**

	PERD.T	GAN.T	PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-55469	22049	-8366	19026	-47103	3023
QS	0	24430	0	13399	0	11031
Qg	0	9706	0	3709	0	5997
Qv	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-13007	1	-370	8338

**Tabla 20.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara HMO4-N  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Con respecto al comportamiento de la recámara, el mayor número de pérdidas es originado por los materiales (Qc+Qs), esto durante los meses fríos y en las mañanas de los meses cálidos, cuando aún no hay radiación solar, igualmente, en menor proporción, pero no menos importante, se encuentran las pérdidas interzonales (Qz), que se presentan durante las madrugadas de los meses de verano, a través de los muros interiores de la vivienda.

De acuerdo con las ganancias de la recámara: son en mayor proporción las originadas por las ganancias indirectas solares (Qs), provocada por los materiales y sus propiedades térmicas; seguido de las ganancias que ocurren a través de las ventanas (Qg), y por último las internas (Qi) originadas por la ocupación del espacio.

Rango de confort anual promedio: 

-	Tn	+
27.5	29.5	31.5

**S-C-C**

	PERD.T	GAN.T	PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-113776	40733	-16008	37216	-97768	3517
Qs	0	43601	0	26444	0	17157
Qg	0	6839	0	3823	0	3016
Qv	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-48780	0	-8035	6682

**Tabla 21.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con la tabla 21, el comportamiento del espacio integrado por la sala, el comedor y la cocina (s-c-c), el mayor número de pérdidas es originado por los materiales (Qc+Qs), esto durante los meses fríos y en las primeras horas del día de los meses cálidos seguido de las pérdidas interzonales (Qz), provocadas en los muros que separan los espacios, originada durante la madrugada de los meses más fríos.

Y con respecto a las ganancias de esta zona, la mayoría son provocadas por la ocupación (Qi) del espacio y la generación de calor de los equipos, seguido de las originadas por los materiales y sus propiedades térmicas (Qc+Qs), después las que son provocadas por las ganancias que ocurren a través de las ventanas (Qg), siendo poco significativas, ya que las dos existentes en el espacio están orientadas al norte, y por último las interzonales (Qz) originadas durante los meses invernales.

### 3.3.4. Consumo eléctrico

Para la elaboración del análisis de consumo eléctrico, se tomó como base de comparación los datos del banco de información de la UNISON, los cuales marcan los consumos reales medidos en recibos emitidos por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), estos datos tiene un consumo anual y marca los bimestres que se tomaron en cuenta para tal valor. La siguiente tabla muestra la información antes mencionada.

CONSUMO ELECTRICO SEGÚN ENCUESTA UNISON			K w h's ANUAL
2004	OCTUBRE	899	
2004	DICIEMBRE	571	
2005	FEBRERO	239	
2005	ABRIL	403	
2005	JUNIO	523	
2005	AGOSTO	1	
2005	OCTUBRE	890	
2005	DICIEMBRE	529	
2006	FEBRERO	321	
2006	ABRIL	190	
2006	JUNIO	591	
2006	AGOSTO	890	3411.00

**Tabla 22.** Registro de consumo eléctrico real HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia*

Es necesario tomar en cuenta, para los resultados que arroje el programa, que el consumo derivado de los equipos electrónicos y las luminarias será constante durante todas las evaluaciones y que el programa de evaluación no contempla las características de consumo para los equipos de aire acondicionado, por lo que solamente da el total de cargas necesarias a desalojar para que el espacio pueda llegar a la temperatura fijada en el termostato, que en este caso fue de 24 a 26 °C, sin embargo, se realizó un cálculo en función de las “toneladas de refrigeración” que se supone tiene la vivienda evaluada.

Es así que una tonelada de refrigeración es la unidad de medida empleada para medir la capacidad de extracción de carga térmica de los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Equivale a una potencia capaz de extraer 12,000 BTU de calor por hora, es decir que en Sistema Internacional equivale a 3.5168 kW.

De tal forma:

$$1 \text{ TR} = 12,000 \text{ BTU}$$

$$1 \text{ TR} = 3.5168 \text{ kW}$$

Considerando que el consumo eléctrico de los equipos de aire acondicionado dependerá de su eficiencia energética, la cual variará según el tipo de equipo, marca,

etc. Es por esto que cada equipo de aire acondicionado debe traer, por norma, una etiqueta especificando su eficiencia SEER o REEE.

El SEER o REEE equivale a la carga térmica de enfriamiento en un periodo de tiempo determinado entre el consumo eléctrico del equipo en ese mismo periodo, es decir:

$$\text{SEER} = \text{BTU} / \text{Watts (eléctricos)}$$

$$\text{REEE} = \text{Watts (térmicos)} / \text{Watts (eléctricos)}$$

Entre más elevado es este parámetro mayor eficiencia energética. Actualmente los sistemas de aire acondicionados deben tener un SEER mínimo de 13, o un REEE de 3.81 (según las normas mexicanas). 1 BTU = 0.2930711 W, por lo tanto:

REEE	SEER
2.05	7
2.34	8
2.63	9
2.93	10
3.22	11
3.52	12
3.81	13
4.1	14
4.4	15
4.69	16

**Tabla 23.** Relación entre SEER REEE

Sin embargo, para el desarrollo de las evaluaciones, será utilizado un factor de REEE 2.344 o SEER=8, para poder determinar el consumo en las peores condiciones de funcionamiento.

WT/WE	BTU/WE
REEE	SEER
2.344	8

Por lo tanto, el consumo eléctrico de los equipos de aire acondicionado se puede estimar dividiendo la carga térmica de refrigeración entre el REEE.

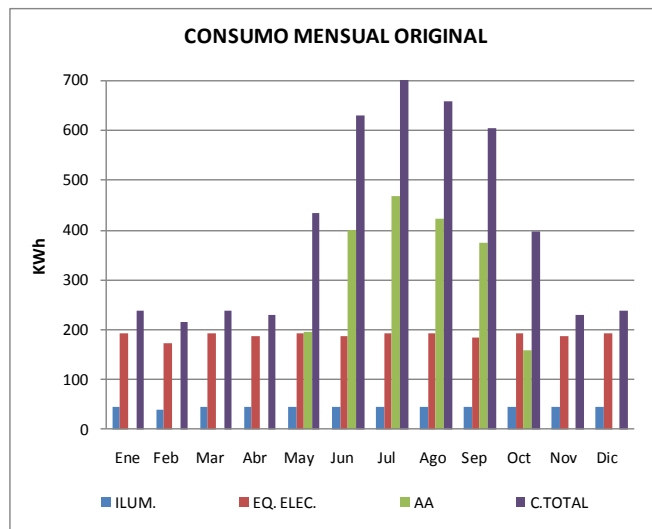
La tabla 24 es el resultado que se obtuvo al realizar la simulación digital:

MES	ILUM (KWh)	EQ. ELEC. (KWh)	AA (KWh)	CONSUMO (KWh)
Ene	45.2	192.2	0.0	237.4
Feb	40.8	173.5	0.0	214.3
Mar	45.2	192.1	0.0	237.3
Abr	43.7	185.8	0.0	229.5
May	45.2	192.2	196.3	433.7
Jun	43.7	185.8	399.3	628.9
Jul	45.2	192.0	468.6	705.8
Ago	45.2	192.2	422.0	659.5
Sep	43.7	185.6	375.7	605.1
Oct	45.2	192.2	159.1	396.6
Nov	43.7	186.0	0.0	229.7
Dic	45.2	191.9	0.0	237.0
<b>TOTAL</b>	<b>532.2</b>	<b>2261.5</b>	<b>2021.1</b>	<b>4814.8</b>
<b>T.TEMPLADA</b>	<b>263.9</b>	<b>1121.4</b>	<b>0.0</b>	<b>1385.3</b>
<b>T. CALIDA</b>	<b>268.3</b>	<b>1140.1</b>	<b>2021.1</b>	<b>3429.5</b>

**Tabla 24.** Registro de consumo eléctrico mensual simulado HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La primera columna muestra los datos del consumo que tienen las luminarias, la segunda columna indica el consumo derivado de los equipos eléctricos de la vivienda, la tercera columna indica el consumo que tiene el equipo de aire acondicionado (ubicado en la recámara de la vivienda), el cual empezará a trabajar a principios de mayo y terminará de usarse en el mes de octubre, debido a las temperaturas exteriores de la localidad, y la última columna muestra el consumo eléctrico total por mes.



**Gráfica 32.** Consumo eléctrico mensual simulado HMO4-N

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

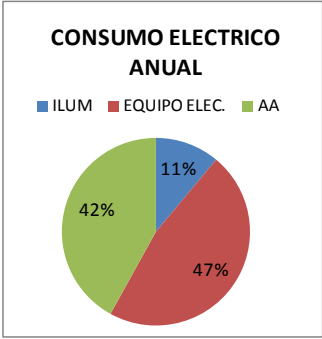


Como el año se divide en dos temporadas con climas muy distintos, provoca que el consumo eléctrico sea diferente, a continuación se muestra la gráfica que muestra los consumos por temporada de los diferentes grupos.

	ILUM (kWh)	EQ. ELEC. (kWh)	AA (kWh)	TOTAL (kWh)
<b>TOTAL ANUAL</b>	532.17	2261.49	2021.15	<b>4814.81</b>
<b>T.TEMPLADA</b>	263.90	1121.37	0.00	<b>1385.27</b>
<b>T. CALIDA</b>	268.27	1140.12	<b>2021.15</b>	<b>3429.54</b>

**Tabla 25.** Registro de consumo eléctrico por temporada, simulado HMO4-N  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

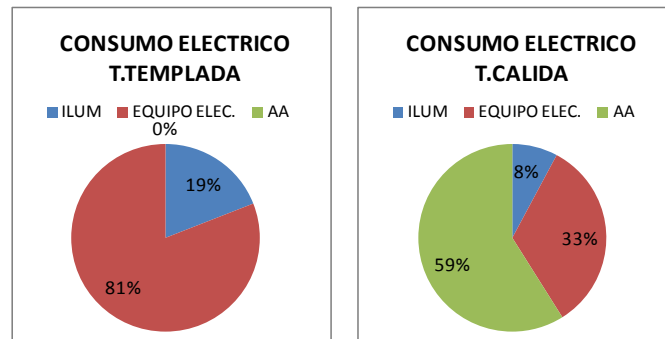
Las siguientes gráficas circulares, presentan el porcentaje de consumo entre los 3 diferentes grupos, la primera muestra el consumo eléctrico total anual (ver gráfica 33) y la relación que existe entre ellos, en ésta se puede observa que el mayor consumo es originado por el uso de los equipos electrodomésticos con un 47% del total anual, seguido del consumo por el equipo de aire acondicionado con un 42% y finalmente el de iluminación con un 11%.



**Gráfica 33.** Porcentaje de consumo eléctrico anual HMO4-N  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

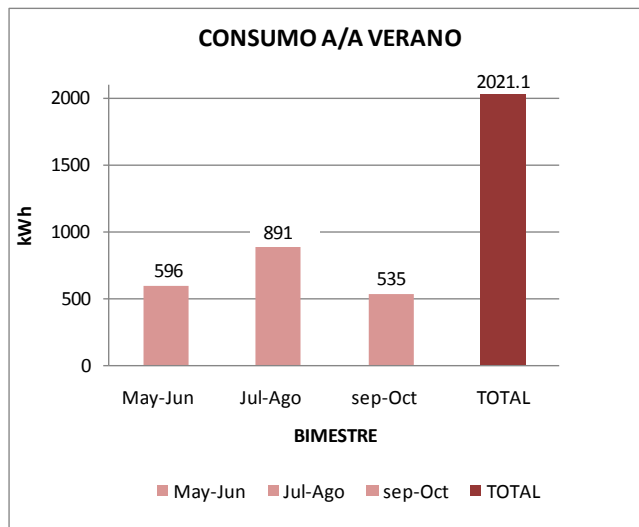
Las últimas dos gráficas indican el consumo generado en las dos diferentes temporadas del año, la primera para la temporada templada, en la cual el mayor consumo está dado por los equipos con un 81% esto debido a que el aire acondicionado está sin uso, el resto 19% es originado por el uso de la iluminación. La segunda gráfica es de la temporada cálida, en donde se tiene como mayor consumo el realizado por el aire

acondicionado con un 59%, seguido de los equipos electrónicos con un 33% y finalmente un 8% para la iluminación.



**Gráfica 34.** Porcentaje de consumo eléctrico por temporada HMO4-N  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La gráfica 35 muestra el comportamiento del consumo eléctrico acumulado y bimestral que tiene el aire acondicionado en la recámara durante la época cálida.



**Gráfica 35.** Consumo eléctrico de A/A en verano HMO4-N  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Todos los datos anteriores actuarán como referencia comparativa de los resultados de las simulaciones, que se realizarán en el próximo capítulo, en las que se propondrán diferentes aplicaciones según las estrategias planteadas en el capítulo II.

### **Propuesta bioclimática para la vivienda de interés social**

Posterior al análisis bioclimático del segundo capítulo, se establecen una serie de estrategias de diseño, entre las cuales se seleccionan aquellas que se adapten más fácilmente a la vivienda seleccionada.

El siguiente capítulo presenta las características de cada una de las estrategias bioclimáticas, así como el resultado de las evaluaciones y el análisis comparativo con la vivienda original. Concluyendo en una propuesta de vivienda que integra las estrategias que presentaron mejores resultados.

#### **4.1. Aplicación de estrategias bioclimáticas**

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo 2.3 donde se establecen las estrategias de diseño bioclimático, se recopilan los siguientes puntos:

- No se recomienda ventilación durante la época cálida, dadas las altas temperatura
- Aberturas muy pequeñas (10-20% con respecto al muro)
- Sombreado total y permanente (excepto en enero y diciembre)
- Masividad tanto en muros, como pisos y techumbres
- La ganancia solar para las horas de menor temperatura.
- El control solar para las horas de mayor temperatura.
- La inercia térmica para la reducción de oscilación.
- La ventilación selectiva.

Por tal motivo, se aplicaron alternativamente 11 diferentes estrategias, a fin de evaluar el impacto de cada una sobre el comportamiento térmico.

- Protección solar
- Aislamiento con poliuretano esparado de 2" en losa

- Superficies exteriores de la envolvente blancas
- Aislamiento con poliuretano esparado de 1" en muros de fachada sur
- Aislamiento con poliuretano esparado de 1" en todos los muros
- Ventilación nocturna
- Ladrillo de 15 cm
- Adobe de 18 cm
- Adobe de 30 cm
- Adobe de 40 cm
- Terrado de 10 cm

Se llevó a cabo la simulación aplicando una por una de las estrategias antes mencionadas, para poder determinar cuál de ellas es la más efectiva para las condiciones de la vivienda.

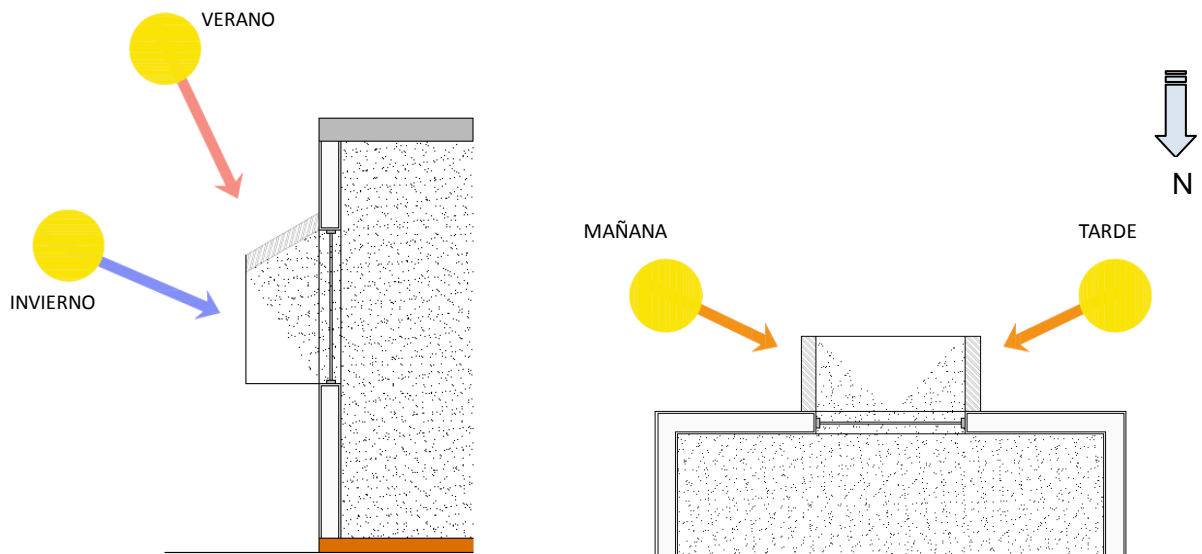
En las evaluaciones se analizó el comportamiento de los espacios en los que se realizan más actividades y por lo tanto el usuario permanece la mayor parte del tiempo, éstos fueron la recámara y el espacio público compuesto por la sala, el comedor y la cocina.

A continuación se explican brevemente las estrategias aplicadas para la simulación, de igual manera se realiza un breve diagnóstico de los resultados, tales como: una evaluación para determinar cuáles son las ganancias y pérdidas dentro de cada espacio, en ésta misma se realiza una comparativa con respecto a los datos obtenidos de la vivienda original que no presenta ninguna aplicación; también se presentan gráficas con temperatura, las cuales muestran el comportamiento de la vivienda dividida en zonas, en ésta se podrá apreciar la diferencia entre los resultados del comportamiento térmico de los espacios modificados y la vivienda original.

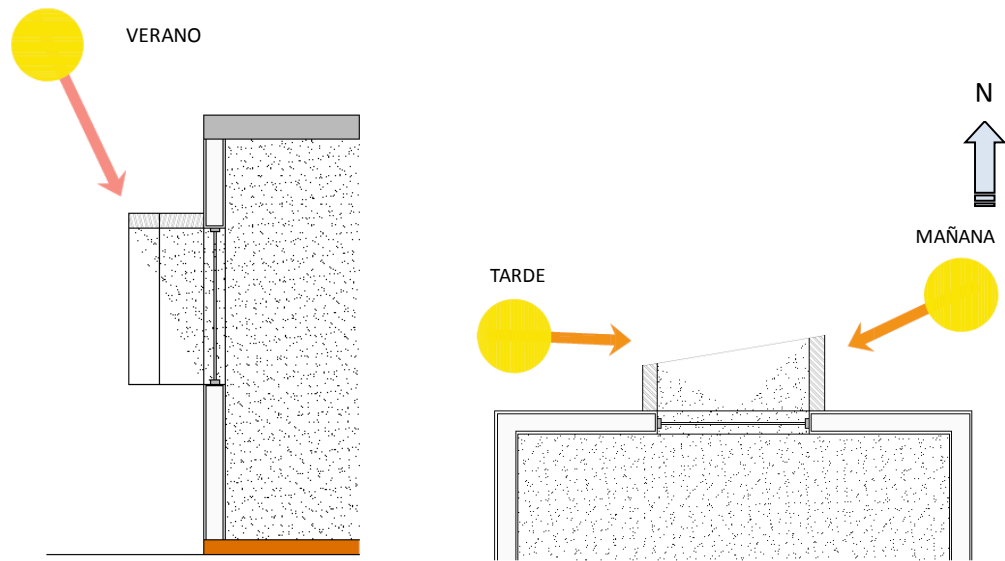
Para el diagnóstico de pérdidas y ganancias es indispensable tomar en cuenta que: las ganancias internas  $Q_i$  derivan de la ocupación y los equipos eléctricos en funcionamiento, las ganancias  $Q_c+Q_s$  integradas por las ganancias por conducción de los materiales y las ganancias por efecto de la exposición solar indirecta de los materiales opacos, las ganancias  $Q_v$  resultantes de la ventilación o infiltración, las ganancias solares directas  $Q_g$  que ocurren a través de superficies transparentes tales como ventanas y, por último, las ganancias  $Q_z$  o interzonales generadas entre los espacios.

#### 4.2. Protección solar en ventanas

Consiste en la aplicación de protección total a las ventanas por medio de parte-soles y volados, considerando la altura e inclinación solar máximas para los meses de verano y mínimas para los meses de invierno.

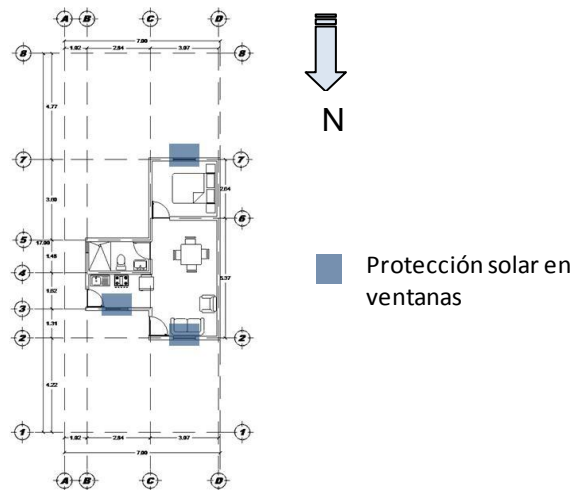


**Figura 26.** Elemento de protección solar para venta sur, corte y planta



**Figura 27.** Elemento de protección solar para ventanas norte, corte y planta

De esta manera se protegieron las tres ventanas existentes en la vivienda, dos ubicadas en la s-c-c y una más en la recámara (ver Figura 28).



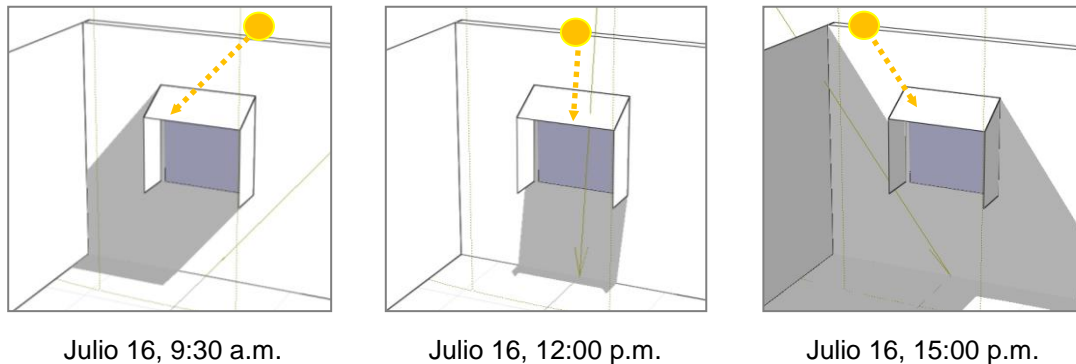
**Figura 28.** Ubicación de las ventanas a las que se les aplicó la protección solar.

#### 4.2.1. Análisis de sombras

A continuación se presentan los resultados de un análisis de sombra, al aplicar la protección solar en las ventanas de la recámara.

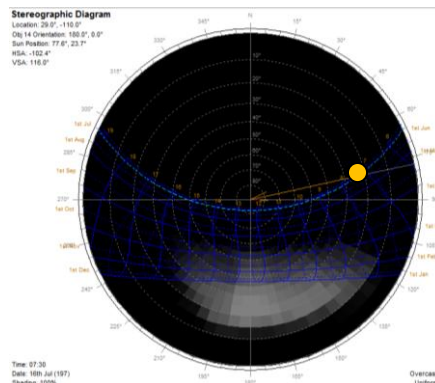
En la siguiente serie de imágenes se puede observar como al aplicar la protección solar en la ventana de la recámara la sombra es total durante las horas de radiación en la temporada cálida.

Verano:



**Figura 29.** Ventana de recámara con protección solar en verano

*Fuente: Solar Tool, Autodesk 2009*



**Figura 30.** Diagrama estereográfico verano, ventana de recámara con protección solar

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con la figura 30, la tabla 26 muestra un 100% de protección, durante la temporada cálida, lo cual evitara la generación de ganancias directas solares al interior del espacio.

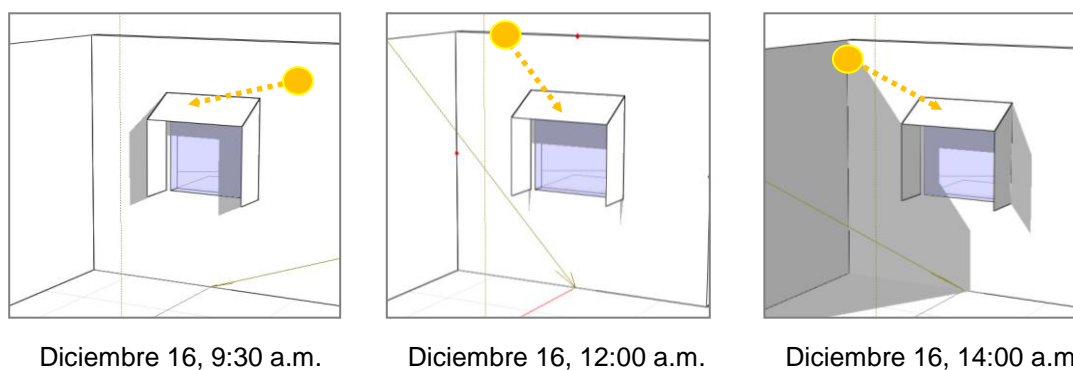
VENTANA DE RECÁMARA		FECHA: 16 DE JULIO	
LATITUD: 29.0°		DECLINACIÓN: 21.5°	
LONGITUD: -110.0°		ORIENTACIÓN: 180.0°	
HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMBRA
06:00	68.1°	4.9°	100%
07:00	74.6°	17.4°	100%
08:00	80.6°	30.2°	100%
09:00	86.8°	43.2°	100%
10:00	94.3°	56.3°	100%
11:00	106.2°	69.2°	100%
12:00	140.5°	80.5°	100%
13:00	-132.2°	79.3°	100%
14:00	-104.0°	67.5°	100%
15:00	-93.2°	54.5°	100%
16:00	-86.0°	41.4°	100%
17:00	-79.8°	28.4°	100%
18:00	-73.7°	15.6°	100%
19:00	-67.1°	3.3°	100%

**Tabla 26.** Porcentaje de sombreado en verano para ventana de recámara con protección solar <sup>5</sup>

*Fuente: Elaboración propia con datos de Ecotect Analysis 2010*

Invierno:

La siguiente serie de imágenes muestra cómo el sol llega a la ventana de la recámara durante la temporada invernal.

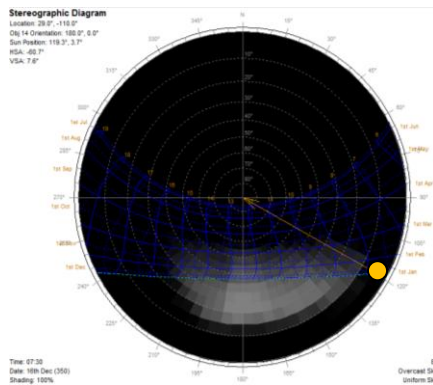


**Figura 31.** Ventana de recámara con protección solar en invierno

*Fuente: Solar Tool, Autodesk 2009*

<sup>5</sup> Todos los datos utilizados en las tablas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.





**Figura 32.** Diagrama estereográfico invierno, ventana de recámara con protección solar

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Sin embargo, de acuerdo con la figura 32, la tabla 27 que analiza el 16 de diciembre, correspondiente a la temporada invernal, indica que la radiación sobre la ventana de la recámara presenta menor porcentaje de sombra durante todo el día, lo que permitirá ganancias al interior, provocando un aumento en la temperatura.

VENTANA DE RECÁMARA		FECHA: 16 DE DICIEMBRE	
LATITUD: 29.0°		DECLINACIÓN: -23.3°	
LONGITUD: -110.0°		ORIENTACIÓN: 180.0°	
HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMBRA
08:00	123.3°	9.3°	97%
09:00	132.7°	19.7°	68%
10:00	144.4°	28.4°	64%
11:00	158.8°	34.6°	63%
12:00	175.5°	37.6°	65%
13:00	-167.2°	36.6°	76%
14:00	-151.5°	32.0°	73%
15:00	-138.4°	24.4°	96%
16:00	-127.9°	14.8°	100%
17:00	-119.4°	3.9°	100%

**Tabla 27.** Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de recámara con protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La tabla 28 muestra el comportamiento de la protección en la ventana de la recámara durante todo el año, la aplicación de dicha protección provoca sombra total durante los

meses de mayor temperatura en la localidad, así mismo el diseño de ésta permite la radiación directa en los meses correspondientes a la temporada invernal.

LONGITUD: -110.0°  
ORIENTACIÓN: 180.0°

MES	MEDIA DE SOMBRA	INCIDENTE Wh/m2	ABSORB. Wh/m2	TRANS. Wh/m2
ENERO	75%	672	143	476
FEBRERO	86%	386	81	273
MARZO	98%	56	11	40
ABRIL	100%	0	0	0
MAYO	100%	0	0	0
JUNIO	100%	0	0	0
JULIO	100%	0	0	0
AGOSTO	100%	0	0	0
SEPTIEMBRE	100%	0	0	0
OCTUBRE	93%	267	55	189
NOVIEMBRE	81%	582	123	412
DICIEMBRE	75%	693	148	491
INVIERNO PROMEDIO	85.83%	398	84	282
VERANO PROMEDIO	98.83%	45	9	32
ANUAL	92.33%	221	47	157

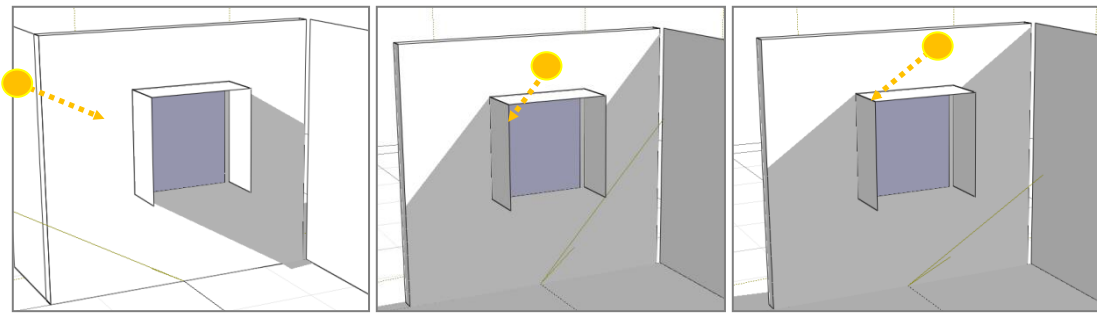
**Tabla 28.** Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de recámara con protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De la misma manera se realizó el análisis de sombras para la ventana del espacio s-c-c con la aplicación de las protecciones solares. Ya que la problemática en esta ventana sólo era en los meses cálidos durante las primeras horas de la mañana y al finalizar la tarde. La figura 33 muestra cómo la protección permitió una sombra total en la ventana impidiendo las ganancias solares directas durante estos dos periodos.

Verano:

La siguiente serie muestra el comportamiento solar sobre la ventana s-c-c en el verano.



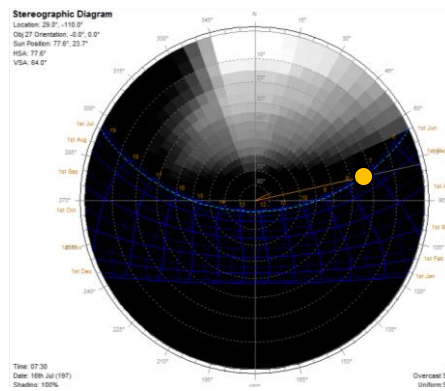
Julio 16, 8:00 a.m.

Julio 16, 15:30 p.m.

Julio 16, 16:30 p.m.

**Figura 33.** Ventana de s-c-c con protección solar en verano

*Fuente: Solar Tool, Autodesk 2009*



**Figura 34.** Diagrama estereográfico verano, ventana de s-c-c con protección solar

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

VENTANA DE S-C-C      FECHA: 16 DE JULIO

LATITUD: 29.0°      DECLINACION: 21.5°

LONGITUD: -110.0°      ORIENTACION: 0.0°

HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMRA
06:00	68.1°	4.9°	100%
07:00	74.6°	17.4°	100%
08:00	80.6°	30.2°	100%
09:00	86.8°	43.2°	100%
10:00	94.3°	56.3°	100%
11:00	106.2°	69.2°	100%
12:00	140.5°	80.5°	100%
13:00	-132.2°	79.3°	100%
14:00	-104.0°	67.5°	100%
15:00	-93.2°	54.5°	100%
16:00	-86.0°	41.4°	100%
17:00	-79.8°	28.4°	100%

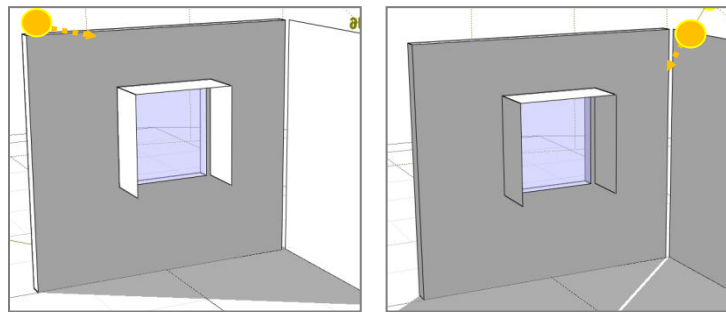
**Tabla 29.** Porcentaje de sombreado en verano para ventana de s-c-c con protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Durante la época invernal, en la ventana del espacio s-c-c, la aplicación de la protección solar no presentó modificaciones, ya que aun sin ésta, la ventana tiene sombra total.

Invierno:

La siguiente serie de imágenes muestra la sombra originada en la ventana s-c-c durante la temporada invernal.

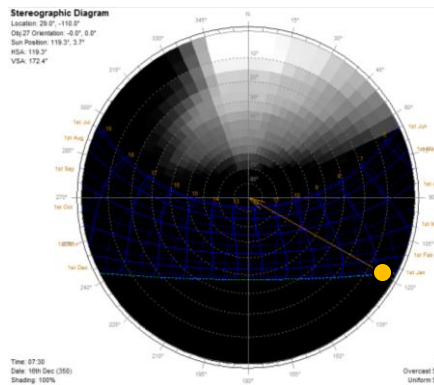


Diciembre 16, 8:00 a.m.

Diciembre 16, 15:30 p.m.

**Figura 35.** Ventana de s-c-c con protección solar en invierno

*Fuente: Solar Tool, Autodesk 2009*



**Figura 36.** Diagrama estereográfico invierno, ventana de s-c-c con protección solar

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

VENTANA DE S-C-C		FECHA: 16 DE DICIEMBRE	
LATITUD: 29.0°		DECLINACIÓN: -23.3°	
LONGITUD: -110.0°		ORIENTACIÓN: 0.0°	

HORA LOCAL	AZIMUT	ALTITUD	% DE SOMBRA
08:00	123.3°	9.3°	100%
09:00	132.7°	19.7°	100%
10:00	144.4°	28.4°	100%
11:00	158.8°	34.6°	100%
12:00	175.5°	37.6°	100%
13:00	-167.2°	36.6°	100%
14:00	-151.5°	32.0°	100%
15:00	-138.4°	24.4°	100%
16:00	-127.9°	14.8°	100%
17:00	-119.4°	3.9°	100%

**Tabla 30.** Porcentaje de sombreado en invierno para ventana de s-c-c con protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

LONGITUD: -110.0°  
ORIENTACIÓN: 0.0°

MES	MEDIA DE SOMBRA	INCIDENTE Wh/m2	ABSORB. Wh/m2	TRANS. Wh/m2
ENERO	100.00%	0	0	0
FEBRERO	100.00%	0	0	0
MARZO	100.00%	0	0	0
ABRIL	100.00%	0	0	0
MAYO	100.00%	0	0	0
JUNIO	100.00%	0	0	0
JULIO	100.00%	0	0	0
AGOSTO	100.00%	0	0	0
SEPTIEMBRE	100.00%	0	0	0
OCTUBRE	100.00%	0	0	0
NOVIEMBRE	100.00%	0	0	0
DICIEMBRE	100.00%	0	0	0
INVIERNO PROMEDI	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
VERANO PROMEDI	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
ANUAL	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

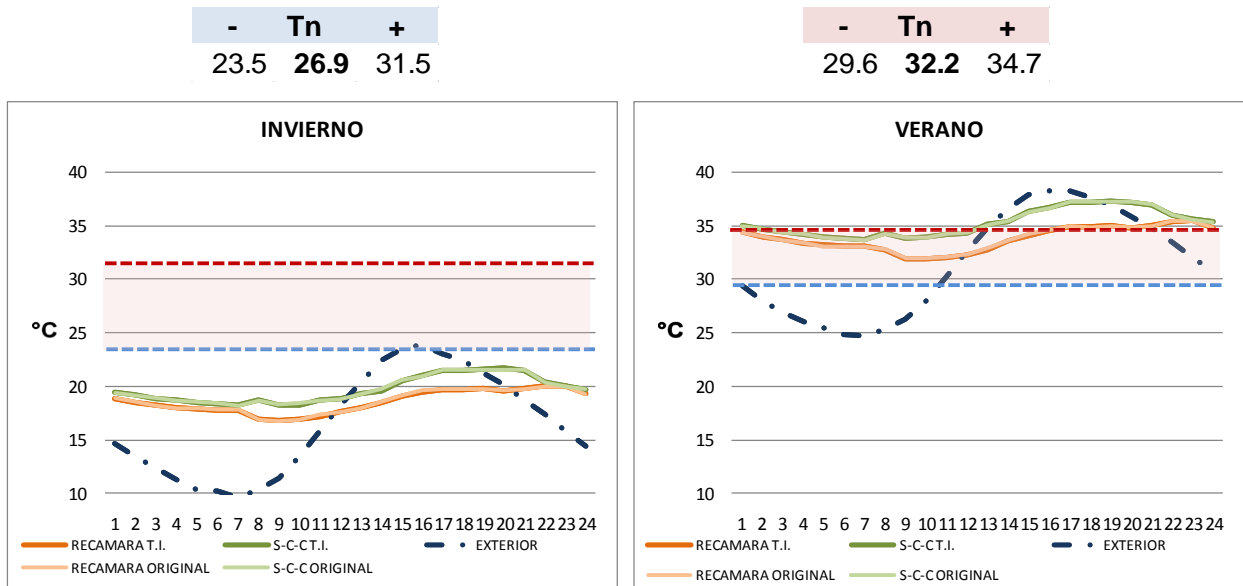
**Tabla 31.** Coeficiente efectivo de sombra anual, para ventana de s-c-c con protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La tabla anterior muestra el comportamiento de la protección en la ventana del espacio s-c-c durante todo el año, es evidente cómo la aplicación de dicha protección provoca

sombra al 100% durante las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde de los meses de mayor temperatura.

#### 4.2.2. Análisis de temperaturas



**Gráfica 36.** Temperatura de invierno y de verano + protección solar <sup>6</sup>

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Al aplicar la protección solar para las ventanas de ambos espacios, no se percibe cambio alguno es por eso que en cada gráfica sólo se aprecian dos líneas y no cuatro, sin embargo la diferencia está marcada en las ganancias solares directas.

#### 4.2.3. Análisis de pérdidas y ganancias

Al realizar la evaluación de ganancias utilizando la estrategia de protección solar, el programa Ecotect presentó ciertos resultados no del todo satisfactorios, ya que en todos los casos se presentaron ganancias directas solares, las cuales representan las ganancias a través de los materiales transparentes. A continuación se presentan los resultados tal y como Ecotect los arroja, teniendo además como respaldo los análisis de

<sup>6</sup> Todos los datos y las tablas desarrolladas para obtener las gráficas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.

los diagramas estereográficos y los estudios de sombras sobre las ventanas, se presentan los resultados en los que se eliminaron dichas ganancias cuando la sombra está al 100%.

Originales del programa:

**RECAMARA (S)**

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-55469	22049	-55489	21982	-8367	18983	-47122	2999
QS	0	24430	0	24343	0	13352	0	10991
Qg	0	9706	0	8041	0	2817	0	5224
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-13380	8361	-13003	2	-377	8359

**Tabla 32.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara + protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Al aplicar la protección solar en las ventanas de la recámara, se presentaron cambios en las ganancias solares directas (Qg) con un 17% menos, esto con respecto a los datos de la vivienda sin modificación.

**S-C-C**

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-113776	40733	-114177	40993	-16012	37147	-98165	3846
QS	0	43601	0	43461	0	26366	0	17095
Qg	0	6839	0	4254	0	2436	0	1818
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-56782	6687	-48760	0	-8022	6687

**Tabla 33.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + protección solar

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

En el espacio s-c-c también se presentaron cambios, las ganancias directas solares (Qg) disminuyeron un 38% con respecto a las ganancias originales.

Resultados con modificación de las ganancias directas según diagramas estereográficos:

**RECÁMARA (S)**

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-55469	22049	-55489	21982	-8367	18983	-47122	2999
Qs	0	24430	0	24343	0	13352	0	10991
Qg	0	9706	0	5832	0	1117	0	4715
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-13380	8361	-13003	2	-377	8359

**Tabla 34.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara + protección solar, Qg=0

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Al aplicar la protección solar en las ventanas de la recámara, considerando que el diagrama estereográfico muestra un alto porcentaje de sombra, las ganancias solares directas (Qg) disminuyen un 40%, esto con respecto a los datos de la vivienda sin modificación.

**S-C-C**

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-113776	40733	-114177	40993	-16012	37147	-98165	3846
Qs	0	43601	0	43461	0	26366	0	17095
Qg	0	6839	0	0	0	0	0	0
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-56782	6687	-48760	0	-8022	6687

**Tabla 35.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + protección solar, Qg=0

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Para el espacio s-c-c las cargas se eliminan, ya que la protección es total durante todo el año.



### 4.3. Aislamiento en losa

Es la aplicación de una capa de poliuretano esparcido de 2" de grosor sobre la superficie total de la losa, la cual incluye un entortado exterior de mortero de 2.5 cm para protección mecánica del poliuretano y un impermeabilizante elastomérico blanco.

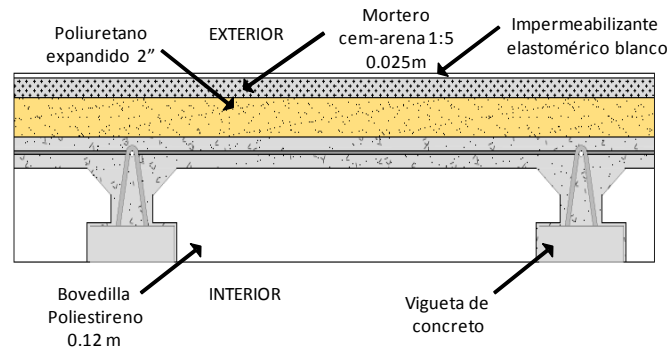


Figura 37. Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparcido de 2" en losa

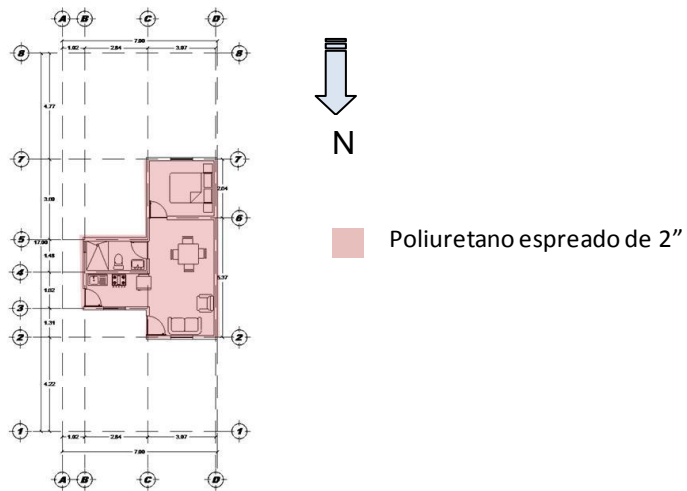
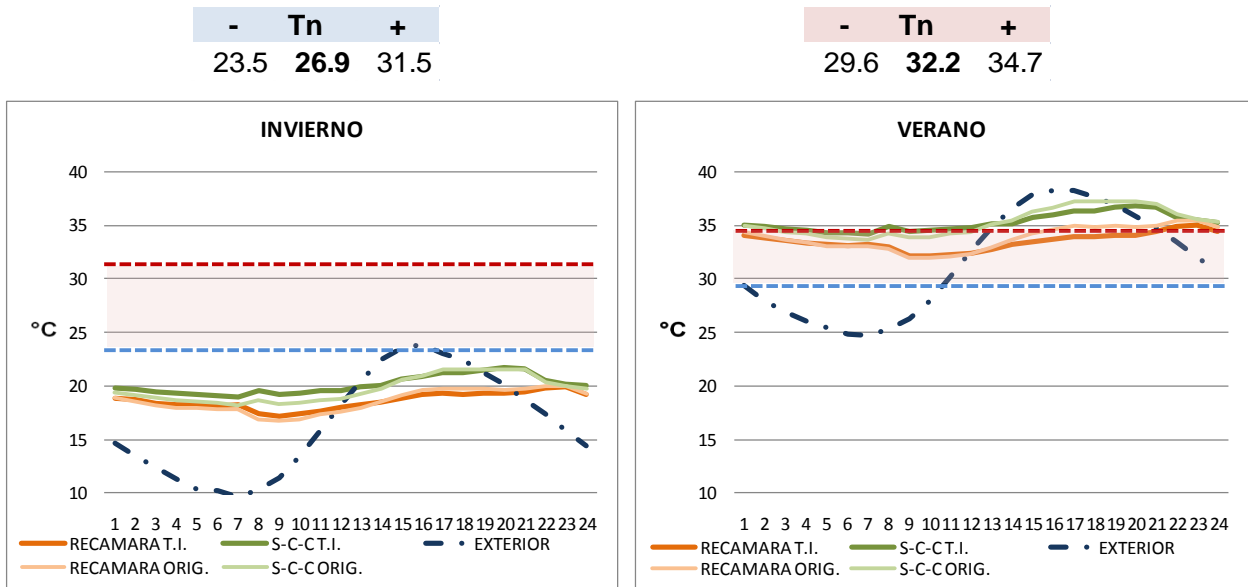


Figura 38. Ubicación de la aplicación del aislamiento con poliuretano esparcido de 2" en losa

### 4.3.1. Análisis de temperaturas



**Gráfica 37.** Temperatura de invierno y de verano + poliuretano espreado en losa

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La temperatura no tuvo una modificación significativa para la recámara, pues tanto en el verano como en el invierno variaron unas pocas décimas de grado con respecto a las originales, sucediendo lo mismo para el espacio s-c-c, sin embargo los registros mostraron que la aplicación del poliuretano permitió 3 h más de confort al interior durante las mañanas de verano.

### 4.3.2. Análisis de pérdidas y ganancias

**RECAMARA (S)**

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-55469	22049	-41743	12076	-6474	10684	-35269	1392
QS	0	24430	0	13028	0	6366	0	6662
Qg	0	9706	0	9706	0	3709	0	5997
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-12086	8896	-11903	0	-183	8896

**Tabla 36.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara + poliuretano espreado en losa

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

El aislamiento de poliuretano en la losa le permitió a la recámara presentar una reducción de más de un 45% en las ganancias anuales solares indirectas y por conducción (Qc+Qs). Sin embargo, las pérdidas también se vieron disminuidas con más de un 20%.

#### S-C-C

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-113776	40733	-78875	15583	-10686	15091	-68189	492
QS	0	43601	0	13951	0	8150	0	5801
Qg	0	6839	0	5027	0	2810	0	2217
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-58945	4069	-50469	0	-8476	4069

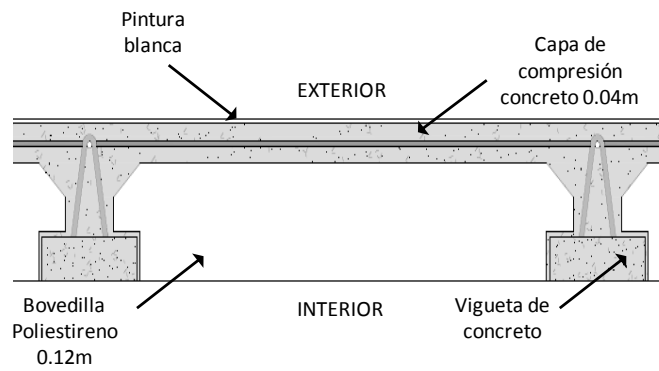
**Tabla 37.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + poliuretano espreado en losa

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

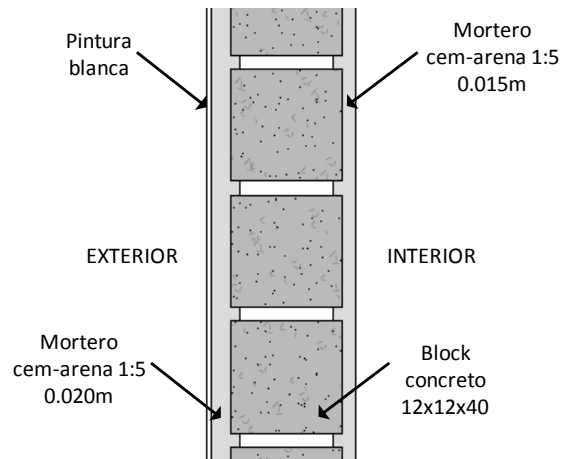
De esta manera, el registro anual para el espacio s-c-c determinó que las ganancias producto de las características de los materiales disminuyeron más de 60%, más significativamente durante los días de invierno; de la misma manera para este concepto (Qc+Qs), las pérdidas solamente disminuyeron un 30% del total original. Se registra también una disminución del 40% en las ganancias producto del comportamiento de los muros interiores (Qz), particularmente durante los días invernales.

#### 4.4. Superficies exteriores blancas

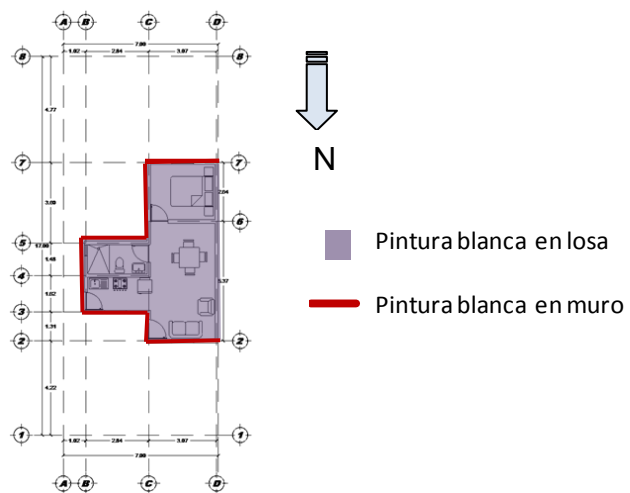
Se propone la aplicación de pintura blanca en cada una de las superficies exteriores de la vivienda, tanto en sus muros como en la losa, y con esto provocar un efecto de reflexión de la radiación solar directa sobre las superficies opacas y la posterior emisión del calor.



**Figura 39.** Corte esquemático de la superficie blanca en losa

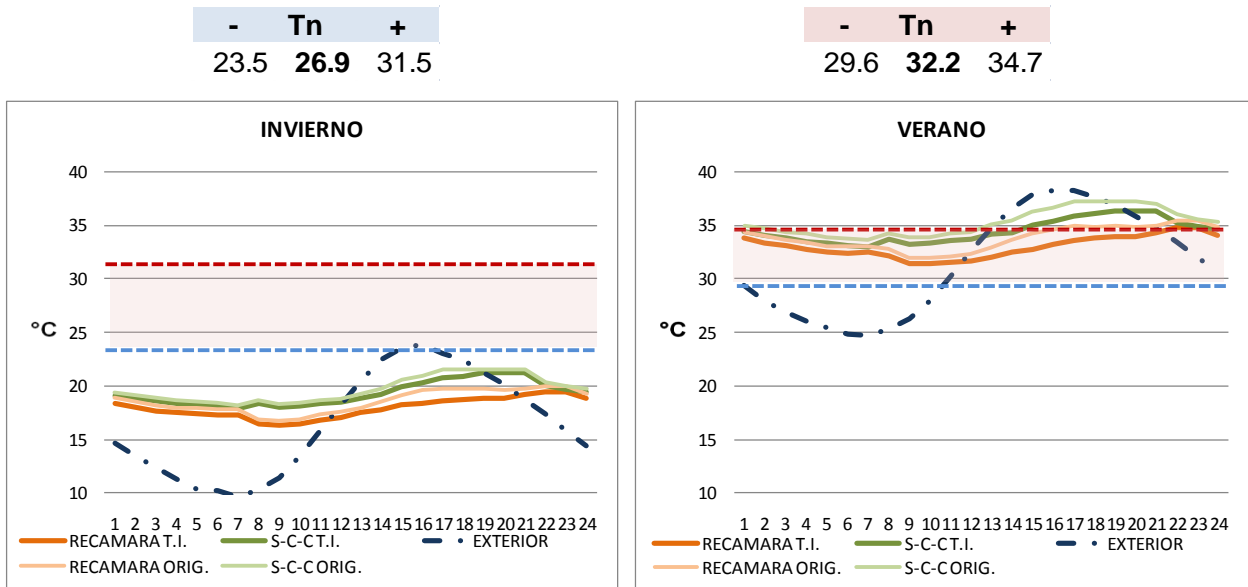


**Figura 40.** Corte esquemático de la superficie blanca en muro



**Figura 41.** Ubicación de superficies blancas para losa y muros exteriores

#### 4.4.1. Análisis de temperaturas



**Gráfica 38.** Temperatura de invierno y de verano + superficies blancas

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

El efecto que la aplicación de pintura blanca tuvo al interior de la vivienda fue significativo durante la época de verano, ya que la reducción de la temperatura en el espacio s-c-c durante la mañana permite 2 h extras de confort al interior y para la recámara se extiende 3 h más este efecto, con respecto a los registros de la vivienda original.

Para la época fría el efecto es a la inversa, aunque no muy marcada, la temperatura disminuye de 1 a 0.5 °C con respecto a la original.

#### 4.4.2. Análisis de pérdidas y ganancias

##### RECAMARA (S)

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-55469	22049	-62268	10457	-9596	10140	-52672	317
QS	0	24430	0	6038	0	3282	0	2756
Qg	0	9706	0	9706	0	3709	0	5997
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-11169	10144	-11010	20	-159	10124

**Tabla 38.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara + superficies blancas

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Gracias a la aplicación de pintura blanca en las superficies, dentro de la recámara se detectó una disminución del 50% en las ganancias producto de la conducción y las ganancias solares indirectas de los registros anuales (Qc+Qs), y un aumento del 10% en pérdidas de este mismo concepto.

Además, existe un incremento del 21% de ganancias totales, por cargas generadas entre zonas (Qz) específicamente durante los días invernales y una disminución del 15% en las pérdidas.

##### S-C-C

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-113776	40733	-124653	21143	-17970	20630	-106683	513
QS	0	43601	0	13145	0	7896	0	5249
Qg	0	6839	0	6839	0	3823	0	3016
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-52539	6911	-45513	0	-7026	6911

**Tabla 39.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + superficies blancas

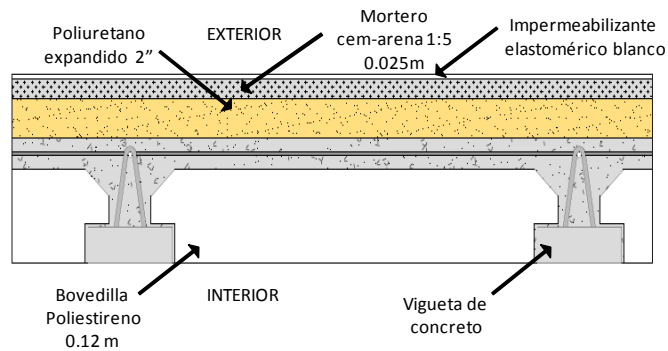
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Para el espacio s-c-c, las ganancias totales anuales por concepto de características de los materiales opacos (Qc+Qs), disminuyeron casi un 50% y las pérdidas aumentaron

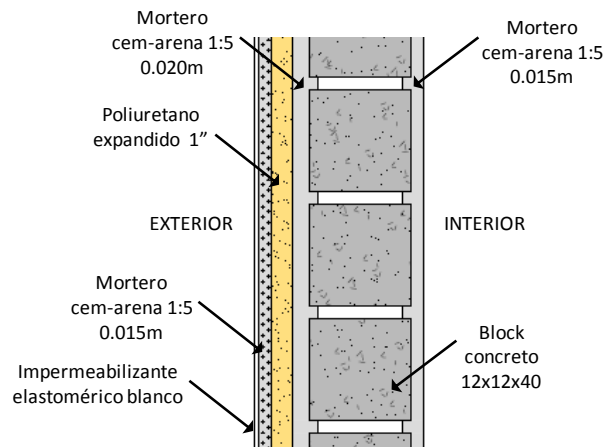
casi un 10%. De igual forma, disminuyeron las pérdidas por concepto de las ganancias anuales producto de los muros interiores ( $Q_z$ ), casi un 10% con respecto a las originales.

#### 4.5. Aislamiento en la losa y en todos los muros

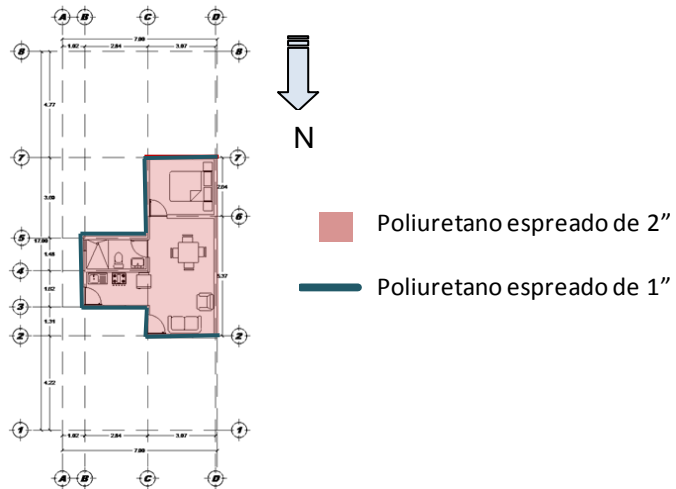
Consiste en la aplicación de una capa de poliuretano esparcido de 2" sobre toda la losa de la vivienda, así como una capa de 1" del mismo material sobre todos los muros exteriores, las cuales incluyen un entortado de mortero exterior de 2.5 cm para protección mecánica del poliuretano en losa y de 1.5 cm en muro, además un acabado final de impermeabilizante elastomérico blanco para todas las superficies.



**Figura 42.** Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparcido de 2" en losa

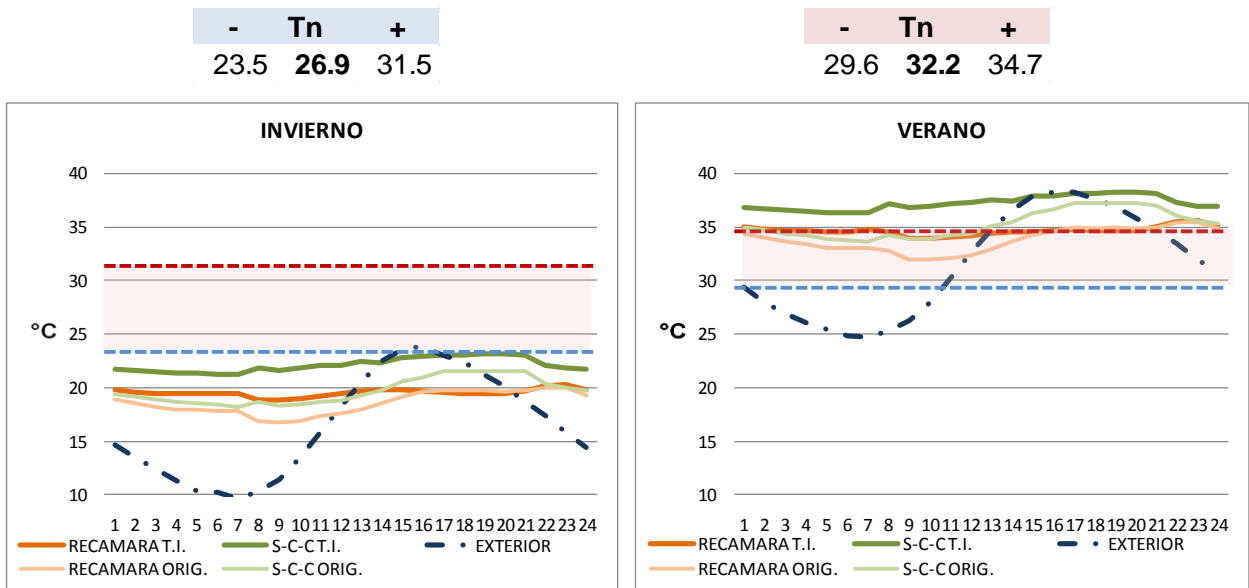


**Figura 43.** Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparcido de 1" en muros exteriores



**Figura 44.** Ubicación de la aplicación del aislamiento con poliuretano esparcido de 2” en losa y de 1” para muros exteriores

#### 4.5.1. Análisis de temperaturas



**Gráfica 39.** Temperatura de invierno y de verano + poliuretano esparcido en losa y muros

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

En ambos espacios la temperatura cambió considerablemente, tanto para la temporada de invierno como para la de verano.



Es evidente cómo el resultado es positivo en el invierno, ya que la aplicación del poliuretano crea un efecto de aislamiento completo en la vivienda, lo que permite conservar el calor durante más tiempo, efecto que no favorece a la vivienda en la época cálida, ya que, así como evita la radiación indirecta, es casi imposible que tenga pérdidas durante el resto del día, lo que ocasiona un incremento en la temperatura.

#### 4.5.2. Análisis de pérdidas y ganancias

##### RECÁMARA (S)

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-55469	22049	-16474	2734	-2561	2661	-13913	73
QS	0	24430	0	1541	0	788	0	753
Qg	0	9706	0	7129	0	2728	0	4401
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-834	6737	-637	575	0	6162

**Tabla 40.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara + poliuretano esparado en losa y muros

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Al aplicar aislamiento en todas las superficies, los datos obtenidos en la recámara determinan una disminución del 87% en las ganancias anuales por concepto de las características de los materiales opacos (Qc+Qs), también un 25% menos con respecto a las ganancias solares directas (Qg) y casi un 20% de reducción en las ganancias producto de los muros interzonales (Qz). Sin embargo, las pérdidas totales anuales disminuyeron con respecto a las originales más del 65% por concepto de características de los materiales (Qc+Qs) y un 90% de pérdidas interzonales (Qz).

**S-C-C**

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-113776	40733	-39217	7121	-5377	6991	-33840	130
QS	0	43601	0	5467	0	3217	0	2250
Qg	0	6839	0	5027	0	2810	0	2217
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-54924	0	-35251	0	-19673	0

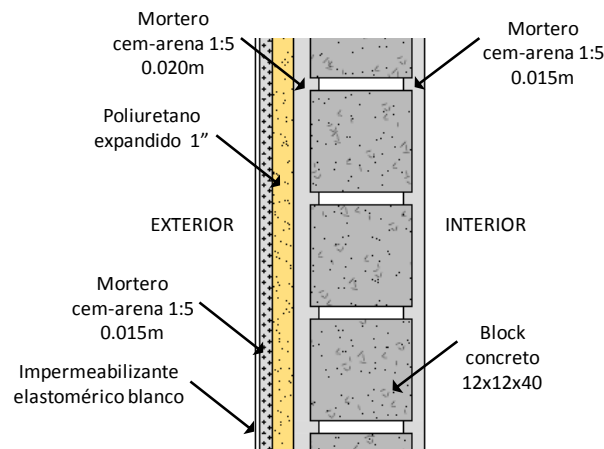
**Tabla 41.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + poliuretano espreado en losa y muros

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

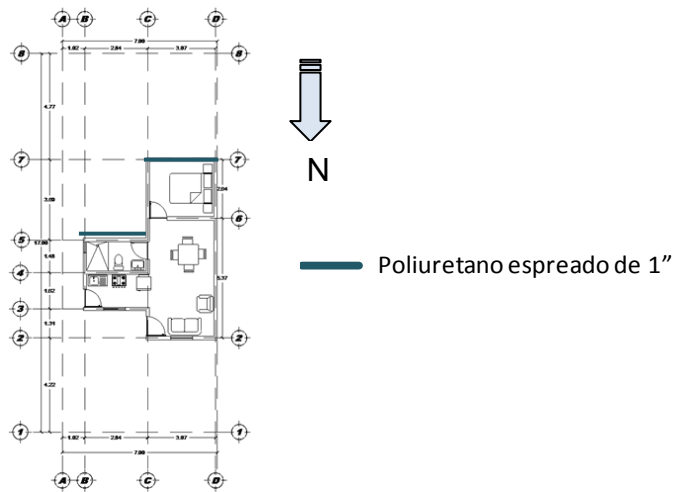
Con respecto a la s-c-c, los registros determinan una disminución del 80% en las ganancias generadas por los materiales opacos (Qc+Qz) y un 100% para las ganancias interzonales. Por otro lado, las pérdidas anuales originadas a través de los materiales opacos disminuyeron un 65%.

**4.6. Aislamiento en muros sur**

Es la aplicación de una capa de poliuretano espreado de 1”, la cual incluye una cubierta exterior de mortero de 1.5 cm para protección mecánica del poliuretano y un impermeabilizante elastomérico blanco final, esto sobre las paredes orientadas a sur, tales como el muro de la recámara y la del baño.



**Figura 45.** Corte esquemático del aislamiento con poliuretano espreado de 1” en muros exteriores de la fachada sur

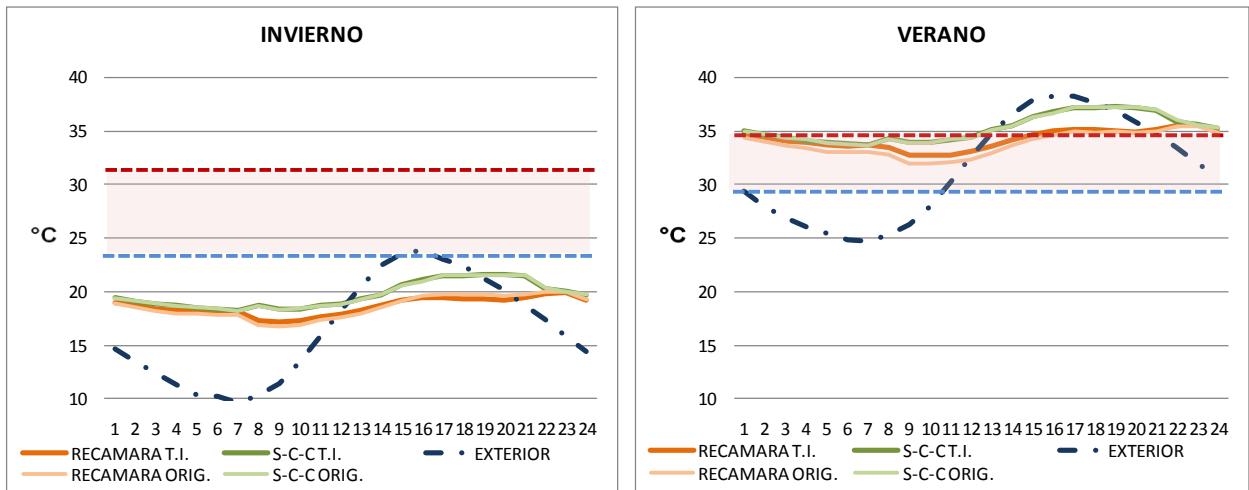


**Figura 46.** Ubicación de la aplicación del aislamiento con poliuretano espreado de 1" para muros exteriores de la fachada sur

#### 4.6.1. Análisis de temperaturas

-	Tn	+
23.5	26.9	31.5

-	Tn	+
29.6	32.2	34.7



**Gráfica 40.** Temperatura de invierno y de verano + poliuretano espreado en muros sur

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Al aplicar esta estrategia únicamente se vieron modificadas las condiciones térmicas de la recámara, sin embargo los resultados no son del todo satisfactorios, pues aunque

sólo se modificó la temperatura durante las primeras horas del día y ésta no sale del rango de confort, se presenta un aumento de 1°C con respecto a la de la vivienda original.

El hecho de eliminar las propuestas del uso de ladrillo, adobe y terrado se debió a varias razones, la principal y más importante es que se tomaron aquellas que sólo pudieran aplicarse a la vivienda ya construida, esto quiere decir, que fueran aplicaciones postconstrucción. Además que al realizar la evaluación estos materiales trabajaron como masa térmica debido a su espesor, lo que provocó un retardo térmico significativo durante las horas nocturnas.

#### 4.6.2. Análisis de pérdidas y ganancias

##### RECAMARA (S)

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-55469	22049	-43030	17151	-6412	15268	-36618	1883
QS	0	24430	0	18140	0	10840	0	7300
Qg	0	9706	0	7129	0	2728	0	4401
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-14770	7797	-14330	0	-440	7797

**Tabla 42.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara + poliuretano esparcido en muros sur

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Los resultados anuales obtenidos al aplicar una capa de poliuretano exclusivamente en la fachada sur de la vivienda son los siguientes: una disminución del 20% por ganancias solares indirectas y de conducción (Qc+Qs), 25% menos de ganancia por ganancias solares directas y sólo un 5% por las ganancias interzonales (Qz).

Con respecto a las pérdidas, se presenta una disminución en comparación con los datos de la vivienda original de un 20% por cargas originadas por los materiales opacos (Qc+Qs), y se registra un aumento del 10% por concepto de pérdidas interzonales (Qz) principalmente durante los meses invernales.

### S-C-C

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh
Qc + Qs	-113776	40733	-114129	41086	-16008	37216	-98121	3870
QS	0	43601	0	43601	0	26444	0	17157
Qg	0	6839	0	6839	0	3823	0	3016
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-55987	6427	-47970	0	-8017	6427

**Tabla 43.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c + poliuretano espreado en muros sur

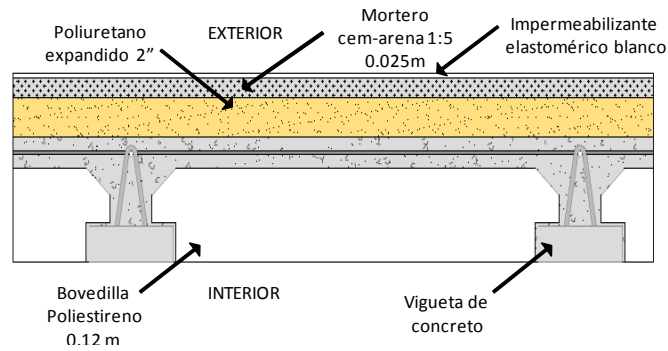
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Con respecto a la evaluación del espacio s-c-c, los valores permanecieron iguales, ya que el material se aplicó solamente en los muros sur, correspondientes a la recámara. Sólo hubo una pequeña variación en las pérdidas y ganancias de las cargas generadas por los muros interiores (Qz).

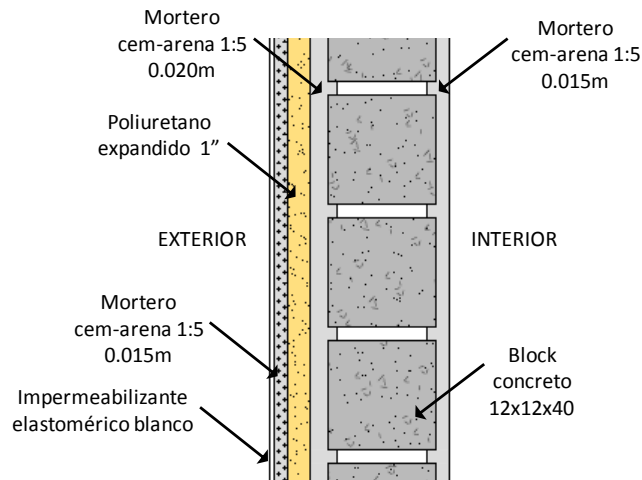
#### 4.7. Evaluación de vivienda bioclimática

Analizando los resultados de las evaluaciones anteriores, se tomaron las primeras 5 estrategias, las cuales presentaron mejores condiciones con respecto a los datos originales, tanto de temperatura como de cargas térmicas, además se consideraron las características económicas del usuario, las dimensiones de las viviendas y las ventajas en los resultados.

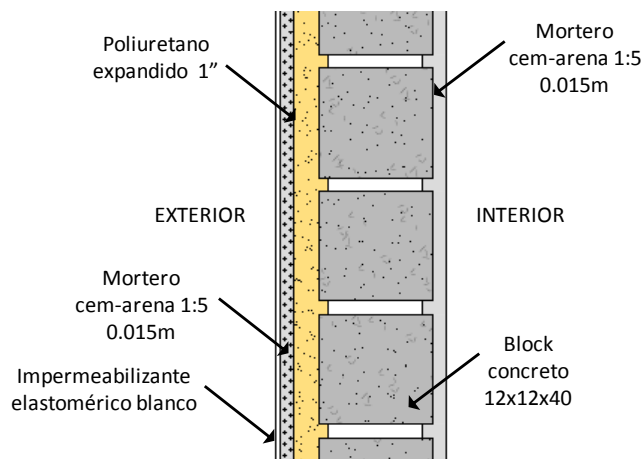
De esta manera se eligieron las estrategias con las cuales se podría generar un modelo bioclimático, éstas fueron: protección solar en ventanas, aislamiento con poliuretano espreado de 2" en losa y de 1" en paredes de la fachada sur, y aplicación de pintura blanca en todas las superficies exteriores.



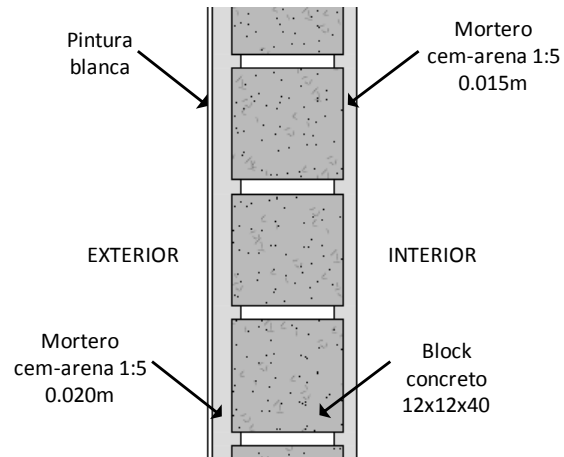
**Figura 47.** Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparcido de 2" y pintura blanca en losa



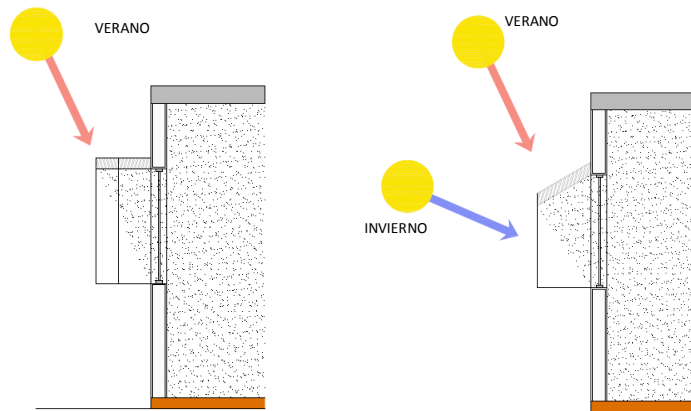
**Figura 48.** Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparcido de 1" y pintura blanca en muros exteriores de la fachada sur (caso prototipo post-construcción)



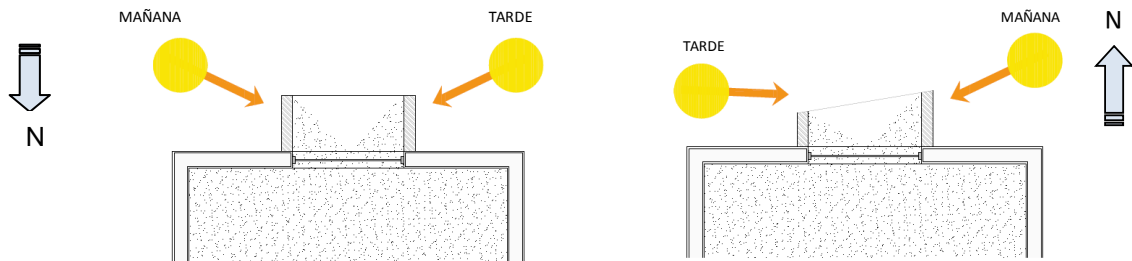
**Figura 49.** Corte esquemático del aislamiento con poliuretano esparcido de 1" y pintura blanca en muros exteriores de la fachada sur (caso prototipo pre-construcción)



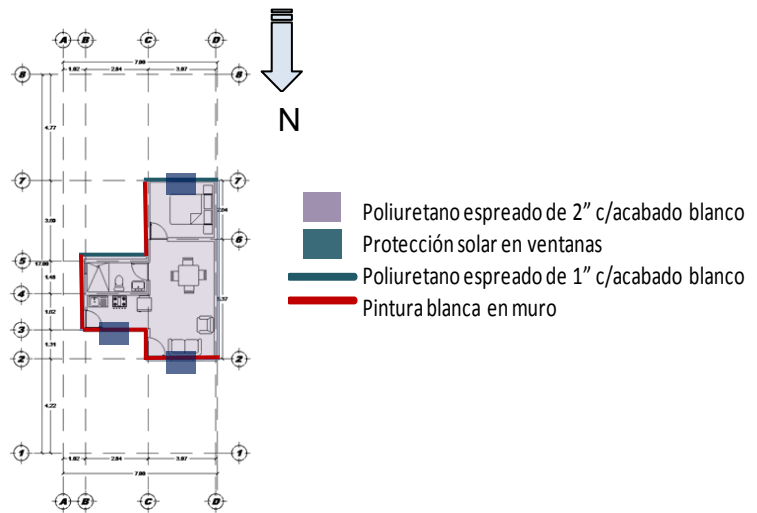
**Figura 50.** Corte esquemático de la superficie blanca en muro exterior



**Figura 51.** Elemento de protección solar norte y sur, corte

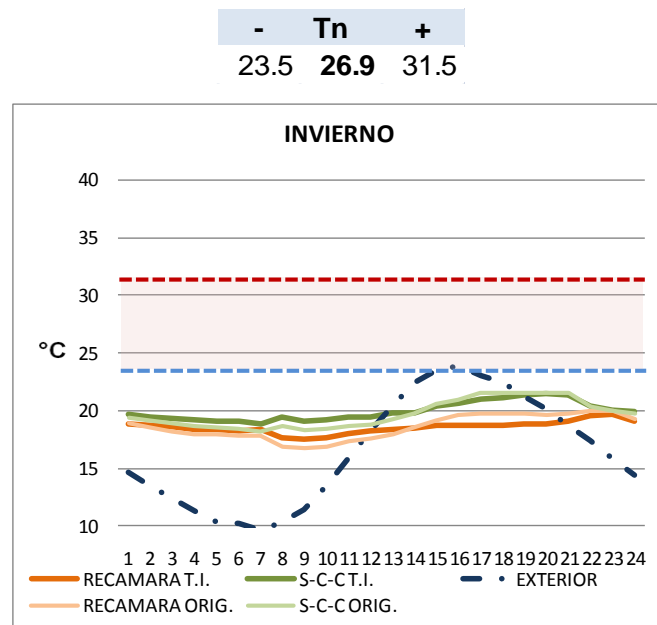


**Figura 52.** Elemento de protección solar norte y sur, planta



**Figura 53.** Ubicación del aislamiento con poliuretano esprayado para muros exteriores de la fachada sur y losa, pintura blanca para todas las superficies y protección solar en ventanas.

#### 4.7.1. Análisis de temperaturas



**Gráfica 41.** Temperatura de invierno, vivienda prototipo

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

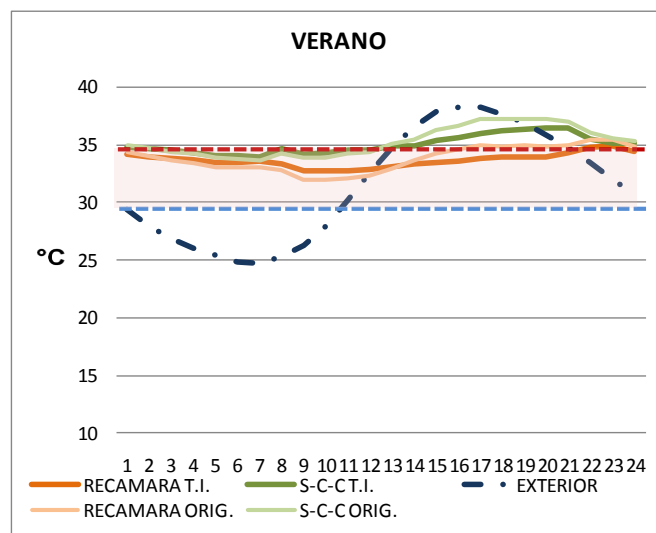
La gráfica anterior muestra el comportamiento térmico de la vivienda durante la época invernal, como se puede observar, las temperaturas en los espacios de la vivienda



propuesta aumentan en proporción de 1°C durante las primeras horas del día, sin embargo a partir de las 16 h y hasta las 20 h, los espacios de la vivienda original presentan aproximadamente 1°C mas con respecto a la propuesta.

Cabe mencionar, que aunque la vivienda en general durante la época de invierno no alcance la temperatura de confort, considerada entre 23.5 °C y 31.5 °C, los valores obtenidos solamente son menores a los datos exteriores de las 13 a las 19 h.

-	<b>Tn</b>	+
29.6	<b>32.2</b>	34.7



**Gráfica 42.** Temperatura de verano vivienda prototipo

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La gráfica anterior muestra el comportamiento de la vivienda durante la temporada cálida, en ésta se pueden comparar las temperaturas de los espacios analizados antes y después de la aplicación de estrategias. Como es evidente, al confrontar ambos espacios, durante las horas más críticas que van de las 14 y hasta las 22 h, las temperaturas tienden a disminuir alrededor de 2 °C, aproximando al espacio s-c-c a la zona de confort y permiten que la recámara permanezca en confort todo el día.

## 4.7.2. Análisis de pérdidas y ganancias

### RECÁMARA (S)

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-55469	22049	-31400	4515	-4767	4450	-26633	65
QS	0	24430	0	2002	0	1103	0	899
Qg	0	9706	0	4286	0	819	0	3467
Qv	-7895	1048	-7895	1048	-1299	1036	-6596	12
Qi	0	24135	0	24135	0	12070	0	12065
Qz	-13377	8339	-12625	8718	-12472	0	-153	8718

**Tabla 44.** Registro de pérdidas y ganancias para recámara prototipo

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Al conjugar las estrategias, tales como la aplicación de pintura blanca en las superficies, poliuretano en fachada sur y en losa; y teniendo como respaldo el análisis estereográfico (ver 4.2.1. Análisis de sombra de protección solar en ventanas), dentro de la recámara se detectó una disminución del 80% en las ganancias producto de la conducción y las ganancias solares indirectas de los registros anuales (Qc+Qs), sin embargo las pérdidas disminuyeron 40% con relación a las originales para este mismo concepto. Además, existe una disminución del 55% de ganancias totales, por cargas directas solares (Qg).

### S-C-C

	ORIGINAL		MODIFICADA		PERD.VER.	GAN.VER.	PERD.INV.	GAN.INV.
	PERD.T	GAN.T	PERD.T	GAN.T				
	Wh	Wh	Wh	Wh				
Qc + Qs	-113776	40733	-82338	11594	-11390	11444	-70948	150
QS	0	43601	0	6494	0	3800	0	2694
Qg	0	6839	0	0	0	0	0	0
Qv	-20561	2744	-20561	2744	-3393	2713	-17168	31
Qi	0	94761	0	94761	0	47382	0	47379
Qz	-56815	6682	-57631	3863	-49347	0	-8284	3863

**Tabla 45.** Registro de pérdidas y ganancias para s-c-c prototipo

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

En relación al espacio s-c-c, las ganancias totales anuales por concepto de características de los materiales opacos (Qc+Qs), disminuyeron 70% y las pérdidas

disminuyeron casi un 30%. Igualmente, disminuyeron las ganancias anuales producto de los muros interiores ( $Q_z$ ) un 40% con respecto a las originales y las ganancias totales anuales por concepto de las cargas directas solares ( $Q_g$ ) disminuyeron en un 100%.

## Evaluación de consumo eléctrico

En la primera parte del siguiente capítulo se presenta el análisis de consumo eléctrico para cada uno de los casos de estudio, a partir del consumo total mensual y del consumo exclusivo por operación del equipo de A/A durante la época de verano.

Para la segunda parte del capítulo, se realiza una estimación del costo por consumo eléctrico a partir de la tarifa 1F, establecida por la CFE.

Cabe mencionar, que aunque ya se seleccionaron las mejores estrategias y se generó una propuesta de vivienda, se evaluara el consumo eléctrico de cada una de ellas, como forma de comprobar que al integrarse las estrategias los resultados son mejores, tanto en comportamiento térmico como en consumo eléctrico.

### 5.1. Análisis del consumo eléctrico para los modelos evaluados

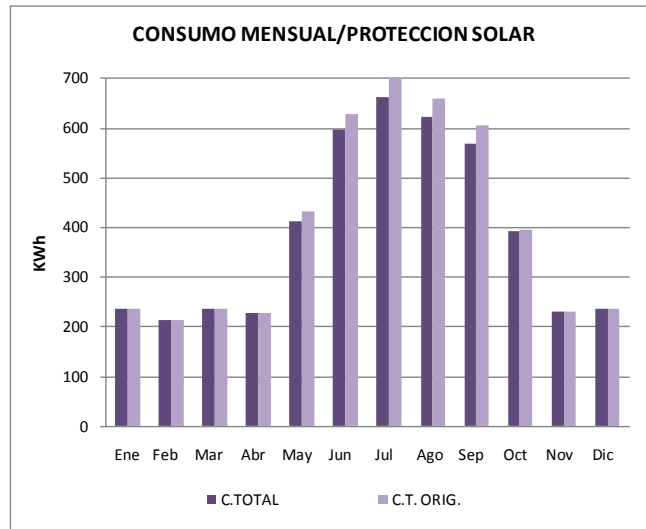
A continuación se muestra la evaluación de consumo eléctrico realizada para cada modelo propuesto, como se mencionó en el último apartado del capítulo III, es necesario tomar en cuenta, que para este análisis, los consumos por concepto de iluminación y equipos electrónicos son constantes para todos los modelos.

Es así como a partir del análisis de ganancias por cargas, aplicando cada una de las estrategias de diseño, se analizaron los consumos eléctricos mensuales.

En cada una de las gráficas se tendrá el valor total, ya sea por mes o temporada, teniendo como referencia comparativa el consumo del mismo concepto de la vivienda original.

### 5.1.1. Protección solar en ventanas

La siguiente gráfica muestra que a partir del mes de mayo y hasta octubre (temporada cálida) el consumo total de la vivienda con protección solar en las ventanas, presenta una disminución promedio de 4.5% mensual, con respecto a la vivienda original.



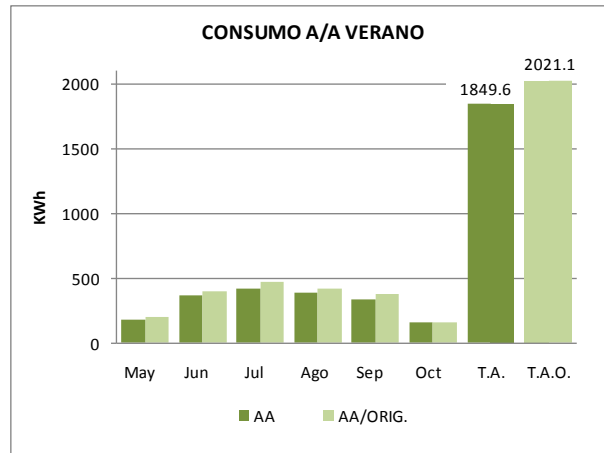
**Gráfica 43.** Consumo eléctrico mensual, protección solar <sup>7</sup>

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

De esta manera, la gráfica 44 muestra como durante la temporada de verano se reduce el consumo por el uso del aire acondicionado un 8% con respecto al consumo de A/A original.

---

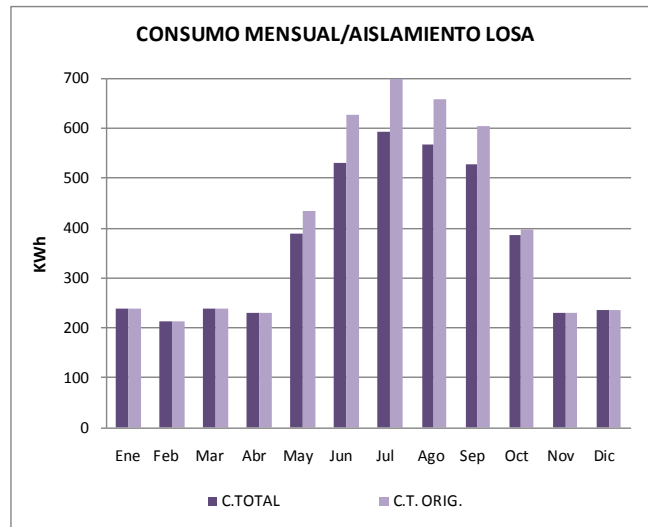
<sup>7</sup> Todos los datos y las tablas desarrolladas para obtener las gráficas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.



**Gráfica 44.** Consumo por operación del A/A en verano, protección solar  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

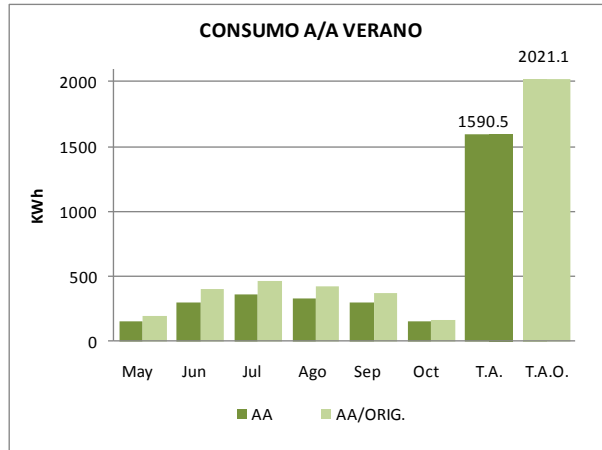
### 5.1.2. Aislamiento en losa

En la gráfica 45 se observa que durante los meses de mayo y hasta octubre (temporada cálida) el consumo eléctrico total de la vivienda con aislamiento de poliuretano espreado de 2" de espesor en la losa, presenta una disminución promedio de 12% mensual, con respecto a la vivienda original.



**Gráfica 45.** Consumo eléctrico mensual, poliuretano espreado de 2" en losa  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

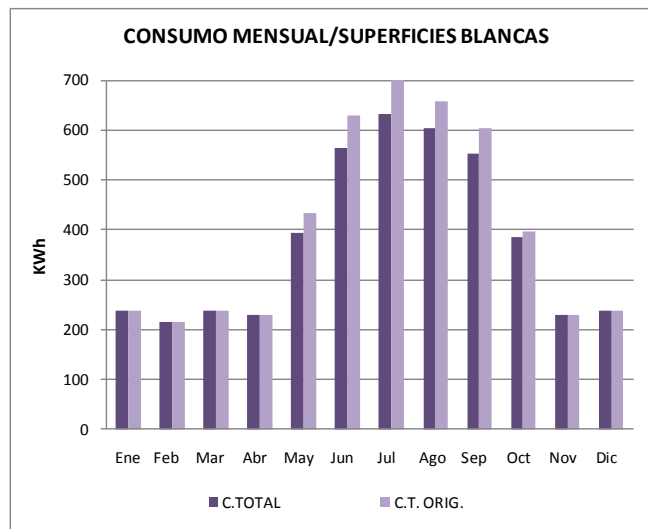
La gráfica 46 muestra como esta misma presenta una reducción en su consumo por el uso del aire acondicionado de un 20% con respecto al consumo de A/A original durante la época cálida.



**Gráfica 46.** Consumo por operación del A/A en verano, poliuretano esparado de 2” en losa  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

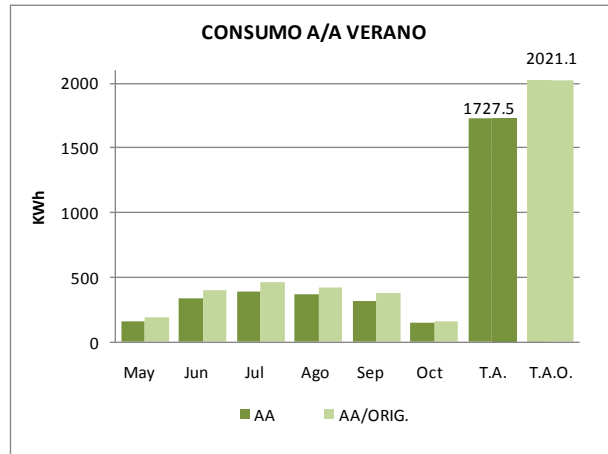
### 5.1.3. Superficies exteriores blancas

La gráfica 47 muestra que a partir del mes de mayo y hasta octubre, el consumo total de la vivienda con la aplicación de pintura blanca en sus superficies exteriores, presenta una disminución promedio de 8.5% mensual, con respecto a la vivienda original.



**Gráfica 47.** Consumo eléctrico mensual, superficies blancas  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

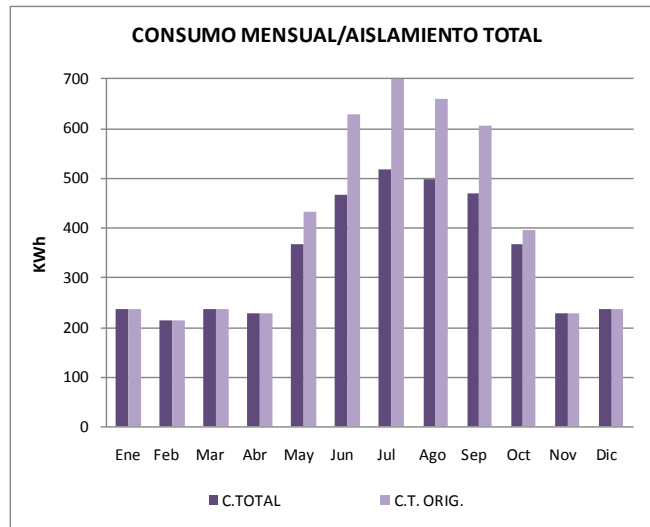
De esta forma, la vivienda reduce su consumo por el uso del aire acondicionado un 14.5% con respecto al consumo de A/A original durante la época cálida.



**Gráfica 48.** Consumo por operación del A/A en verano, superficies blancas  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

#### 5.1.4. Aislamiento en la losa y en todos los muros.

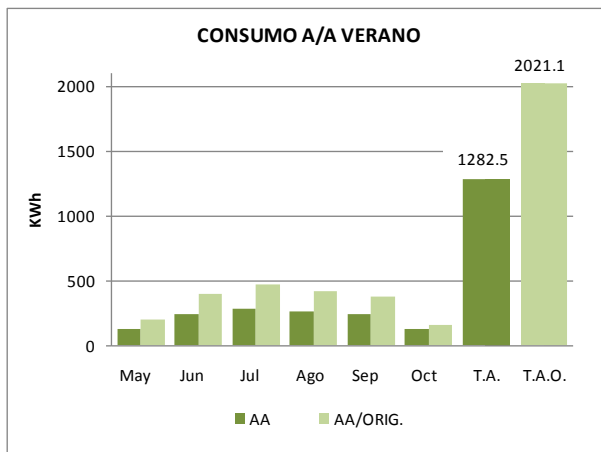
La gráfica 49 muestra una disminución promedio de 20% mensual, con respecto a la vivienda original, a partir del mes de mayo y hasta octubre, al tener la aplicación poliuretano esparcido de 2” en losa y 1” en todos los muros.



**Gráfica 49.** Consumo eléctrico mensual, poliuretano esparcido en losa y muros  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*



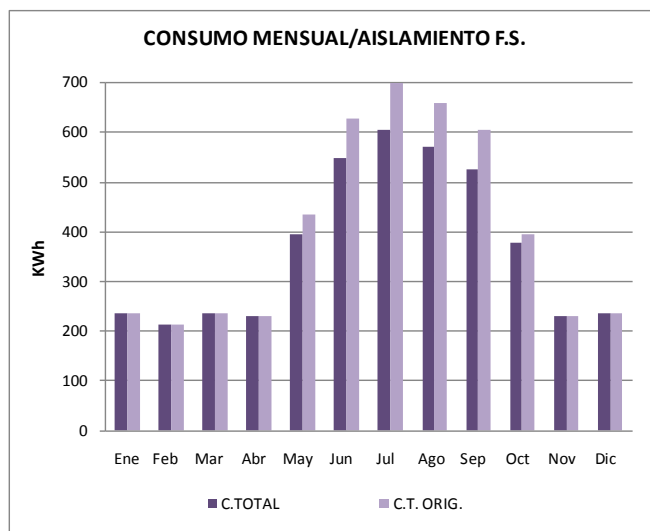
La gráfica 50 muestra como esta misma presenta una reducción en su consumo por el uso del aire acondicionado de un 34.5% con respecto al consumo de A/A original durante la época cálida.



**Gráfica 50.** Consumo por operación del A/A en verano, poliuretano esparado en losa y muros  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

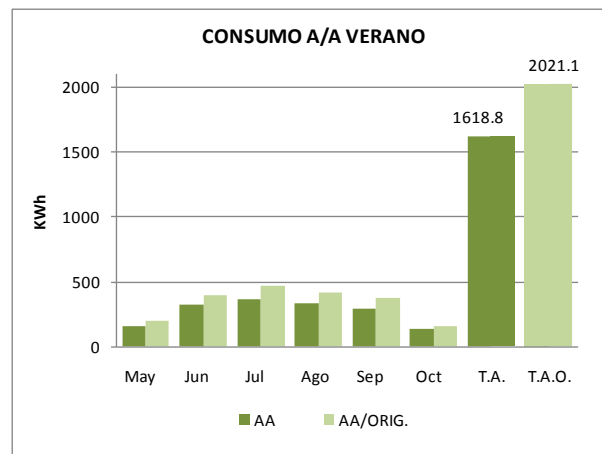
### 5.1.5. Aislamiento en muros sur

La gráfica 51 muestra una disminución promedio de 11% mensual, con respecto a la vivienda original, a partir del mes de mayo y hasta octubre, al tener la aplicación poliuretano esparado de 1” en muros con orientación sur.



**Gráfica 51.** Consumo eléctrico mensual, poliuretano esparado en muros sur  
*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Así pues, la vivienda reduce su consumo por el uso del aire acondicionado un 19% con respecto al consumo de A/A original durante la época cálida.

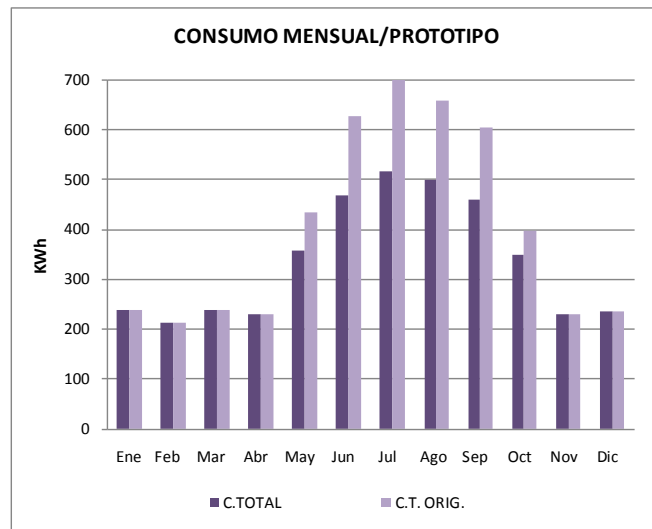


**Gráfica 52.** Consumo por operación del A/A en verano, poliuretano espreado en muros sur

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

## 5.2. Consumos de la vivienda propuesta

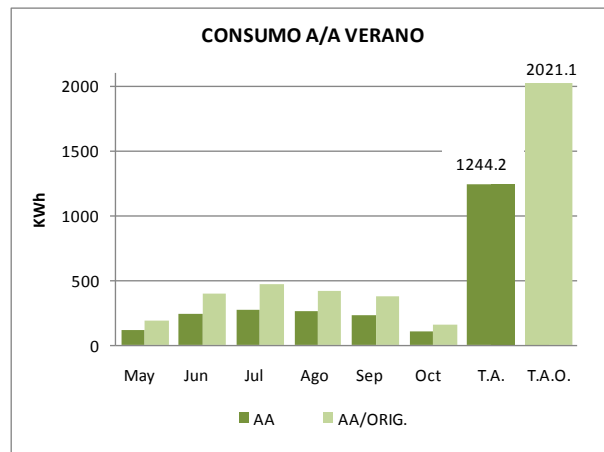
En la siguiente gráfica se puede observar que durante los meses de mayo y hasta octubre (temporada cálida) el consumo eléctrico total de la vivienda propuesta (la cual incluye *protección solar en ventanas, aislamiento con poliuretano espreado de 2" en losa y de 1" en paredes de la fachada sur, y aplicación de pintura blanca en todas las superficies exteriores*), presenta una disminución promedio de 21.7% mensual, con respecto a la vivienda original.



**Gráfica 53.** Consumo eléctrico mensual, prototipo

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

La gráfica 54 muestra como la misma vivienda reduce su consumo por el uso del aire acondicionado un 38% con respecto al consumo de A/A original durante la época cálida.



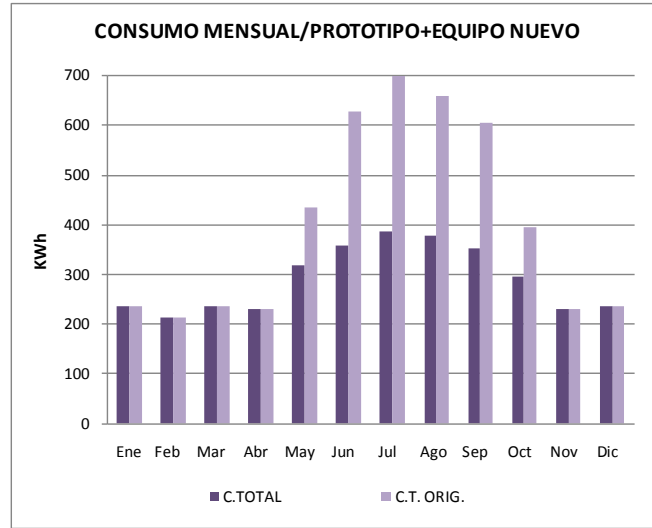
**Gráfica 54.** Consumo por operación del A/A en verano, prototipo

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

En este sentido, si además se de incorporar estas estrategias a la vivienda, se opta por instalar un equipo de aire acondicionado nuevo, esto significa, que su eficiencia sea mayor, y su capacidad en toneladas sea menor, los resultados serán los siguientes:

- Cambiar el equipo de aire acondicionado por uno de SEER 10 con capacidad de 8000 btu= ¾ de tonelada.

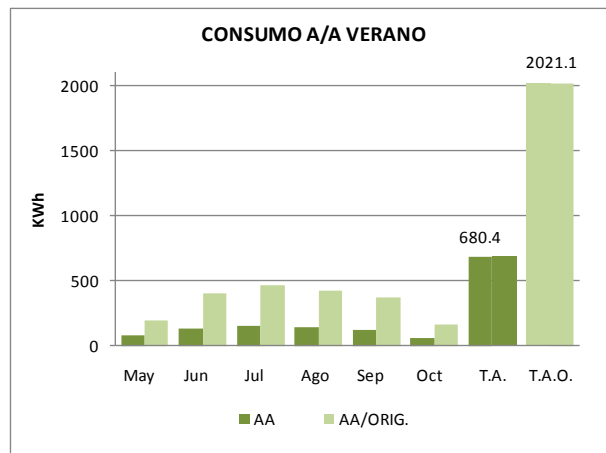
La gráfica 55 muestra como el comportamiento de consumo eléctrico total, durante los meses de mayo y hasta octubre presenta una disminución promedio de 38% mensual, con respecto a la vivienda original.



**Gráfica 55.** Consumo eléctrico mensual, prototipo + ¾ ton SEER 10

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Reduciendo su consumo por el uso del aire acondicionado un 65% con respecto al consumo de A/A original durante la época cálida.



**Gráfica 56.** Consumo por operación del A/A en verano, prototipo + ¾ ton SEER 10

*Fuente: Elaboración propia con datos de Autodesk Ecotect Analysis 2010*

### **5.3. Comparación entre el consumo eléctrico de la vivienda de interés social estudiada y la propuesta.**

Con el análisis anterior se determinaran los costos del consumo eléctrico, para ello es necesario identificar el tipo de tarifa que se tendrá que pagar.

La tarifa 1F es aplicable al servicio doméstico en municipios con temperatura media de verano de 33 °C o más, como es el caso de Hermosillo, Cajeme y San Luis Río Colorado (Imparcial, 2010).

#### **5.3.1. Costo del consumo según tarifa local**

Aplicación:

**Tarifa 1F:** Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, en localidades cuya temperatura media mensual en verano sea de 33 °C como mínimo (CFE, 2011).

De acuerdo con lo anterior, CFE maneja dos planes tarifarios, uno para la TEMPORADA DE VERANO y otro para la llama TEMPORADA FUERA DE VERANO, determinando los siguientes aspectos.

Temporada de verano: El período de aplicación de esta tarifa comprende los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo con las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. Los 6 meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano.

		TARIFA
HASTA 1200 KWh	BÁSICO (primeros 300)	\$0.535
	INTERMEDIO (adicional)	\$0.682
MAYOR A 1200 KWh	INTERMEDIO BAJO (sig. 900)	\$0.876
	INTERMEDIO ALTO (sig. 1300)	\$1.630
	EXCEDENTE (adicional)	\$2.585

**Tabla 46.** Tarifa de verano, para julio

		TARIFA
HASTA 250 KWh	BÁSICO (primeros 75)	\$0.733
	INTERMEDIO (sig. 125)	\$0.888
	EXCEDENTE (adicional)	\$2.593
MAYOR A 250 KWh	BÁSICO (primeros 75)	\$0.733
	INTERMEDIO (sig. 125)	\$1.229
	EXCEDENTE (adicional)	\$2.593

**Tabla 47.** Tarifa fuera de verano, para diciembre

A partir de los resultados de consumo eléctrico de la vivienda original y la propuesta, y tomando las tarifas eléctricas anteriormente especificadas, se presentan la siguiente gráfica que muestra la cuota mensual sin Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.16%) y sin Derecho al Alumbrado Público (D.A.P.)<sup>8</sup>, que habrá de cubrirse para la vivienda original, la vivienda propuesta I con el equipo de A/A original y la vivienda propuesta II con equipo nuevo (ver tabla 48).

<sup>8</sup> En este impuesto varía dependiendo la colonia.

MES	con. orig. KWh	cuota orig. \$	con. prop.I KWh	cuota prop.I \$	con. prop.II KWh	cuota prop.II \$
Ene	237.4	\$ 253.9	237.4	\$ 253.9	237.4	\$ 253.9
Feb	214.3	\$ 196.7	214.3	\$ 196.7	214.3	\$ 196.7
Mar	237.3	\$ 255.3	237.3	\$ 255.3	237.3	\$ 255.3
Abr	229.5	\$ 236.4	229.5	\$ 236.4	229.5	\$ 236.4
May	433.7	\$ 245.9	357.5	\$ 194.8	318.3	\$ 168.6
Jun	628.9	\$ 377.9	469.1	\$ 270.5	357.3	\$ 195.4
Jul	705.8	\$ 431.0	517.7	\$ 304.2	386.8	\$ 216.0
Ago	659.5	\$ 401.1	499.9	\$ 293.2	377.4	\$ 210.4
Sep	605.1	\$ 365.6	459.6	\$ 266.9	352.1	\$ 194.0
Oct	396.6	\$ 225.0	348.8	\$ 192.5	296.8	\$ 157.6
Nov	229.7	\$ 242.2	229.7	\$ 242.2	229.7	\$ 242.2
Dic	237.0	\$ 261.9	237.0	\$ 261.9	237.0	\$ 261.9
<b>TOTAL</b>	<b>4814.81</b>	<b>\$ 3,492.8</b>	<b>4037.89</b>	<b>\$ 2,968.6</b>	<b>3474.05</b>	<b>\$ 2,588.4</b>

**Tabla 48.** Consumo y cuota mensual (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia con datos de Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con la información de la tabla anterior, la vivienda original tuvo un consumo eléctrico total anual de 4814.81 kWh, con un costo total de \$3,492.8.

Así mismo, la propuesta I obtuvo un consumo eléctrico total anual de 4037.89 kWh, lo que representa un 16% menos respecto al consumo de la vivienda original, generando un monto total de \$2,968.6 durante todo el año.

Por último, la propuesta II, (propuesta I + instalación de un equipo de  $\frac{3}{4}$  de Ton con SEER 10) obtuvo un consumo eléctrico anual de 3474.05 kWh, representando un 28% menos respecto al consumo original, con un costo anual total de \$2,588.4.

Es necesario tener en cuenta que los horarios de uso, tanto del refrigerador como del equipo de aire acondicionado, son los mismos para todos los casos, y aunque estos deben cambiar por la variación de las condiciones térmicas al interior de los espacios, se optó por dejarlos fijos para tener parámetros similares al momento de comparar.

Ya que la tarifa 1F maneja dos cuotas, de las cuales, la de verano se encuentra con mayor subsidio gubernamental, se realiza un análisis en donde se descarta dicho subsidio y se toma la tarifa fija fuera de verano para todo el año, con el objetivo de tener los parámetros reales del costo del consumo eléctrico.

MES	con. orig. KWh	cuota orig. \$	con. prop.I KWh	cuota prop.I \$	con. prop.II KWh	cuota prop.II \$
Ene	237.4	\$ 253.9	237.4	\$ 253.9	237.4	\$ 253.9
Feb	214.3	\$ 196.7	214.3	\$ 196.7	214.3	\$ 196.7
Mar	237.3	\$ 255.3	237.3	\$ 255.3	237.3	\$ 255.3
Abr	229.5	\$ 236.4	229.5	\$ 236.4	229.5	\$ 236.4
May	433.7	\$ 797.0	357.5	\$ 603.6	318.3	\$ 504.2
Jun	628.9	\$ 1,296.3	469.1	\$ 889.6	357.3	\$ 605.0
Jul	705.8	\$ 1,496.7	517.7	\$ 1,016.4	386.8	\$ 682.3
Ago	659.5	\$ 1,382.8	499.9	\$ 974.0	377.4	\$ 660.3
Sep	605.1	\$ 1,247.4	459.6	\$ 873.6	352.1	\$ 597.4
Oct	396.6	\$ 713.9	348.8	\$ 590.8	296.8	\$ 456.8
Nov	229.7	\$ 242.2	229.7	\$ 242.2	229.7	\$ 242.2
Dic	237.0	\$ 261.9	237.0	\$ 261.9	237.0	\$ 261.9
<b>TOTAL</b>	<b>4814.81</b>	<b>\$ 8,380.3</b>	<b>4037.89</b>	<b>\$ 6,394.3</b>	<b>3474.05</b>	<b>\$ 4,952.3</b>

**Tabla 49.**Consumo y cuota mensual (Tarifa 1f sin subsidio de verano)

Al calcular la cuota de consumo utilizando la tarifa 1F sin subsidio de verano, la tabla anterior muestra que la vivienda original tuvo un costo total anual de \$8,380.3, lo que representa un aumento de 140% con respecto a la cuota subsidiada.

De igual manera, la propuesta I obtuvo un costo total anual de \$6,394.3, aumentando el 115.4% con respecto a la tarifa subsidiada.

Por último, la propuesta II, presentó un costo anual total de \$4,952.3, lo que representa un aumento de 91.3% respecto a la tarifa subsidiada.



### **Evaluación económica**

Como capítulo final del presente trabajo, se desarrolla una evaluación económica, la cual analiza el tiempo de recuperación financiera de los casos anteriormente estudiados.

En la primer parte, se analizan los precios unitarios correspondientes a las estrategias propuestas para la vivienda bioclimática, así como sus costos por operación.

En la segunda parte, se desarrolla el análisis de recuperación, con el objetivo de determinar en cuanto tiempo se recuperara el monto de la inversión inicial de cada propuesta, también se establecen los beneficios obtenidos al implementar las aplicaciones planteadas.

#### **6.1. Costos de inversión**

Se considera como costos de inversión únicamente al importe de aquellas aplicaciones propuestas para la mejora de las condiciones térmicas de la vivienda y la disminución en el consumo eléctrico.

Cada una de estas fueron desglosadas como conceptos de obra y analizadas unitariamente, considerando el suministro de los materiales, la colocación, mano de obra, herramienta y seguridad, dichos precios unitarios fueron estimados a partir de los estándares de la ciudad de Hermosillo, Sonora en el mes de febrero de 2011.

Al realizar la estimación de cada uno de los conceptos, fueron consultados los precios de materiales, mano de obra y aplicaciones, así pues, el precio obtenido es un promedio de lo cotizado.

Así pues, se presentan a continuación el resultado de los análisis unitarios, y las estimaciones para las estrategias propuestas.

En el capítulo 3, se plantean 4 estrategias, estas son protección solar en ventanas, aislamiento con poliuretano esparado de 2” en losa, superficies blancas y aislamiento con poliuretano esparado de 1” en muros de fachada sur. La siguiente tabla muestra la inversión de cada una de dichas propuestas.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Protección solar en ventana de panel w anclado en muro, incluye mano de obra y material	pza	3	\$519.55	\$4,687.43
Aislamiento con poliuretano esparado en losa, incluye entortado y recubrimiento blanco	m2	35.5	\$140.31	\$4,981.16
Superficies blancas, aplicación de pintura blanca en muros incluye pintura(prototipo)	m2	36.4	\$16.12	\$586.92
Aislamiento con poliuretano esparado en muros de fachada sur, incluye aplanado y recubrimiento blanco	m2	16.9	\$145.63	\$2,461.13
<b>TOTAL</b>				<b>\$15,845.41</b>

**Tabla 50.** Importe unitario de aplicaciones <sup>9</sup>

*Fuente: Elaboración propia*

La primer propuesta es aplicada a 3 ventanas de la vivienda, dos en el espacio s-c-c y una más en la recámara, consiste en la colocación de dos muretes, hechos a base de panel “w”, anclados a la pared y enjarrados, colocados adyacentes al vano de la ventana y uno más de forma horizontal uniendo a dichos elementos, la inversión de esta estrategia es de \$4,687.43, y de acuerdo con los dato obtenidos en su análisis representa un 55% menos de ganancias solares directas para la recámara y del 100% menos para la s-c-c durante todo el año.

La segunda estrategia consiste en la aplicación de poliuretano esparado de 2” en toda la losa, la cual incluye un entortado exterior de mortero de 2.5 cm para protección mecánica del poliuretano y un impermeabilizante elastomérico blanco final, esto

<sup>9</sup> Todos los datos utilizados en las tablas de este capítulo se presentan anexos en el documento electrónico.

representa una inversión de \$4,98.16 y según la evaluación de pérdidas y ganancias, permite un 50% menos de ganancias indirectas y por conducción ( $Q_c+Q_s$ ) a la vivienda.

La tercera propuesta consiste en la aplicación de pintura blanca en todos los muros exteriores de la vivienda, la cual representa una inversión de \$586.92, y de acuerdo con la evaluación de pérdidas y ganancias, genera una reducción del 50% de ganancias indirectas y por conducción ( $Q_c+Q_s$ ) en ambos espacios.

La cuarta y última estrategia consiste en la aplicación de poliuretano esparcido de 1", la cual incluye una cubierta exterior de mortero de 1.5 cm para protección mecánica del poliuretano y un impermeabilizante elastomérico blanco final, colocada en la superficie exterior de los muros con orientación sur, los cuales tienen un área de 16.9 m<sup>2</sup> en total. Dicha estrategia representa una inversión de \$2,461.13, y según la evaluación de pérdidas y ganancias, impide un 25% menos de las ganancias indirectas y por conducción ( $Q_c+Q_s$ ) al interior de la recámara.

Al integrar las estrategias anteriores en el modelo de vivienda bioclimática propuesta, se obtiene un monto total de \$15,845.41 por concepto de inversión extra, con lo que se obtiene una reducción aproximada del 70% (de 40,733 a 11,594 Wh durante todo el año) en las ganancias por concepto de los materiales opacos ( $Q_c+Q_s$ ).

En este sentido, ya que la evaluación del consumo eléctrico de la vivienda se realiza utilizando un equipo de A/A de 1 Ton, con una eficiencia SEER 8, y a partir del análisis de pérdidas y ganancias térmicas, es factible el uso de un equipo de menor capacidad, por lo que se propone una quinta estrategia para la disminución del consumo eléctrico, la instalación de un equipo de A/A de  $\frac{3}{4}$  de Ton con una eficiencia SEER de 10. Por lo que la inversión de este concepto es de \$3,800.00, el cual consiste en el suministro y colocación del equipo, la toma de corriente, la mano de obra y la herramienta.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
A/A de ventana de 3/4 de ton, SEER 10, incluye instalacion	pza	1	\$3,800.00	\$3,800.00
TOTAL 1ra PROP.				\$15,845.41
TOTAL 2da PROP.				\$19,645.41

**Tabla 51.** Importe de propuesta II

*Fuente: Elaboración propia*

Con el concepto anterior, se genera una segunda propuesta, que al integrar los montos por las aplicaciones mas el monto por el equipo nuevo y su instalación, se obtiene un segundo monto total de inversión de \$19,645.41.

## 6.2. Costos de operación

### 6.2.1. Análisis con tarifa 1F subsidiada en verano

Al realizar un análisis comparativo de costos de construcción de un diseño convencional y un diseño bioclimático, David Morillón define los costos de operación como lo que el usuario gasta en la vivienda para mantener funcional y para generar un ambiente de confort en la misma (Morillón, 1999); a partir de este concepto y de acuerdo con los objetivos de la investigación, los costos de operación serán aquellos que deriven únicamente al usar el equipo de aire acondicionado ubicado en la recámara durante los 6 meses considerados como de verano (época en la que se enciende el A/A).

	VIVIENDA ORIGINAL	CUOTA	VIVIENDA PROP. I	CUOTA	VIVIENDA PROP. II	CUOTA
	KWh	\$	KWh	\$	KWh	\$
Ene	-	-	-	-	-	-
Feb	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	-	-	-
May	196.3	\$ 102.3	120.1	\$ 62.6	80.8	\$ 42.1
Jun	399.3	\$ 223.6	239.5	\$ 125.3	127.7	\$ 66.8
Jul	468.6	\$ 271.1	280.5	\$ 147.3	149.6	\$ 78.5
Ago	422.0	\$ 240.6	262.5	\$ 138.3	140.0	\$ 73.8
Sep	375.7	\$ 210.0	230.3	\$ 121.8	122.8	\$ 65.0
Oct	159.1	\$ 84.5	111.4	\$ 59.2	59.4	\$ 31.5
Nov	-	-	-	-	-	-
Dic	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2021.1</b>	<b>\$ 1,132.1</b>	<b>1244.2</b>	<b>\$ 654.4</b>	<b>680.4</b>	<b>\$ 357.7</b>

**Tabla 52.** Consumo y cuota por operación (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia con datos de Ecotect Analysis 2010*

De acuerdo con la información de la tabla 52, la vivienda original tuvo un consumo eléctrico (por operación) de 2,021.1 kWh el cual representa el 42% del consumo eléctrico total anual, con un costo de \$1,132.1.

La propuesta I obtuvo un consumo eléctrico por operación de 1,244.2 kWh, representando el 31% del consumo total anual de la misma propuesta, y generando un monto por operación de \$654.4, disminuyendo 42% con respecto al costo por operación de la vivienda original. Cabe mencionar, que para la vivienda original y la propuesta I, el equipo de A/A es de baja eficiencia y con una capacidad de 12,000 Btu's.

Y por último, la propuesta II, (propuesta I + instalación de un equipo de  $\frac{3}{4}$  de Ton con SEER 10) obtuvo un consumo eléctrico por operación de 680.4kWh, el cual representa el 20% del consumo total anual de la misma propuesta, con un costo por operación de \$357.7, 68% menos que el consumo por operación de la vivienda original.

Es importante mencionar, que aunque la capacidad y la eficiencia del equipo cambien en la propuesta II, con respecto a la vivienda original y la propuesta I; el horario y los días de uso, son los mismos.

### **6.2.2. Análisis con tarifa 1F sin subsidio de verano**

Tomando en cuenta que la Tarifa 1F maneja dos cuotas y una de ellas presenta un mayor subsidio durante el verano, es necesario conocer las cuotas reales de consumo por operación del equipo, por lo que se presenta la siguiente tabla.

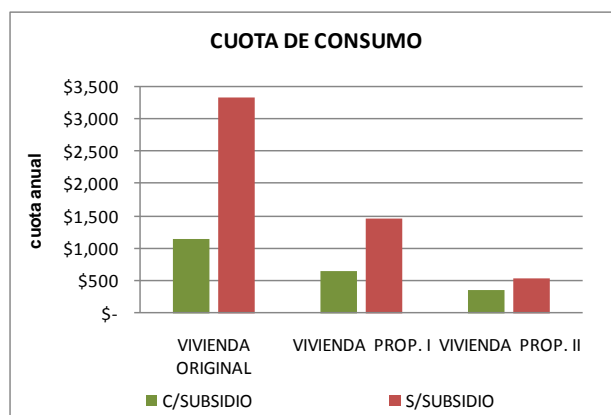
	VIVIENDA ORIGINAL	CUOTA	VIVIENDA PROP. I	CUOTA	VIVIENDA PROP. II	CUOTA
	KWh	\$	KWh	\$	KWh	\$
Ene	-	-	-	-	-	-
Feb	-	-	-	-	-	-
Mar	-	-	-	-	-	-
Abr	-	-	-	-	-	-
May	196.3	\$ 159.1	120.1	\$ 93.0	80.8	\$ 59.0
Jun	399.3	\$ 711.9	239.5	\$ 263.4	127.7	\$ 99.9
Jul	468.6	\$ 891.1	280.5	\$ 410.9	149.6	\$ 119.4
Ago	422.0	\$ 774.5	262.5	\$ 366.1	140.0	\$ 111.3
Sep	375.7	\$ 658.0	230.3	\$ 242.2	122.8	\$ 96.5
Oct	159.1	\$ 128.9	111.4	\$ 86.8	59.4	\$ 43.3
Nov	-	-	-	-	-	-
Dic	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2021.1</b>	<b>\$ 3,323.5</b>	<b>1244.2</b>	<b>\$ 1,462.3</b>	<b>680.4</b>	<b>\$ 529.4</b>

**Tabla 53.** Consumo y cuota por operación (Tarifa 1F sin subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia con datos de Ecotect Analysis 2010*

La información de la tabla anterior muestra que la vivienda original tuvo un costo por operación anual sin subsidio de \$3,323.5, lo que representa un aumento del 193% respecto a la cuota subsidiada. De igual forma, la propuesta I obtuvo un monto por operación anual de \$1,462.3, esto representa un 123% más en relación a la cuota subsidiada.

Y por último, la propuesta II, (propuesta I + instalación de un equipo de ¾ de Ton con SEER 10) obtuvo un costo por operación de \$529.4, esto significa 48% más con respecto a la cuota con subsidio.



**Tabla 54.** Comparativa de las cuotas de consumo por operación anual con y sin subsidio

*Fuente: Elaboración propia*

### 6.3. Análisis de recuperación

Para el desarrollo del siguiente análisis, se aplicaron los siguientes aspectos: la demanda eléctrica que tendría cada una de las propuestas, considerando que la vivienda original y la propuesta I utilizan un equipo de 12,000 Btu's, y la propuesta II, utiliza un equipo de 8,000 Btu's; el siguiente aspecto, fue el costo por operación, después la inversión inicial del equipo, considerando sólo la adquisición del equipo de ¾ de Ton para la propuesta II; y se determina la inversión inicial propuesta, en donde se suman los montos por concepto de las aplicaciones de las propuestas, así como la inversión total anual, considerada como el monto a invertir durante el primer año, para la vivienda original únicamente se considera la cuota por concepto del pago por operación del equipo y el mantenimiento de este, para la propuesta I el monto de las aplicaciones, el pago por operación y el mantenimiento del equipo y para la propuesta II, el monto por aplicación, el costo del equipo nuevo y el monto por operación.

#### 6.3.1. Evaluación con tarifa 1F subsidiada en verano

MODELO VIVIENDA	DEMANDA DE ENFRIAMIENTO	CAPACIDAD DE A/A	COSTO OPERATIVO DE A/A	INVERSION INICIAL DE EQUIPO	INVERSION INICIAL PROPUESTA	MANT. EQUIPO (prop.2do año)	INVERSION TOTAL ANUAL
	KWh/ año	Btu	KWh/\$/ año	\$	\$	\$	\$
<b>VIVIENDA ORIGINAL</b>	2021.15	12000	\$1,132.11	-	-	\$345.00	\$1,477.11
<b>VIVIENDA PROPUESTA I</b>	1244.23	12000	\$654.39	-	\$15,845.41	\$345.00	\$16,844.80
<b>VIVIENDA PROPUESTA II</b>	680.39	8000	\$357.69	\$3,800.00	\$15,845.41	\$345.00	\$20,003.10

**Tabla 55.** Análisis de recuperación modelo real - 1ra parte (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

La siguiente tabla es la continuación de la tabla anterior, en esta se realiza el análisis del tiempo de recuperación de las propuestas de vivienda:

1 AÑO	3 AÑOS	7 AÑOS	11 AÑOS	15 AÑOS	19 AÑOS	24 AÑOS	SUMA TOTAL
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
\$1,477.11	\$1,222.68	\$1,403.82	\$1,584.95	\$1,766.09	\$1,947.23	\$2,173.65	\$40,014.13
\$16,844.80	\$706.74	\$811.44	\$916.14	\$1,020.85	\$1,125.55	\$1,256.42	\$39,120.17
\$20,003.10	\$386.31	\$443.54	\$500.77	\$558.00	\$615.23	\$686.76	\$32,178.87
\$15,367.69	\$515.94	\$592.38	\$668.81	\$745.25	\$821.68	\$917.23	
	\$14,354.92	\$12,100.07	\$9,539.48	\$6,673.15	\$3,501.08	-\$893.97	1 ra PROP.
\$18,525.99	\$836.37	\$960.28	\$1,084.19	\$1,208.10	\$1,332.00		2 da PROP.
	\$16,884.22	\$13,228.96	\$9,078.07	\$4,431.55	-\$710.60		
<b>% AUMENTO ANUAL</b>	<b>1.08</b>	<b>1.24</b>	<b>1.40</b>	<b>1.56</b>	<b>1.72</b>	<b>1.92</b>	

**Tabla 56.** Análisis de recuperación modelo real - 2da parte (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

Para la ejecución del análisis se planteo para el primer año la inversión total anual, mientras que para los años consecutivos sólo se uso el costo por operación, en el primer renglón se establece la cuota de consumo de la vivienda original (en la tabla se muestra el análisis de cada tres años para reducir espacio), en el segundo renglón la cuota para la propuesta I y en el tercero la cuota para la propuesta II.

En los renglones sombreados se realiza el análisis de cada propuesta, el rojo corresponde a la propuesta I y el azul a la propuesta II; en la parte superior de cada uno se muestra la diferencia que hay de la cuota por operación de la vivienda original y la propuesta, y en la parte inferior, la diferencia resultante de la inversión total por propuesta y el monto que se va teniendo como ganancia de la diferencia de consumos.

Al realizar el análisis, se consideró un 4% de aumento anual, por concepto de tarifa eléctrica indicado en el último renglón con letras rojas, este valor fue determinado a partir del promedio de aumento mensual tarifario con datos del año 2008 al 2011 publicados en la página oficial de Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2011)



Es así como la propuesta I consigue recuperar la inversión hasta el año 24, mientras que la propuesta II la recupera en el año 19, esto debido a que la inversión de la primera es únicamente 15% menor a la inversión de la segunda, mientras que el consumo de la propuesta I es 45% mayor a la propuesta II.

Es necesario tener en cuenta que se evalúa sólo el consumo por operación y que este se da por el uso de solamente un equipo de aire acondicionado, también, considerar que el área de refrigeración apenas supera los 8 m<sup>2</sup> con un volumen casi de 20 m<sup>3</sup>.

Con la intención de mostrar una recuperación efectiva, se plantea otro análisis, en donde se implementa una climatización total de la vivienda.

MODELO VIVIENDA	DEMANDA DE ENFRIAMIENTO	COSTO OPERATIVO DE A/A	INVERSION INICIAL DE EQUIPO	INVERSION INICIAL PROPUESTA	MANT. EQUIPO (prop.2do año)	INVERSION TOTAL ANUAL
	KWh/ año	KWh/\$/ año	\$	\$	\$	\$
<b>VIVIENDA ORIGINAL</b>	6571.14	\$5,138.89	-	-	\$690.00	\$5,828.89
<b>VIVIENDA PROPUESTA I</b>	3705.54	\$2,232.62	-	\$15,845.41	\$690.00	\$18,768.03
<b>VIVIENDA PROPUESTA II</b>	2654.71	\$1,536.85	\$11,500.00	\$15,845.41		\$28,882.26

(3800+7700)

**Tabla 57.** Análisis de recuperación modelo de apoyo - 1ra parte (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

Para ello se realiza de nuevo la evaluación de consumo, teniendo los mismos parámetros de confort, horas de uso del equipo en recámara y aplicaciones en la vivienda, únicamente se propondrá un horario diurno (12 a 18 h entre semana y 12 a 21 h en el fin de semana) para el equipo de A/A en la s-c-c, y que este tenga una eficiencia SEER=8 con una capacidad de 18,000 Btu's.

1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS	SUMA TOTAL
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
\$5,828.89	\$5,344.45	\$5,550.00	\$5,755.56	\$5,961.11	\$6,166.67	\$6,372.22	\$40,978.90
\$18,768.03	\$2,321.92	\$2,411.23	\$2,500.53	\$2,589.84	\$2,679.14	\$2,768.45	\$34,039.15
\$28,882.26	\$1,598.32	\$1,659.80	\$1,721.27	\$1,782.75	\$1,844.22	\$1,905.69	\$39,394.32
\$12,939.14	\$3,022.52	\$3,138.77	\$3,255.02	\$3,371.27	\$3,487.52		1 ra PROP.
	\$9,916.62	\$6,777.85	\$3,522.83	\$151.55	-\$3,335.97		
\$23,053.37	\$3,746.12	\$3,890.20	\$4,034.28	\$4,178.37	\$4,322.45	\$4,466.53	2 da PROP.
	\$19,307.25	\$15,417.05	\$11,382.76	\$7,204.40	\$2,881.95	-\$1,584.58	
<b>% AUMENTO ANUAL</b>	<b>1.04</b>	<b>1.08</b>	<b>1.12</b>	<b>1.16</b>	<b>1.20</b>	<b>1.24</b>	

**Tabla 58.** Análisis de recuperación modelo de apoyo - 2da parte (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 58 muestra como la propuesta I recupera la inversión para el año 6, mientras que la propuesta II lo hace hasta el año 7, esto debido a que la inversión inicial de la primera a es menor un 35% con respecto a la segunda.

Lo anterior tiene por objetivo demostrar que el importe del consumo eléctrico que se presenta al evaluar un espacio de 8 m<sup>2</sup> no es suficiente para fijar el tiempo de recuperación de la inversión.

Sin embargo el modelo de apoyo evaluado, puede dar una idea más clara de la proporción en la que se puede recuperar una inversión de este tipo.

### 6.3.2. Evaluación con tarifa 1F sin subsidio de verano

MODELO VIVIENDA	DEMANDA DE ENFRIAMIENTO	CAPACIDAD DE A/A	COSTO OPERATIVO DE A/A	INVERSION INICIAL DE EQUIPO	INVERSION INICIAL PROPUESTA	MANT. EQUIPO (prop.2do año)	INVERSION TOTAL ANUAL
	KWh/ año	Btu	KWh/\$/ año	\$	\$	\$	\$
<b>VIVIENDA ORIGINAL</b>	2021.15	12000	\$3,323.51	-	-	\$345.00	\$3,668.51
<b>VIVIENDA PROPUESTA I</b>	1244.23	12000	\$1,462.33	-	\$15,845.41	\$345.00	\$17,652.74
<b>VIVIENDA PROPUESTA II</b>	680.39	8000	\$529.38	\$3,800.00	\$15,845.41	\$345.00	\$20,174.79

**Tabla 59.** Análisis de recuperación modelo real - 1ra parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano)

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla es la continuación de la tabla anterior, en esta se realiza el análisis del tiempo de recuperación de las propuestas de vivienda, teniendo como variable a la evaluación anterior una cuota por consumo no subsidiada:

1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS	8 AÑOS	SUMA TOTAL
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
\$3,668.51	\$3,456.45	\$3,589.39	\$3,722.33	\$3,855.27	\$3,988.21	\$4,121.15	\$4,254.09	\$30,655.41
\$17,652.74	\$1,520.82	\$1,579.32	\$1,637.81	\$1,696.30	\$1,754.80	\$1,813.29	\$1,871.78	\$29,526.86
\$20,174.79	\$550.56	\$571.73	\$592.91	\$614.08	\$635.26	\$656.43	\$677.61	\$24,473.36
\$13,984.23	\$1,935.63	\$2,010.07	\$2,084.52	\$2,158.97	\$2,233.42	\$2,307.86	\$2,382.31	
	\$12,048.60	\$10,038.53	\$7,954.01	\$5,795.04	\$3,561.62	\$1,253.76	-\$1,128.55	1 ra PROP.
\$16,506.28	\$2,905.90	\$3,017.66	\$3,129.43	\$3,241.19	\$3,352.96	\$3,464.72		2 da PROP.
	\$13,600.39	\$10,582.73	\$7,453.30	\$4,212.11	\$859.15	-\$2,605.57		
<b>% AUMENTO ANUAL</b>	<b>1.04</b>	<b>1.08</b>	<b>1.12</b>	<b>1.16</b>	<b>1.20</b>	<b>1.24</b>	<b>1.28</b>	

**Tabla 60.** Análisis de recuperación modelo real - 2da parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano)

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los mismos parámetros del análisis anterior (Evaluación con Tarifa 1F subsidiada en verano) se presentan los siguientes resultados:

- La propuesta I consigue recuperar la inversión hasta el año 8 mientras que la propuesta II la recupera en el año 7.

Con la intención de mostrar la misma secuencia del análisis anterior (Evaluación con Tarifa 1F subsidiada en verano), se presenta la siguiente tabla en donde se implementa una climatización total de la vivienda.

MODELO VIVIENDA	DEMANDA DE ENFRIAMIENTO	COSTO OPERATIVO DE A/A	INVERSION INICIAL DE EQUIPO	INVERSION INICIAL PROPUESTA	MANT. EQUIPO (prop.2do año)	INVERSION TOTAL ANUAL
	KWh/ año	KWh/\$/ año	\$	\$	\$	\$
<b>VIVIENDA ORIGINAL</b>	6571.14	\$14,963.75	-	-	\$690.00	\$15,653.75
<b>VIVIENDA PROPUESTA I</b>	3705.54	\$7,639.02	-	\$15,845.41	\$690.00	\$24,174.43
<b>VIVIENDA PROPUESTA II</b>	2654.71	\$4,910.05	\$11,500.00	\$15,845.41		\$32,255.46

**Tabla 61.**Análisis de recuperación modelo de apoyo - 1ra parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	SUMA TOTAL
\$	\$	\$	\$
\$15,653.75	\$15,562.30	\$16,160.85	\$47,376.90
\$24,174.43	\$7,944.58	\$8,250.14	\$40,369.15
\$32,255.46	\$5,106.45	\$5,302.85	\$42,664.77
\$8,520.68	\$7,617.72	\$7,910.71	
	\$902.96	-\$7,007.75	1 ra PROP.
\$16,601.71	\$10,455.85	\$10,858.00	
	\$6,145.86	-\$4,712.13	2 da PROP.
<b>% AUMENTO ANUAL</b>	<b>1.04</b>	<b>1.08</b>	

**Tabla 62.**Análisis de recuperación modelo de apoyo - 2da parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla anterior muestra como la propuesta I recupera la inversión para el año 3 al igual que la propuesta II, esto debido a que las cuotas de consumo por operación, aumentaron más de un 100% con respecto a las cuotas de consumo sin subsidio de verano.

## 6.4. Análisis paramétrico

En este sentido es factible realizar una valoración paramétrica para este tipo de viviendas, (de interés social económico con aplicaciones de poliuretano esparcido en losa y muros sur, así como protección solar en ventanas).

### 6.4.1. Evaluación con tarifa 1F subsidiada en verano

A partir de las evaluaciones anteriores (con Tarifa 1f subsidiada en verano), se puede determinar que por cada metro cuadrado de construcción:

- la vivienda original tiene un consumo eléctrico por operación promedio de 199.79 kWh por cada m<sup>2</sup> el cual representa un gasto de \$116.78, a su vez la propuesta I presenta un consumo promedio por operación de 116.46 kWh por cada m<sup>2</sup> con un gasto de \$63.50 y por último la propuesta II genera un consumo promedio por operación de 75.77 kWh lo que representa un gasto de \$41.01 por cada m<sup>2</sup>.
- al implementar la propuesta I en la vivienda, se tiene una inversión total por m<sup>2</sup> de \$456.07, considerando todas las aplicaciones, mientras que al implementar la propuesta II se presenta una inversión por m<sup>2</sup> de \$553.39 incluyendo las aplicaciones y el equipo de A/A.

MODELO VIVIENDA	DEMANDA DE ENFRIA. m2	INVERSION APLICACIONES	COSTO OPERATIVO DE A/A m2	INV. PRIMER AÑO m2
	KWh año/m2	\$	\$	\$
<b>VIVIENDA ORIGINAL</b>	199.79	\$9.72	\$116.78	\$126.50
<b>VIVIENDA PROPUESTA I</b>	116.46	\$456.07	\$63.50	\$519.56
<b>VIVIENDA PROPUESTA II</b>	75.77	\$553.39	\$41.01	\$594.40

**Tabla 63.** Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 1ra parte (Tarifa 1f con subsidio de verano)

*Fuente: Elaboración propia*

Con esta información, se realiza un nuevo análisis de recuperación, en el cual se evalúa por m<sup>2</sup> de construcción.

1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS	7 AÑOS	8 AÑOS	SUMA TOTAL
\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
\$126.50	\$121.45	\$126.12	\$130.79	\$135.46	\$140.14	\$144.81	\$149.48	\$1,074.75
\$519.56	\$66.04	\$68.58	\$71.12	\$73.66	\$76.20	\$78.74	\$81.28	\$1,035.18
\$594.40	\$42.65	\$44.29	\$45.93	\$47.57	\$49.21	\$50.85	\$52.49	\$927.40
\$393.06	\$55.41	\$57.54	\$59.67	\$61.80	\$63.94	\$66.07	\$68.20	1 ra PROP.
	\$337.65	\$280.11	\$220.44	\$158.63	\$94.69	\$28.63	-\$39.57	
\$467.90	\$78.80	\$81.83	\$84.86	\$87.89	\$90.92	\$93.95		2 da PROP.
	\$389.10	\$307.27	\$222.41	\$134.51	\$43.59	-\$50.37		
<b>% AUMENTO ANUAL</b>	<b>1.04</b>	<b>1.08</b>	<b>1.12</b>	<b>1.16</b>	<b>1.20</b>	<b>1.24</b>	<b>1.28</b>	

**Tabla 64.** Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 2da parte (Tarifa 1F completa)

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra como al integrar la propuesta I, la recuperación de la inversión se da para el año 8, mientras que la propuesta II tiene su recuperación en el año 7.

#### 6.4.2. Evaluación con tarifa 1F sin subsidio de verano

De acuerdo con las evaluaciones anteriores (con Tarifa 1F sin subsidio de verano), se determina que por cada metro cuadrado de construcción:

- la vivienda original tiene una cuota de consumo eléctrico por cada m<sup>2</sup> de \$373.03, a su vez la propuesta I por cada m<sup>2</sup> genera un gasto de \$165.36 y por último la propuesta II genera un gasto de \$90.69 por cada m<sup>2</sup>.

MODELO VIVIENDA	DEMANDA DE ENFRÍA. m2	INVERSION APLICACIONES	COSTO OPERATIVO DE A/A m2	INV. PRIMER AÑO m2
	KWh año/m2	\$	KWh\$año/m2	\$
<b>VIVIENDA ORIGINAL</b>	199.79	\$9.72	\$373.03	\$382.75
<b>VIVIENDA PROPUESTA I</b>	116.46	\$456.07	\$165.36	\$621.43
<b>VIVIENDA PROPUESTA II</b>	75.77	\$553.39	\$90.69	\$644.08

**Tabla 65.** Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 1ra parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano)

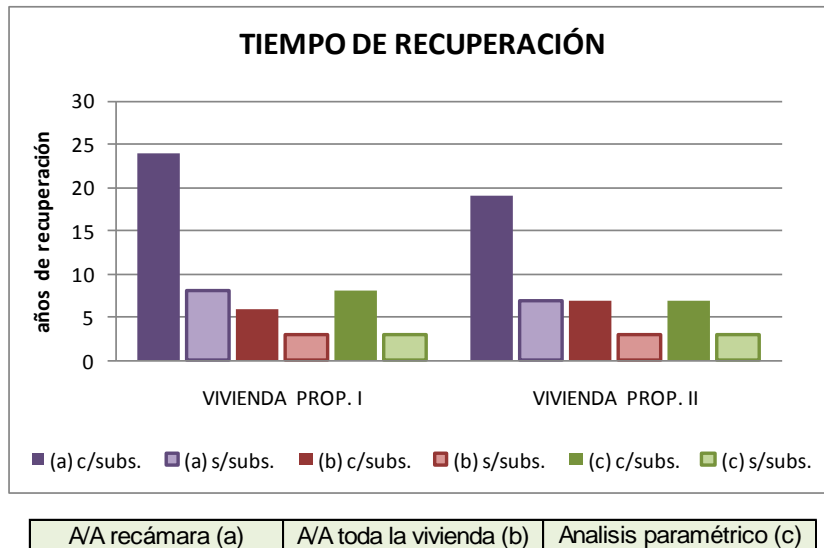
Fuente: Elaboración propia

Con esta información, se realiza un nuevo análisis de recuperación, en el cual se evalúa por m<sup>2</sup> de construcción.

1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS	SUMA TOTAL
\$	\$	\$	\$
\$382.75	\$387.96	\$402.88	\$1,173.58
\$621.43	\$171.97	\$178.59	\$971.98
\$644.08	\$94.31	\$97.94	\$836.33
\$238.67	\$215.98	\$224.29	1 ra PROP.
	\$22.69	-\$201.60	
\$261.33	\$293.64		2 da PROP.
	-\$32.31		
<b>% AUMENTO ANUAL</b>	<b>1.04</b>	<b>1.08</b>	

**Tabla 66.** Análisis de recuperación, estimación paramétrica - 2da parte (Tarifa 1F sin subsidio de verano)  
Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior indica como al integrar la propuesta I la recuperación de la inversión se da para el año 3, mientras que al implementar la propuesta II la recuperación se da en el año 2.



**Tabla 67.** Recuperación de inversión de las propuestas con y sin subsidio  
Fuente: Elaboración propia

## 6.5. Beneficios de la propuesta

En la recámara:

- 80% menos en las ganancias  $Q_c+Q_s$  anuales, 76% menos en el verano.
- 55% menos en las ganancias directas solares ( $Q_g$ ) anuales, 78% menos durante el verano.

Para la s-c-c:

- 70% menos en las ganancias  $Q_c+Q_s$  anuales, 70% menos en el verano.
- 100% menos en las ganancias directas solares ( $Q_g$ ) anuales, 100% en el verano.
- 40% menos en las ganancias interzonales ( $Q_z$ ).

Temperatura:

- Aumento de 1 °C en los espacios durante la época invernal.
- Disminución de 2.5 °C, durante la temporada cálida, aproximando al espacio s-c-c a la zona de confort y permiten que la recámara permanezca en confort todo el día.

Propuesta I:

- 16% menos en el consumo eléctrico total anual.
- 38% menos en el consumo por operación.
- 42% menos en la cuota por consumo de operación.

Propuesta II:

- 28% menos que el consumo eléctrico total original.
- 65% menos en el consumo por operación.
- 68% menos en la cuota por consumo de operación.

De lo anterior, se puede resumir que por medio de la aplicación de los criterios bioclimáticos, se lograrán beneficios importantes en cuanto al confort y la calidad de vida de los usuarios.



## CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos que fueron planteados y alcanzados en este documento se tiene que:

Al realizar un análisis para conocer el comportamiento térmico y de consumo de una vivienda de interés social construida de manera convencional y ubicada en un clima cálido seco extremoso, se pudo concluir que:

Las temperaturas para los espacios analizados, durante la época de verano sólo entran en confort durante las horas de la mañana, y por las tardes superan los 35 °C; durante el invierno, las temperaturas están muy por debajo del límite inferior del rango de confort durante todo el día.

Por otro lado, con respecto al análisis sombras, los resultados indican que la vivienda está totalmente expuesta a la radiación solar directa, ya que el espacio con orientación sur, sólo presenta sombreado a medio día, y el espacio con orientación norte, presenta dos periodos de exposición directa en el día.

Con respecto al análisis de pérdidas y ganancias, la mala selección de materiales constructivos permiten que sea a través de estos que se originen la mayoría de las ganancias en el verano y de pérdidas durante el invierno.

Todo lo anterior provoca que la vivienda acumule tanto calor, que el equipo de aire acondicionado trabaje al máximo para desalojar las cargas térmicas necesarias para satisfacer los requerimientos de su termostato, aunado al hecho de que se cuenta con un equipo de muy baja eficiencia, la vivienda presenta durante el verano una considerable demanda de energía eléctrica.

Al evaluar cómo el tipo, las características y la aplicación correcta de materiales en la construcción de una vivienda, pueden influir de manera importante en el consumo eléctrico, se concluye lo siguiente:

A partir del análisis climático de la localidad, de las propuestas de diseño bioclimático generadas, y de los resultados de carácter térmico que obtuvo la vivienda original, se plantearon 5 estrategias que permitieran a la vivienda crear mejores condiciones tanto térmicas como de consumo eléctrico, es así como se establecen las siguientes aplicaciones:

- Protección solar
- Aislamiento con poliuretano esparado de 2" en losa
- Superficies blancas
- Aislamiento con poliuretano esparado de 1" en muros de fachada sur
- Aislamiento con poliuretano esparado de 1" en todos los muros

Al aplicar una a una las estrategias propuestas, la vivienda presentó variaciones en su comportamiento, aumentando o disminuyendo la temperatura en los espacios, perdiendo o ganando cargas térmicas, pero siempre provocando una reducción en su consumo eléctrico.

Así pues, integrando las estrategias que obtuvieron los mejores resultados, se generó "la vivienda con principios bioclimáticos", ésta logró estabilizar por más tiempo las temperaturas interiores de los espacios y con respecto a las cargas térmicas, presentó una disminución del 75% en las ganancias producto de la conducción y las ganancias solares indirectas de los registros anuales ( $Q_c+Q_s$ ) para los dos espacios analizados, al mismo tiempo que presentó una disminución del 55% de ganancias totales, por cargas directas solares ( $Q_g$ ) en la fachada sur y del 100% en la fachada norte.

Por otro lado, durante la temporada de verano, el consumo eléctrico total de la vivienda propuesta, presentó una disminución promedio de 21.7% mensual, con respecto a la vivienda original, y redujo su consumo por el uso del aire acondicionado un 38% con respecto al consumo de A/A original.

Tomando en cuenta los resultados de pérdidas y ganancias térmicas y considerando que la extracción de calor en el espacio sería menor, fue factible incorporar una propuesta más a la vivienda, que consistió en la instalación de un equipo de aire acondicionado de menor capacidad y mayor eficiencia, por lo que al hacer la evaluación se obtuvo una disminución promedio de 38% mensual, con respecto al consumo total anual de la vivienda original, y una reducción del 65% de consumo eléctrico por el uso del aire acondicionado.

Con respecto a demostrar que si bien una vivienda bioclimática puede implicar costos de construcción más elevados, en donde los gastos adicionales puedan ser vistos como inversiones cuyos montos generen beneficios de largo plazo se concluye lo siguiente:

Al realizar el primer análisis de rentabilidad, los resultados no fueron los esperados, ya que la inversión de las propuestas I y II se recuperó hasta el año 24 y 19 respectivamente, sin duda mucho tiempo dada la inversión y las expectativas obtenidas después de lograr una reducción mayor al 40% con respecto al consumo eléctrico original.

Sin embargo haciendo uso de los recursos, se planteó un nuevo análisis, en el que se integró una supuesta climatización total para la vivienda; el mayor volumen a refrigerar permitió que el consumo eléctrico aumentara y la diferencia de la cuota por operación original y la de las propuestas fueran determinantes para reducir al 70% el tiempo de recuperación de la inversión.

Dados los resultados anteriores se generó un nuevo análisis que permite evaluar por m<sup>2</sup> de construcción, tanto para el consumo por operación y su costo, así como para la inversión por las aplicaciones, esto para la vivienda original y las dos propuestas.

Obteniendo un satisfactorio tiempo de recuperación, de 8 años para la propuesta I y 7 años para la propuesta II.

## RECOMENDACIONES

Debido al tipo de segmentación y características, estas viviendas cuentan con los mínimos requerimientos de habitabilidad, tanto en tipo de espacios, como áreas, orientación y ubicación de los mismos, materiales y sistemas constructivos.

En este sentido, la vivienda de interés social, por lo menos en la zona norte del país, siempre tendrá este tipo de problemas, debido a que la radiación solar, las grandes oscilaciones en la temperatura y la poca humedad, son determinantes en el comportamiento térmico de los espacios, y esto no es tomado en cuenta.

Y a pesar de que se le apliquen propuestas extras al modelo, es posible que no se obtengan datos óptimos debido a su diseño, ya que siempre un espacio se verá expuesto a una mala orientación.

Por todo esto, lo ideal es diseñar los espacios con principios bioclimáticos desde el inicio, considerando orientaciones adecuadas para cada espacio, materiales que permitan tener un retardo térmico para enfrentar las oscilaciones, vanos con el área adecuada para permitir las ganancias directas solares en invierno, y sistemas de protección solar para evitarlas en verano, y aunque en esta investigación no se haya hecho referencia a este tipo de alternativas es necesario destacar la importancia de usar vegetación como elemento de control bioclimático.

## REFERENCIAS

Acuña, J. D. (2008). *Estudio comparativo de una vivienda con principios bioclimáticos y una vivienda convencional*. Mérida, Yucatán: 32 Semana Nacional de Energía Solar.

Andrade, A. (2008). *Diagnóstico del comportamiento térmico, energético y ambiental de la vivienda de interés social en México, "Una retrospectiva y prospectiva" (2001-2010)*. . Mérida, Yucatán: 32 Semana Nacional de Energía Solar.

CIDOC. (2005). *Estado Actual de la Vivienda en México*. México: Centro de Investigación y Documentación de la casa.

CONAFOVI, & UNISON. (2006). *Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: Regiones de clima cálido seco y húmedo*. México: UNISON-CONAFOVI.

CONAPO. (2000). *Proyección de la población de México 2000-2050*. México: Consejo Nacional de Población.

CONAVI. (2000). *Necesidades de la vivienda*. México: Comisión Nacional de Vivienda.

Constitución, M. (1917). *art.4*.

Díaz, A. (2008). *Comparación de costo beneficio de sistemas de recuperación de agua contra sistemas tradicionales*. Mérida, Yucatán: 32 Semana Nacional de Energía Solar.

Fuentes, V. (2004). *Clima y Arquitectura*. México D. F.: UAM, Editorial nopase.

Fuentes, V. (2001). *Hoja de cálculo: Datos Climáticos*. México, D. F.

Fuentes, V. (2006). *Hoja de Cálculo: Índices Térmicos*. México, D. F.

Fuentes, V. (2002). *Hoja de cálculo: Tablas de Mahoney*. México, D. F.

Hernández H., E. C. (1984). *Tecnologías ecológicas para la vivienda en México, Monografía Regional*. PLEA.

Imparcial, E. (1 de mayo de 2010). Entra hoy tarifa de verano en Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

INEGI. (2005). *Conteo Nacional de población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Lacomba, R. (1991). *Manual de Arquitectura Solar*. México, D. F.

Marincic, I. (2009). *Adaptive Thermal Comfort in Warm Dry Climate, Economical Dwellings in Mexico*. Quebec City, Canada: PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture.

Morales, D. S. (2006). *Notas del curso de actualización en energía solar*. México, D. F.: IIM-LES-UNAM.

Morillón, D. (2000). Metodología para el Diseño Bioclimático. *A. N. International Solar Energy Society, Proceeding of the ISES MILLENNIUM SOLAR FORUM*, (págs. 1-6). México, D.F.

Olgay, V. (2006). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, 4a edición*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Ramirez Quezada, M. N. (1972). *Los Matlatzincas, época prehispánica y época colonial hasta 1650*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Rodríguez, M. (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México, D. F.: Limusa, Noriega editores.

Rojas K, A. (2006). *Influencia de la eficiencia energética sobre el valor de un inmueble según el método costo en valor presente*. Venezuela: Universidad de Zulia.

Rosas, J. (2006). *Consumo potencial de ahorro de energía eléctrica de los sistemas de climatización en el sector residencial: caso región noroeste de México*. México, D. F.: Anuario de estudios de Arquitectura Bioclimática.

SENER. (2008). *Balance Nacional de Energía*. Secretaria Nacional de Energía.

Sepulveda, F. (2005). *La Evaluación de proyectos de Inversión para la toma de decisiones*. Chile.

Serra, R. (2002). *Arquitectura y Climas*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to Architectural Science*. Burlington, USA: Elsevier Ltd.

Tlachi, J. H. (2000). *Modelo conceptual para un ahorro energético en la vivienda*.

1. CFE. (2011). *Conoce tu tarifa: Tarifa 1F 2011*. Obtenido de cfe.gob.mx:  
<http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/Conocetutarifa.aspx>
2. CONSTRUFOAM. Recuperado el 2 de junio de 2011, de *construfoam.com.mx*.  
<http://www.construfoam.com.mx/productos/aislantes/aister.html>
3. El ergonomista. Recuperado el 2 de junio de 2011, de *elergonomista.com*:  
<http://www.elergonomista.com/rhpoli.htm>
4. Google maps. Recuperado en abril de 2010. Obtenido de  
<http://maps.google.com.mx/?ie=UTF8&ll=29.03606,-10.937023&spn=0.064837,0.1684&t=h&z=13>
5. Wikipedia. Recuperado el 2 de junio de 2011, de *wikipedia.org*:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Materiales\\_para\\_aislamiento\\_de\\_edificios](http://es.wikipedia.org/wiki/Materiales_para_aislamiento_de_edificios)

## ANEXO 1. Datos climáticos de Hermosillo, Sonora

Las siguientes tablas forman parte del análisis climático para la ciudad de Hermosillo, en estas se encuentran datos tomados de las Normales Climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden (1971-2000), Normales Climatológicas Periodo 1941-1970, y de la EMA de la Universidad de Sonora.

lte	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURAS</b>															
A	MAXIMA EXTREMA	°C	34.0	36.5	39.5	41.5	45.5	47.5	47.0	45.0	45.0	43.5	38.0	33.5	47.5
A	TEMP. MAXIMA	°C	23.7	25.7	28.0	31.8	35.3	39.5	39.0	37.8	37.2	33.6	28.0	23.8	32.0
A	TEMP. MEDIA	°C	16.6	18.1	20.2	23.4	26.9	31.5	32.3	31.6	30.7	26.5	20.5	16.8	24.6
A	TEMP. MINIMA	°C	9.4	10.6	12.4	15.0	18.5	23.5	25.6	25.4	24.1	19.3	13.0	9.7	17.2
A	MINIMA EXTREMA	°C	-3.0	1.0	3.5	6.0	8.5	14.0	18.0	16.0	16.5	6.0	3.0	0.0	-3.0
E	OSCILACION	°C	14.3	15.1	15.6	16.8	16.8	16.0	13.4	12.4	13.1	14.3	15.0	14.1	14.7
<b>HUMEDAD</b>															
B	TEMP. BULBO HUMEDO	°C	10.6	10.9	12.0	13.8	16.1	19.8	23.4	23.7	22.3	18.0	13.1	10.7	16.2
F	H.R. MAXIMA	%	65.2	60.5	55.1	47.3	42.8	46.0	62.7	68.3	62.5	56.1	58.7	66.4	57.6
B	H.R. MEDIA	%	48.0	44.0	40.0	34.0	31.0	34.0	48.0	53.0	48.0	42.0	43.0	49.0	42.8
F	H.R. MINIMA	%	30.8	27.5	24.9	20.7	19.2	22.0	33.3	37.7	33.5	27.9	27.3	31.6	28.0
B	TENSION DE VAPOR	mb	8.2	7.8	7.9	8.4	9.6	14.1	20.2	21.1	18.9	13.8	9.6	8.2	12.3
A	EVAPORACION	mm	111.7	136.5	201.6	261.0	316.9	359.0	311.7	256.9	232.2	205.9	142.1	105.8	2641.3
<b>PRESION</b>															
B	MEDIA	hp	989.0	988.2	987.2	980.2	984.2	983.5	984.6	984.5	983.3	986.0	987.9	989.1	985.6
<b>PRECIPITACION</b>															
A	MEDIA	mm	18.4	19.2	7.5	3.9	3.9	7.2	87.8	97.9	54.5	18.5	16.1	28.6	363.5
A	MAXIMA	mm	71.3	89.6	60.4	51.7	37.2	62.5	159.8	239.2	159.6	235.0	171.5	132.3	239.2
A	MAXIMA EN 24 HRS.	mm	62.9	61.1	27.6	51.7	37.2	62.5	72.0	142.0	119.5	125.5	152.6	69.1	152.6
B	MAXIMA EN 1 HR.	mm	8.4	10.9	28.4	1.3	16.3	0.1	46.1	70.9	30.5	12.6	7.0	23.0	70.9
B	MINIMA	mm	0.8	0.7	0.2	1.5	0.8	0.1	0.8	0.4	4.0	2.0	1.0	0.7	0.1
<b>DIAS GRADO</b>															
E	DIAS GRADO GENERAL	dg	-43.4	0.0	0.0	0.0	27.9	165.0	195.3	173.6	141.0	15.5	0.0	-37.2	637.7
E	DIAS GRADO LOCAL	dg	-189.8	-129.5	-78.2	0.0	0.0	113.3	141.9	120.2	89.3	0.0	-66.7	-183.6	-183.2
	DG-enfriamiento	dg	0.0	0.0	12.7	33.3	53.2	-42.9	-30.5	-30.9	-37.6	41.0	11.6	0.0	9.8
	DG-calentamiento	dg	-141.3	-106.6	-87.5	-55.2	-38.3	-10.2	0.0	0.0	-3.9	-31.1	-77.7	-137.4	-689.2
<b>INDICE OMBROTERMICO</b>															
			21												
E	TEMP. EQUIVALENTE	coef.	-1.3	-0.9	-6.75	-8.55	-8.55	-6.9	33.4	38.45	16.75	-1.25	-2.45	3.8	4.6
E	INDICE DE ARIDEZ	coef.	-0.1	0.0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	1.0	1.2	0.5	0.0	-0.1	0.2	0.1
E	SECO/HUMEDO		S	S	S	S	S	S	H	H	S	S	S	S	S
<b>RADIACION SOLAR</b>															
C	RADIACION MAXIMA DIRECTA	W/m <sup>2</sup>	488.0	556.0	566.0	670.0	893.0	907.0	638.0	624.0	755.0	797.0	616.0	503.0	667.8
E	RADIACION MAXIMA DIFUSA	W/m <sup>2</sup>	126.0	142.0	175.0	175.0	114.0	108.0	189.0	187.0	131.0	68.0	94.0	112.0	135.1
C	RADIACION MAXIMA TOTAL	W/m <sup>2</sup>	614.0	698.0	741.0	845.0	1007.0	1015.0	827.0	811.0	886.0	865.0	710.0	615.0	802.8
B	INSOLACION TOTAL	hr	179.6	178.2	227.5	231.7	298.0	283.8	268.7	279.7	239.9	257.3	221.3	197.1	2,862.8
<b>FENOMENOS ESPECIALES</b>															
A	LLUVIA APRECIABLE	dias	2.5	2.1	1.3	0.7	0.4	0.8	9.4	8.4	4.8	1.9	1.6	2.9	36.80
B	LLUVIA INAPRECIABLE	dias	0.4	0.6	0.6	0.2	0.2	0.9	1.5	1.5	0.6	0.3	0.4	0.5	7.48
B	DIAS DESPEJADOS	dias	16.2	16.3	17.1	20.2	23.2	21.0	6.8	9.6	19.4	22.9	19.6	18.4	210.60
B	MEDIO NUBLADOS	dias	10.8	8.8	10.6	7.7	6.7	8.1	17.4	17.5	8.9	6.6	8.4	9.1	120.50
B	DIAS NUBLADOS	dias	4.1	3.1	3.1	2.2	1.1	0.9	6.0	3.9	1.7	1.5	2.0	3.5	32.89
B	DIAS CON ROCIO	dias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
A	DIAS CON GRANIZO	dias	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	1.60
B	DIAS CON HELADAS	dias	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.40
B	DIAS CON TORM. ELEC.	dias	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6	5.4	3.7	2.0	0.7	0.2	0.1	13.40
B	DIAS CON NIEBLA	dias	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.49
B	DIAS CON NEVADA	dias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
B	VISIBILIDAD DOMINANTE	m	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
<b>VIENTO</b>															
D	DIRECCION DOMINANTE		E	O	O	SO	SO	SO	E	SO	E	E	E	E	SO
D	CALMAS	%	81.7	76.9	74.4	80.5	77.5	77.9	84.2	89.9	84.2	88.9	89.5	84.5	82.5
D	VELOCIDAD MEDIA	m/s	1.3	1.2	1.3	1.4	1.0	1.1	1.5	1.2	1.4	0.9	1.3	1.2	1.2
D	VELOCIDAD MAXIMA	m/s	1.8	1.8	2.6	2.3	2.3	2.3	3.0	2.1	2.1	1.8	2.5	2.0	3.0

Anexo 1. 1. Datos climáticos mensuales de la Cd. de Hermosillo, Sonora. (1era parte)

Fuente: (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001)



**ANÁLISIS SOLAR (día 21, 12:00 hr)**

Día Juliano	21	21	52	80	111	141	172	202	233	266	294	325	355	
hora	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Ángulo diario	radianes	0.34	0.88	1.36	1.89	2.41	2.94	3.46	3.99	4.56	5.04	5.58	6.09	
Declinación	gd	#####	#####	0.00	11.58	20.02	23.45	20.64	12.38	0.00	#####	#####	#####	
Altura Solar	gd	40.8	50.1	60.9	72.5	80.9	84.4	81.5	73.3	60.9	50.5	41.1	37.5	
Acimut	gd	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Orto	h	6.78	6.41	6.00	5.56	5.22	5.07	5.19	5.53	6.00	6.39	6.77	6.93	6.00
Ocaso	h	17.22	17.59	18.00	18.44	18.78	18.93	18.81	18.47	18.00	17.61	17.23	17.07	18.00
Duración del día	h	10.43	11.18	12.00	12.87	13.56	13.86	13.61	12.94	12.00	11.22	10.46	10.14	12.00
<b>Zona de confort térmico mensual</b>														
ZCs	°C	25.2	25.7	26.4	27.4	28.4	29.9	30.1	29.9	29.6	28.3	26.5	25.3	27.7
Tn	°C	22.7	23.2	23.9	24.9	25.9	27.4	27.6	27.4	27.1	25.8	24.0	22.8	25.2
ZCi	°C	20.2	20.7	21.4	22.4	23.4	24.9	25.1	24.9	24.6	23.3	21.5	20.3	22.7
<b>HUMIDEX</b>														
T. MAXIMA-HUMIDEX	°C	23.2	25.2	27.7	31.6	35.8	42.7	46.3	45.9	43.4	36.1	28.2	23.4	34.1
T. MEDIA-HUMIDEX	°C	17.6	17.6	19.9	23.3	27.4	34.7	39.6	39.7	36.4	29	20.7	16.4	26.9
T. MINIMA-HUMIDEX	°C	8.1	9.3	11.2	13.9	18	25.3	31.5	32.1	28.9	20.7	12.3	8.6	18.3
<b>AUSTRALIA</b>														
T. MAXIMA-AUSTRALIA	°C	21.8	23.8	26.2	30	34.2	39.9	41.6	41.1	39.2	33.7	26.5	22	31.7
T. MEDIA-AUSTRALIA	°C	14.7	16.3	18.4	21.6	25.8	31.9	34.9	34.9	32.7	26.7	19	15	24.3
T. MINIMA-AUSTRALIA	°C	7	8.3	10.1	12.7	16.8	23.1	27.3	27.3	25.3	18.8	11	7.5	16.3
<b>NUEVO WIND CHILD</b>														
T. MAXIMA-N.W.C.	°C	25.32	27.6	30.18	34.49	38.28	43.02	42.72	41.18	40.62	36.36	30.18	25.47	34.6
T. MEDIA-N.W.C.	°C	17.31	19.07	21.37	24.95	28.9	34.09	35.08	34.22	33.24	28.55	21.71	17.61	26.3
T. MINIMA-N.W.C.	°C	9.18	10.65	12.57	15.42	19.67	25.17	27.43	27.26	25.75	20.63	13.24	9.64	18.1
<b>PMV</b>														
MAXIMA		-0.73	-0.05	0.59	1.92	2.94	3	3	3	3	2.72	0.61	-0.7	1.6
MEDIA		-3.0	-2.67	-2.05	-1.08	0.36	2.1	2.18	2.34	1.9	0.48	-1.68	-2.98	-0.3
MINIMA		-3.0	-3.0	-3.0	-3.0	-2.25	-0.56	0.58	-0.05	-0.5	-2.13	-3.0	-3.0	-1.9
<b>PERCENTAGE DISSATISFIED</b>														
MAXIMA	%	-16.4	-5.1	12.3	73.2	98.8	100	100	100	100	97	12.8	-15.3	54.8
MEDIA	%	-99.2	-96.3	-78.8	-29.6	7.7	81.2	84.4	89.4	72	9.9	-60.8	-99	-9.9
MINIMA	%	-100	-100	-100	-100	-86.5	-11.7	12	-5.1	-10.3	-82.1	-100	-100	-65.3
<b>TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO (Tbh)</b>														
MÁXIMA	°C	14.4	15.5	16.9	19.0	21.3	24.9	26.7	26.6	25.3	21.6	17.2	14.6	20.3
MEDIA	°C	10.9	11.7	12.9	14.7	16.9	21.0	23.9	24.2	22.6	18.2	13.5	11.2	16.8
MÍNIMA	°C	6.5	7.1	8.2	9.5	11.9	16.4	20.5	21.1	19.2	14.2	9.1	6.9	12.6
<b>TEMPERATURA EFECTIVA CORREGIDA</b>														
MAXIMA B. S.	°C	23.7	25.7	28.0	31.8	35.3	39.5	39.0	37.8	37.2	33.6	28.0	23.8	32.0
MÁXIMA B.H.	°C	14.4	15.5	16.9	19.0	21.3	24.9	26.7	26.6	25.3	21.6	17.2	14.6	20.3
VELOCIDAD MEDIA	m/s	1.3	1.2	1.3	1.4	1.0	1.1	1.5	1.2	1.4	0.9	1.3	1.2	1.2
T.E.C.	°C	18.5	20.1	21.6	24.1	26.5	28.9	29.7	29.5	28.5	26.1	21.8	18.9	24.5
MINIMA B.S.	°C	9.4	10.6	12.4	15.0	18.5	23.5	25.6	25.4	24.1	19.3	13.0	9.7	17.2
MÍNIMA B.H.	°C	6.5	7.1	8.2	9.5	11.9	16.4	20.5	21.1	19.2	14.2	9.1	6.9	12.5
VELOCIDAD MEDIA	m/s	1.3	1.2	1.3	1.4	1.0	1.1	1.5	1.2	1.4	0.9	1.3	1.2	1.2
T.E.C.	°C	4.6	6.1	7.8	10.2	14.3	19.1	21.1	21.6	19.9	15.8	8.5	4.9	12.8

**Anexo 1. 2. Datos climáticos mensuales de la Cd. de Hermosillo, Sonora. (2da parte)**

Fuente: (Fuentes, Hoja de cálculo: Datos Climáticos, 2001)

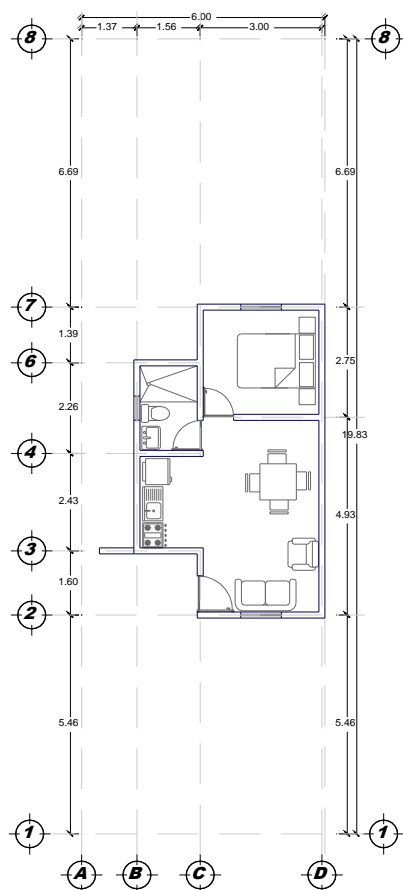
## ANEXO 2. Modelos de vivienda resultado del filtro de selección

De acuerdo con el último filtro de selección de la vivienda, se seleccionaron 3 viviendas, las cuales presentaron características en común para que al momento de realizar las simulaciones tuvieran condiciones de semejanza, tales como la orientación y la capacidad del equipo de aire acondicionado, dichas viviendas se muestran a continuación:

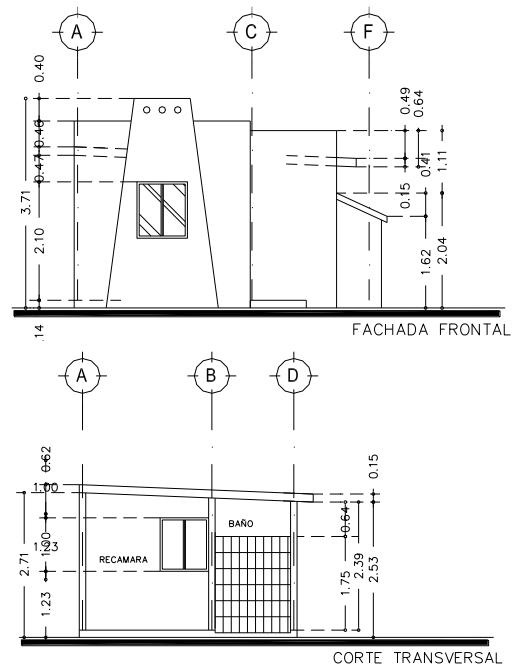
**Fraccionamiento: Real de Minas**

Área de terreno: 119 m<sup>2</sup>

Área construida: 33.5 m<sup>2</sup>



**CLAVE: HMO5**



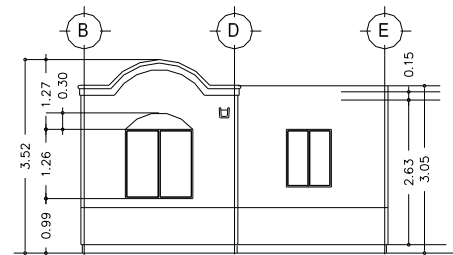
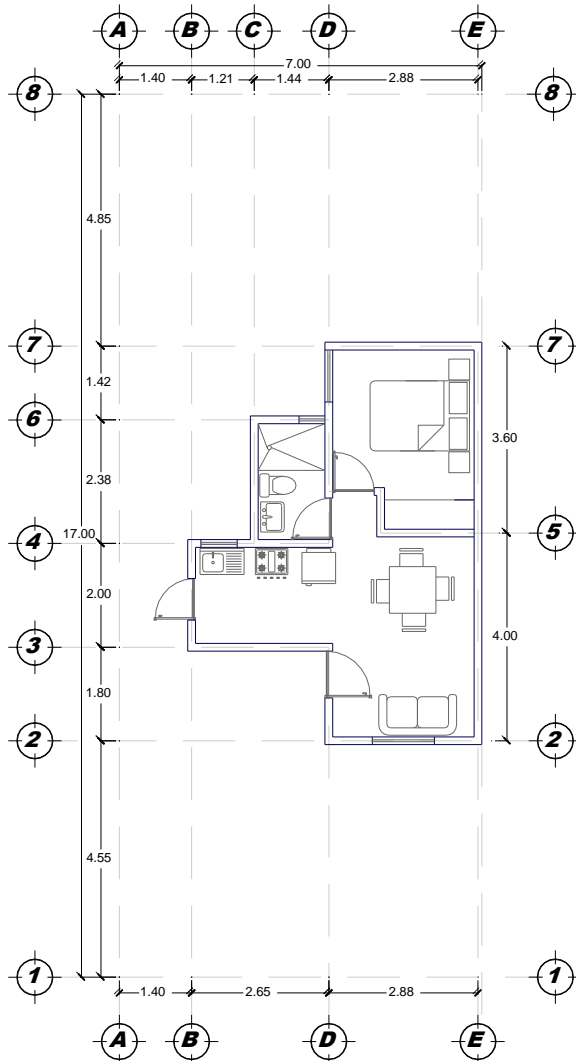
**Anexo 2. 1.** Planta, fachada y corte de la vivienda económica del fraccionamiento Real de Minas.

## Fraccionamiento: Villas del Sur

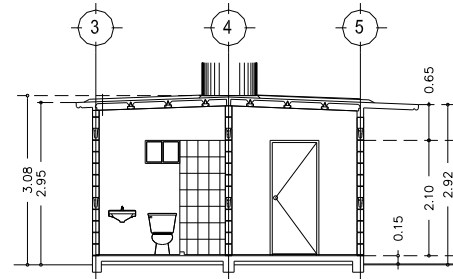
Área de terreno: 117.12 m<sup>2</sup>

Área construida: 35.85 m<sup>2</sup>

CLAVE: HMO9



FACHADA FRONTAL



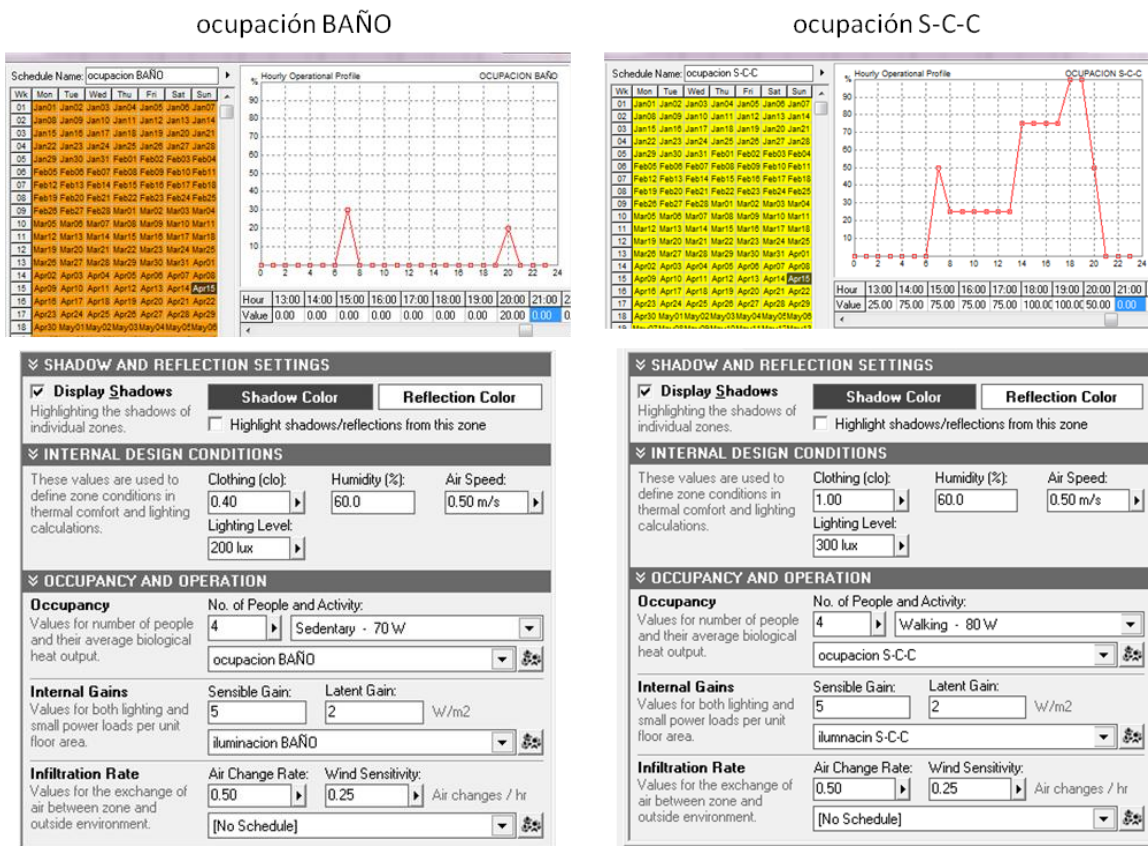
CORTE LONGITUDINAL



Anexo 2. 2. Planta, fachada, corte y fotografía de fachada de la vivienda económica del fraccionamiento Villas del Sur.

## ANEXO 3. Horario de ocupación y tipo de operación de cada espacio

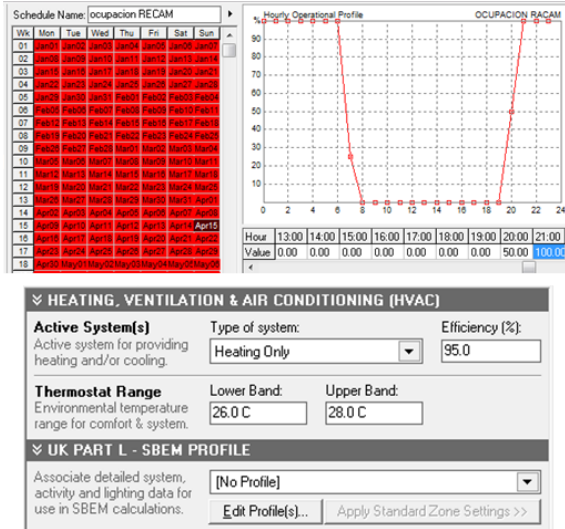
Una vez aplicados los parámetros térmicos en el modelo digital, se realizó un análisis de ocupación por cada una de las zonas propuestas, las cuales fueron, RECÁMARA, BAÑO y S-C-C (sala, comedor, cocina), para esto se determinaron ciertos factores, tales como el número de ocupantes por espacio, el tiempo de estancia, y las características de la actividad a realizar.



Anexo 3. 1. Formatos de horarios de ocupación para baño y sala-comedor-cocina (s-c-c)

Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010

### ocupación RECAMARA



**HOURS OF OPERATION**

Weekdays: On: 20, Off: 8  
 Weekends: On: 20, Off: 8

**SHADOW AND REFLECTION SETTINGS**

Display Shadows  
 Shadow Color: [ ] Reflection Color: [ ]  
 Highlight shadows/reflections from this zone

**INTERNAL DESIGN CONDITIONS**

These values are used to define zone conditions in thermal comfort and lighting calculations.

Clothing (clo): 1.00 Humidity (%): 60.0 Air Speed: 0.50 m/s  
 Lighting Level: 300 lux

**OCCUPANCY AND OPERATION**

**Occupancy**  
 Values for number of people and their average biological heat output.  
 No. of People and Activity: 4 Sleeping - 40 W  
 ocupacion RECAM

**Internal Gains**  
 Values for both lighting and small power loads per unit floor area.  
 Sensible Gain: 5 Latent Gain: 2 W/m2  
 iluminacion RECAM

**Infiltration Rate**  
 Values for the exchange of air between zone and outside environment.  
 Air Change Rate: 0.50 Wind Sensitivity: 0.25 Air changes / hr  
 [No Schedule]

### Anexo 3. 2. Formato de horario de ocupación para recámara

Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010

## ANEXO 4. Usos y horarios típicos de los equipos electrodomésticos y de iluminación

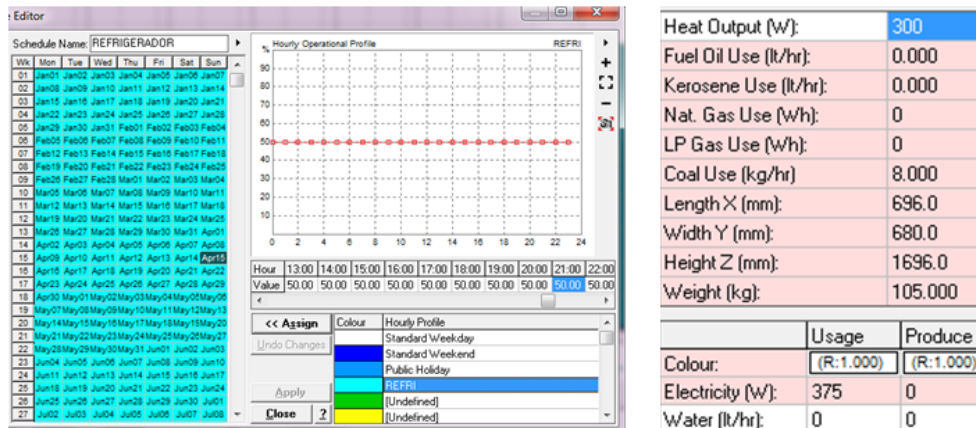
Una vez desarrollado el horario de ocupación en cada espacio, se realizó un estudio para determinar usos y horarios típicos de los equipos electrodomésticos y de iluminación.

ESPACIO	EQUIPO	EQUIPO	CANT.	CONS.	TIEMPO	DIAS/ MES	CONS. MES KW/HR
SALA COMEDOR	ventilador	vent.	1	70	10	30	21
	foco	foco	2	60	3	30	10.8
	t.v.	t.v.	1	120	4	30	14.4
	eq. Mus	eq.mus.	1	60	3	30	5.4
COCINA	refrig.	refri.	1	375	12	30	135
	foco	foco	1	60	1.5	30	2.7
	licua	licua.	1	400	0.2	30	2.4
	h.micro	horno	1	800	0.2	30	4.8
BAÑO	foco	foco	1	60	1	30	1.8
RECAMARA	foco	foco	1	60	2	30	3.6
	A/A 1 ton	a/a	1	1200	12	30	432
	plancha	plancha	1	1000	0.15	30	4.5

Anexo 4. 1. Horario de uso de electrodomésticos

Fuente: Elaboración propia

Ya asignados los tiempos de uso y el consumo, se procedió a aplicar dentro del modelo digital de Ecotect cada uno de los equipos y luminarias propuestas con sus respectivas características.

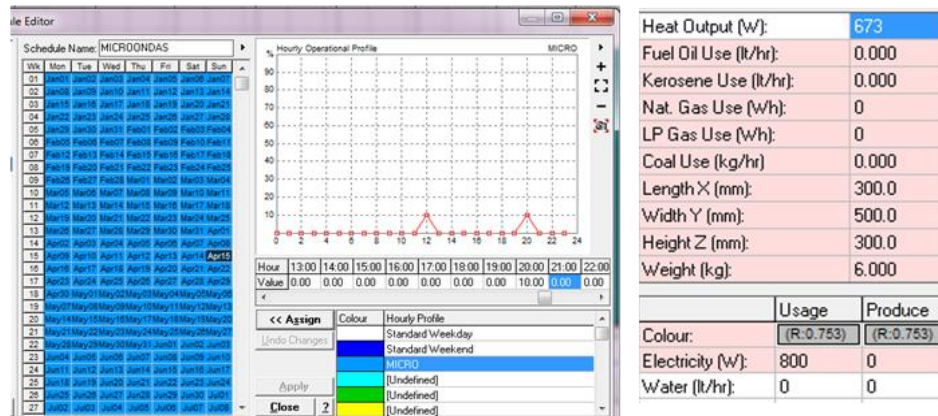


Anexo 4. 2. Formato de horario de uso de refrigerador

Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010

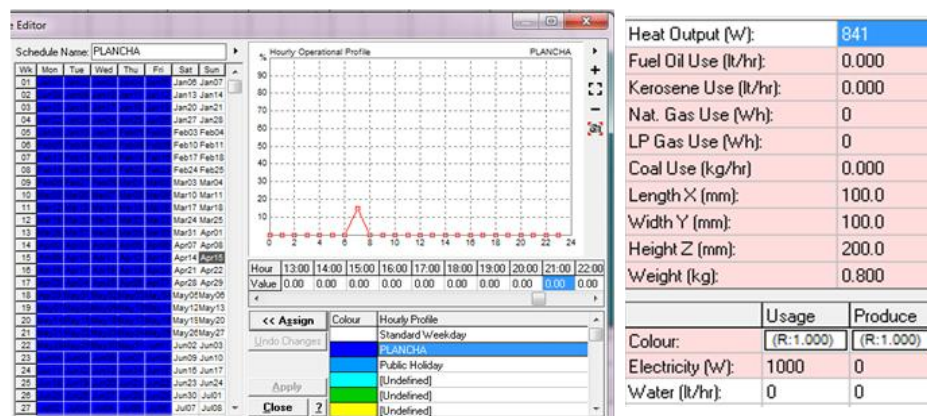
En el caso del refrigerador, diversos análisis de consumo investigados, determinaron que para asignar el consumo del equipo, debe de tomarse como uso continuo de 12 horas, puesto que el compresor prende y apaga cada vez que el termostato cumple con la temperatura asignada, así que se realizó el cálculo con el 50 % del total del tiempo.

En el caso de los electrodomésticos, como el microondas, la plancha y la licuadora, a pesar del alto consumo energético, estas son utilizados solamente por un corto lapso durante todo el día, esto es un 10 y 15 % que representa 6 y 12 minutos respectivamente.



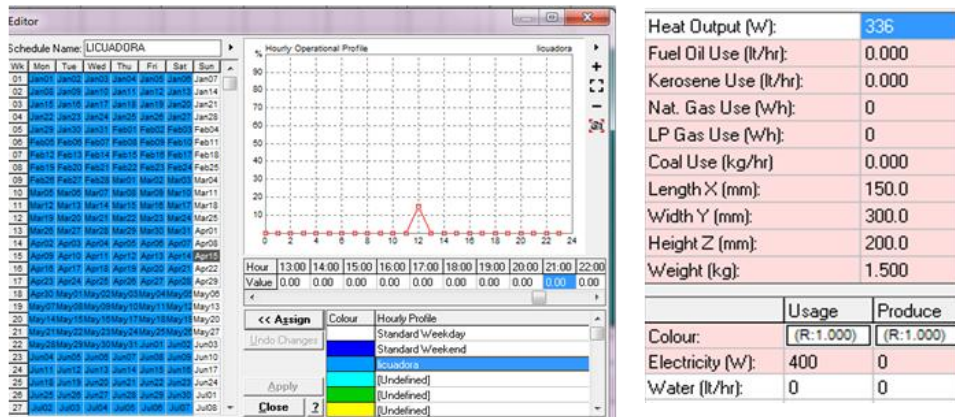
**Anexo 4. 3.** Formato de horario de uso de microondas

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*



**Anexo 4. 4.** Formato de horario de uso de plancha

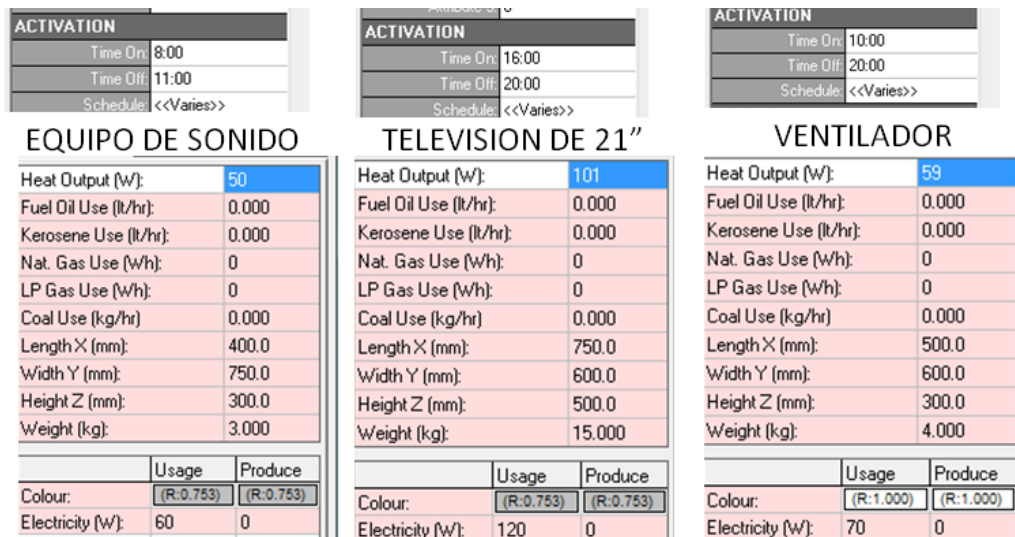
*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*



**Anexo 4. 5.** Formato de horario de uso de licuadora

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

Y para el resto de los electrodomésticos, tales como la televisión, el estéreo y el ventilador, de los cuales el uso es más prolongado, no se realiza un horario, si no que al marcar las propiedades dentro de la información de cada elemento, se agrega uno por uno, el horario de encendido y apagado de cada objeto.

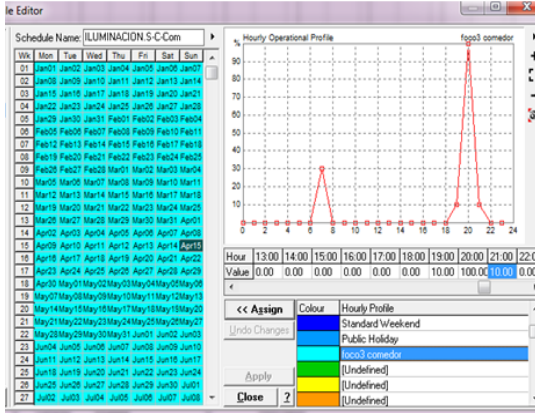


**Anexo 4. 6.** Formatos de horario de uso de equipo de sonido, televisión y ventilador

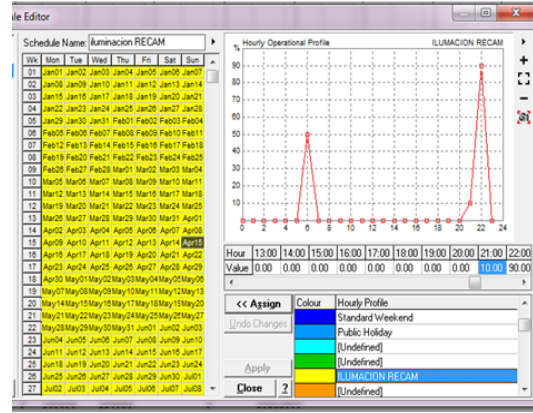
*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*



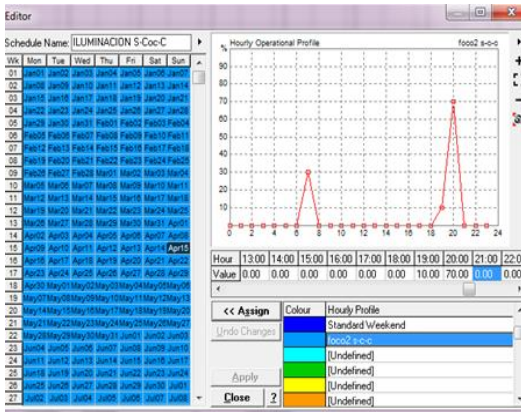
De la misma manera se desarrollaron los horarios para el programa de encendido y apagado de los focos en cada uno de los espacios, por lo que se desarrollaron las siguientes tablas:



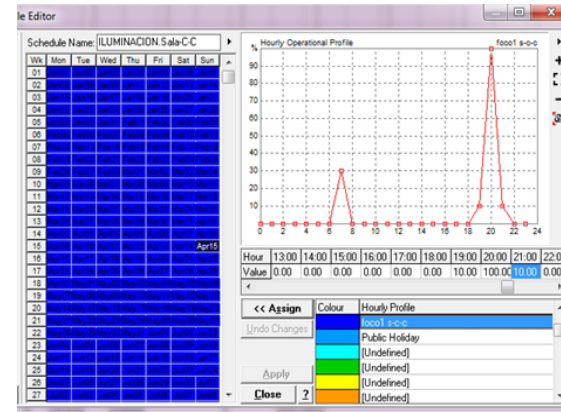
ILUM.S-C-Com



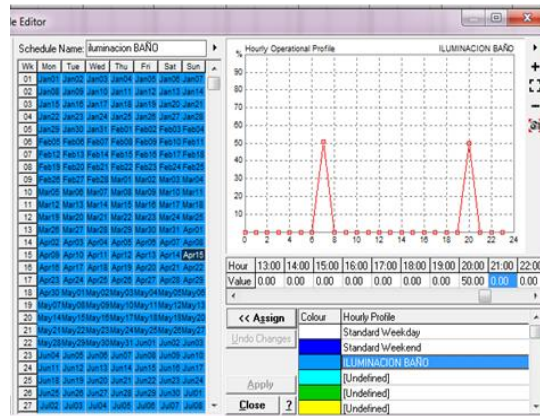
ILUM. RECAMARA



ILUM. S-Coc-C



ILUM. Sala-C-C



ILUM. BAÑO

**Anexo 4. 7. Formatos de horario de uso de luminarias**

Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010

Por lo que se propusieron focos de 60 watts, estos están distribuidos de la siguiente manera, 3 en la zona s-c-c, 1 en el baño y 1 más en la recamara, y se encenderán de acuerdo con la ocupación de los espacios, por lo que representarlo con porcentajes, únicamente demuestra que el foco está encendido la hora completa=100%, o solamente una fracción de este tiempo.

## ANEXO 5. Análisis mensual del comportamiento de pérdidas y ganancias en los espacios (ejemplo recámara)

Las siguientes tablas forman parte del análisis de pérdidas y ganancias de la vivienda original, dichos datos fueron copiados de la evaluación termal de Ecotect.

ANNUAL LOADS TABLE				Fabric Gains - Qc + Qs								
recamara - Monthly Averages												
HOUR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
0	-373	-318	-197	-66	-9	87	107	88	33	-48	-271	-416
1	-437	-386	-265	-124	-29	27	55	43	-2	-79	-337	-478
2	-505	-453	-337	-198	-57	-14	7	2	-18	-125	-405	-543
3	-569	-520	-407	-271	-114	-22	-10	-11	-31	-182	-451	-588
4	-621	-579	-470	-340	-176	-38	-14	-17	-63	-241	-478	-610
5	-645	-598	-491	-359	-198	-59	-26	-28	-80	-260	-495	-626
6	-693	-649	-545	-418	-254	-96	-38	-43	-121	-307	-545	-674
7	-736	-688	-586	-459	-294	-134	-60	-68	-158	-347	-580	-710
8	-763	-713	-613	-488	-326	-161	-83	-88	-174	-367	-600	-733
9	-761	-722	-619	-493	-316	-151	-81	-96	-190	-379	-610	-748
10	-757	-703	-595	-460	-286	-132	-64	-78	-166	-356	-581	-730
11	-707	-658	-538	-386	-196	-48	4	-26	-127	-304	-531	-695
12	-633	-557	-417	-249	-56	101	128	98	-5	-199	-422	-616
13	-471	-392	-244	-87	115	245	244	217	160	-26	-249	-465
14	-304	-220	-75	84	268	368	352	338	301	160	-65	-297
15	-153	-65	70	216	368	436	396	402	401	283	82	-146
16	-61	26	161	278	394	429	430	417	410	334	158	-57
17	-25	65	183	268	340	439	436	415	381	289	163	-32
18	-28	58	176	215	317	424	422	390	356	240	141	-33
19	-69	27	135	166	281	393	395	348	309	190	84	-72
20	-117	-28	71	114	229	338	341	288	239	128	8	-132
21	-186	-101	8	54	173	290	291	232	181	70	-63	-213
22	-244	-166	-47	12	121	227	233	187	128	20	-137	-280
23	-291	-224	-105	-23	75	184	189	153	96	-14	-191	-337

**Anexo 5. 1.** Qc+Qs: suma de cargas por conducción de los materiales y cargas producto de la exposición solar indirecta de los materiales opacos.

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

ANNUAL LOADS TABLE												
recamara - Monthly Averages												
HOUR	Indirect Solar Gains - Qs											
	JAN (Wh)	FEB (Wh)	MAR (Wh)	APR (Wh)	MAY (Wh)	JUN (Wh)	JUL (Wh)	AUG (Wh)	SEP (Wh)	OCT (Wh)	NOV (Wh)	DEC (Wh)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	1	7	14	16	12	6	0	0	0	0
10	4	10	17	28	38	39	34	27	19	10	3	1
11	20	28	44	71	105	109	88	68	48	34	23	18
12	49	77	112	155	200	203	167	148	129	93	56	41
13	127	163	201	243	291	288	247	229	232	198	143	116
14	208	244	278	317	359	348	299	299	320	297	233	197
15	263	298	322	352	379	360	314	332	364	352	288	254
16	271	303	317	333	347	320	299	312	348	339	290	264
17	232	260	265	267	266	254	237	247	277	271	240	222
18	176	198	205	204	200	187	178	179	209	213	192	173
19	120	146	152	149	139	127	124	115	142	151	136	123
20	68	89	95	93	82	78	74	56	74	88	75	68
21	26	43	47	46	45	48	41	17	33	42	35	29
22	2	14	21	22	24	25	20	2	4	12	0	0
23	0	0	1	7	13	14	10	1	0	0	0	0

Anexo 5. 2. Qs: cargas producto de la exposición solar indirecta de los materiales opacos.

Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010

ANNUAL LOADS TABLE												
recamara - Monthly Averages												
HOUR	Direct Solar Gains - Qg											
	JAN (Wh)	FEB (Wh)	MAR (Wh)	APR (Wh)	MAY (Wh)	JUN (Wh)	JUL (Wh)	AUG (Wh)	SEP (Wh)	OCT (Wh)	NOV (Wh)	DEC (Wh)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	6	11	12	10	5	0	0	0	0
7	5	11	13	18	20	20	20	17	13	11	4	2
8	35	38	33	24	24	25	27	25	29	42	38	33
9	81	77	65	40	24	25	31	34	62	91	90	81
10	130	124	103	69	26	24	32	54	102	147	144	132
11	170	164	136	97	51	23	38	78	139	191	191	176
12	189	183	154	115	63	27	46	90	159	213	213	196
13	180	176	149	109	63	45	58	88	149	197	198	182
14	141	143	124	88	46	24	38	68	120	158	154	144
15	88	99	86	61	27	25	28	40	77	101	98	89
16	35	51	49	34	24	25	23	14	35	49	42	36
17	2	14	19	18	20	20	17	2	4	11	0	0
18	0	0	1	6	11	12	8	1	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5. 3. Qg: cargas solares directas ocurridas a través de superficies transparentes.

Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010

ANNUAL LOADS TABLE												
recamara - Monthly Averages												
HOUR	Ventilation Gains - Qv											
	JAN (Wh)	FEB (Wh)	MAR (Wh)	APR (Wh)	MAY (Wh)	JUN (Wh)	JUL (Wh)	AUG (Wh)	SEP (Wh)	OCT (Wh)	NOV (Wh)	DEC (Wh)
0	-70	-65	-51	-35	-15	0	0	0	-3	-24	-53	-69
1	-77	-73	-60	-44	-24	-5	0	0	-9	-31	-60	-76
2	-86	-79	-67	-51	-31	-12	-4	-4	-15	-38	-67	-82
3	-92	-85	-73	-58	-38	-18	-9	-9	-19	-43	-73	-88
4	-94	-89	-77	-62	-41	-21	-12	-13	-24	-48	-77	-92
5	-98	-92	-80	-65	-45	-25	-15	-15	-26	-50	-79	-94
6	-98	-93	-81	-66	-46	-26	-16	-17	-28	-51	-80	-96
7	-97	-91	-79	-64	-43	-23	-13	-14	-25	-48	-73	-93
8	-88	-83	-71	-56	-35	-16	-7	-8	-18	-40	-63	-86
9	-77	-73	-60	-44	-24	-5	0	0	-9	-29	-51	-75
10	-65	-59	-45	-29	-9	0	0	0	-1	-16	-37	-62
11	-52	-46	-30	-12	0	2	6	3	0	-3	-24	-49
12	-38	-31	-16	-1	2	15	17	14	7	0	-13	-37
13	-28	-20	-5	0	10	26	27	23	15	2	-6	-26
14	-22	-13	-1	2	18	33	34	29	21	5	-4	-21
15	-19	-10	0	4	22	36	36	31	23	7	-3	-19
16	-20	-12	0	3	20	35	36	31	22	6	-5	-23
17	-23	-14	-2	2	17	32	33	29	20	5	-8	-26
18	-27	-18	-4	1	14	28	29	25	17	2	-14	-32
19	-32	-24	-9	0	7	22	23	20	12	-1	-20	-38
20	-39	-31	-16	-1	2	15	17	14	7	-2	-28	-45
21	-46	-40	-24	-7	0	7	11	8	2	-5	-36	-52
22	-54	-48	-33	-16	-1	0	2	2	0	-10	-45	-61
23	-63	-57	-42	-25	-7	0	0	0	0	-17	-53	-69

**Anexo 5. 4. Qv: cargas resultantes de la ventilación o infiltración.**

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

ANNUAL LOADS TABLE												
recamara - Monthly Averages												
HOUR	Internal Gains - Qi											
	JAN (Wh)	FEB (Wh)	MAR (Wh)	APR (Wh)	MAY (Wh)	JUN (Wh)	JUL (Wh)	AUG (Wh)	SEP (Wh)	OCT (Wh)	NOV (Wh)	DEC (Wh)
0	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
1	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
2	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
3	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
4	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
5	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
6	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
7	135	130	125	133	134	124	134	130	128	134	128	128
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
21	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
22	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
23	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

**Anexo 5. 5. Qi: cargas internas producto de la ocupación y los equipos eléctricos**

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

ANNUAL LOADS TABLE				Inter-zonal Gains - Qz								
recamara - Monthly Averages												
HOUR	JAN (Wh)	FEB (Wh)	MAR (Wh)	APR (Wh)	MAY (Wh)	JUN (Wh)	JUL (Wh)	AUG (Wh)	SEP (Wh)	OCT (Wh)	NOV (Wh)	DEC (Wh)
0	100	82	43	-4	-59	-107	-120	-115	-91	-32	52	104
1	96	79	40	-7	-61	-108	-123	-120	-95	-35	48	100
2	102	84	46	-1	-55	-103	-119	-116	-91	-31	53	105
3	108	90	52	6	-49	-98	-114	-110	-85	-25	57	108
4	110	94	55	9	-46	-94	-111	-107	-81	-21	57	107
5	110	93	55	8	-46	-95	-112	-107	-81	-22	56	106
6	106	89	51	4	-51	-100	-117	-112	-86	-26	52	102
7	122	104	66	19	-37	-84	-103	-97	-70	-11	68	119
8	135	117	80	35	-19	-68	-86	-82	-57	1	80	133
9	126	111	75	33	-20	-70	-87	-83	-61	-6	72	126
10	117	100	65	25	-23	-72	-90	-89	-71	-18	58	114
11	112	96	62	21	-27	-71	-89	-90	-73	-23	53	111
12	97	79	43	-2	-52	-94	-109	-110	-93	-42	34	94
13	81	61	23	-23	-76	-120	-131	-128	-113	-61	17	80
14	69	48	8	-38	-90	-132	-141	-141	-126	-76	5	69
15	58	35	-4	-51	-102	-145	-151	-151	-137	-85	-4	58
16	61	38	-2	-48	-99	-141	-150	-145	-130	-79	2	61
17	65	43	4	-43	-94	-136	-145	-139	-121	-68	11	67
18	77	57	18	-29	-81	-123	-133	-126	-107	-54	25	78
19	87	68	29	-17	-68	-112	-123	-115	-95	-42	38	89
20	85	66	28	-19	-70	-114	-125	-120	-98	-43	38	88
21	71	52	12	-35	-88	-133	-145	-139	-115	-58	24	75
22	69	50	11	-37	-89	-135	-147	-143	-119	-61	22	73
23	90	71	32	-16	-70	-116	-128	-124	-100	-41	44	96

**Anexo 5. 6. Qz: cargas generadas entre los espacios.**

*Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2010*

## **ANEXO 6. Materiales aislantes y Poliuretano Esparado como elección**

### **Materiales Aislantes**

Son materiales utilizados para reducir la transferencia de calor por conducción, radiaciones o convección, se emplean en diversas combinaciones para lograr los resultados deseados (por lo general confort higrotérmico con reducción del consumo de energía).

### **Selección de materiales aislantes**

La elección y el grado de aislamiento se basa en una serie de factores:

- Clima.
- Facilidad de instalación
- Durabilidad; resistencia a la compresión, la humedad, la degradación.
- Costo; que es por lo general relacionado con la durabilidad y la eficacia.
- El modo de transferencia de calor; aislamiento a granel es más útil en condiciones de frío donde se producen pérdidas significativas, que son menos útiles en ambientes calurosos, donde la radiación solar es la fuente de ganancia de calor. Por el contrario, barreras para radiaciones tienen un papel más importante en climas cálidos.
- La orientación de la superficie y la dirección de flujo de calor determinan la eficacia de una barrera radiante. Será barrera radiante la que funciona mejor para detener la baja transferencia de calor desde o hacia las superficies horizontales.
- Los efectos tóxicos.
- Impacto ambiental y sostenibilidad.

Por lo general, una combinación de materiales son necesarias para lograr una solución óptima para un edificio más de una serie de condiciones climáticas. También hay algunos productos que combinan diferentes tipos de aislamiento en un solo producto.

## **Materiales utilizados para aislamiento**

Una gama de material puede emplearse en la fabricación y construcción de productos de aislamiento:

- Polímeros sintéticos por ejemplo: poliestireno, polietileno, poliuretano, poliisocianurato.
- Aerogel
- La lana mineral: por ejemplo, Fibra de vidrio, lana de roca, escorias
- Minerales: Vermiculita, Perlita
- Materias vegetales naturales: aislamiento de celulosa, corcho, cáñamo, algodón, paja
- Fibras de origen animal: lana
- Otros materiales inusuales o de interés histórico
- Materias vegetales naturales: mazorcas de maíz, paja en polvo, virutas de madera, aserrín, corteza secuoyas, fibra de abeto o madera balsa.

## **Sistemas comerciales utilizados para aislamiento**

El aislamiento puede ser instalado en una serie de formas:

- No estructurales
  - Placas: por ejemplo, fibra de vidrio, lana mineral, poliestireno expandido.
  - Mantas: por ejemplo, fibra de vidrio
  - Granulados: por ejemplo, celulosa, vermiculita, perlita, poliestireno expandido o EPS.
  - Spray espumas: por ejemplo, polímeros sintéticos, poliuretano.
- Estructurales
  - Paneles rígidos
  - Estructurados y grupos especiales
  - Fardos de paja ([wikipedia.org](http://wikipedia.org))



## **Poliuretano**

El poliuretano (PUR) es un polímero que se obtiene mediante condensación de di-bases hidroxílicas combinadas con disocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. De esta manera pueden ser de dos tipos: termoestables o termoplásticos (poliuretano termoplástico, según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente).

Los poliuretanos termoestables más habituales son espumas, muy utilizadas como aislantes térmicos y como espumas resilientes. Entre los poliuretanos termoplásticos más habituales destacan los empleados en elastómeros, adhesivos selladores de alto rendimiento, pinturas, fibras textiles, sellantes, embalajes, juntas, preservativos, componentes de automóvil, en la industria de la construcción, del mueble y múltiples aplicaciones más.

- Espumas

Su formulación se basa en polioles de bajo número de hidróxilo (OH) combinados con isocianatos de bajo contenido en grupos funcionales (NCO), unido a propelentes especiales y una cantidad exactamente medida de agua. La fórmula está estequiométricamente diseñada para lograr un material (espumado o no) de curado rápido y con una densidad entre 18 y 80 kg/m<sup>3</sup>.

Algunas aplicaciones de poliuretanos flexibles se encuentran en la industria de paquetería, en la que se usan poliuretanos anti-impacto para embalajes de piezas delicadas. Su principal característica es que son de celdas abiertas y de baja densidad (12-15 kg/m<sup>3</sup>).

También existen los poliuretanos rígidos de densidad 30-50 kg/m<sup>3</sup>, utilizados como aislantes térmicos. La capacidad de aislamiento térmico del poliuretano se debe al gas aprisionado en las celdillas cerradas del entramado del polímero.

Una variedad de los poliuretanos rígidos son los poliuretanos spray, que son formulaciones de alta velocidad de reacción, usados en revestimientos sujetos a la fuerza de gravedad, tales como aislamientos de edificios, estanques de almacenamiento, e incluso tubos o cañerías.

- Química del poliuretano

El poliuretano industrial es por lo general la mezcla de dos componentes o sistema bicomponente, el A y el B, en una proporción estequiométrica definida por el químico que diseña la fórmula.

Existen además poliuretanos monocomponentes, como por ejemplo los habitualmente usados en la industria de la construcción.

#### Componente A

Consiste en el polioliol: una mezcla cuidadosamente formulada y balanceada de glicoles (alcoholes de elevado peso molecular). Se encuentran en mezcla con agentes espumantes y otros aditivos tales como aminas, siliconas, agua, propelentes y catalizadores organometálicos; condicionan la reacción y dan las características a la espuma final. La apariencia es como miel viscosa y puede tener un fuerte olor amoniacal.

#### Componente B

El componente B es una mezcla de isocianatos, a veces prepolimerizados (pre-iniciado), con un contenido de grupos NCO que puede variar desde el 18 al 35% en funcionalidad.

Algunos son de color café, muy viscosos (3000-5000 cps-Viscosímetro Brookfield), y otros son casi transparentes y fluidos. En ocasiones son mantenidos en atmósfera seca de nitrógeno.

Tienen además propiedades adhesivas muy apreciadas, por lo que también sirven de aglomerantes para fabricar bloques poli-material. Un ejemplo de aplicación sorprendente es su uso para aglomerar piedras y formar rompeolas para proteger costas.

- Reactividad

La reactividad se puede observar en una simple inspección visual y, en el caso de las espumas, está dividida en los siguientes tiempos, medidos en segundos:

- Tiempo de crema: 5-15 s. Formación de monómeros y polímeros.
- Tiempo de hilo: 30-70 s. Estructuración, formación de redes cristalinas.
- Tiempo de subida: Finalización de la expansión.
- Tacto libre: 10-50 s. Formación de piel, finalización de la reacción. La superficie del material deja de ser adhesiva.

El isocianato y el polioliol, al mezclarse, ocasionan una serie de reacciones químicas que conducen a enlaces de uretanos, poliuretanos, alofanatos, ureas modificadas, cianatos prepolímeros etc. En total unas 17 reacciones químicas simultáneas, en que el paquete de catalizadores hace que se tome una dirección preferente u otra.

Se genera una exotermia que puede elevar la temperatura hasta más de 100 °C, que hace que el propelente en disolución en el polioliol se convierta en un gas. La reacción de isocianato con agua genera dióxido de carbono. Por el calor generado, parte del agua se convierte en vapor. Todo esto hace que expanda la mezcla, formándose pequeñas celdas después del gelado o cremado. Aunque las celdas de CO<sub>2</sub> son parte del

reticulado, se entremezclan con las que contienen fluorocarbonos para efectos de estabilidad dimensional.

Algunos polioles llevan componentes antinflama que hace que sean retardantes de llama. En algunos países es obligatorio el uso de este componente para determinadas aplicaciones, y son clasificados bajo normas de seguridad. Las celdas se van formando a medida que se alcanza el tiempo de hilo, para finalizar en el tiempo de *Tack free* (tacto libre).

Al terminar la reacción química, la espuma de poliuretano contiene millones de celdas irregulares, que -según sea la formulación usada- son las que al final le dan las características de aislamiento térmico, resiliencia, acústicas, etc.

Una espuma de poliuretano tiene un coeficiente de transferencia térmica de aproximadamente 0,0183 unidades BTU de transferencia de calor.

La estabilidad dimensional es un aspecto muy importante en la calidad de la espuma formada: muchas veces ha sucedido que fórmulas de polioles mal balanceadas, exceso de agua, o mezclas polioliol/isocianato deficientes, producen una contracción del polímero, pandeándose y perdiendo su forma. La mezcla polioliol/isocianato debe ser estequiométricamente balanceada. En general la mezcla está en un 10% sobre lo estequiométrico para mayor seguridad; una mezcla mayor en polioliol y menor en isocianato lleva a espumas blandas e inestables, mientras que un exceso de isocianatos conduce a espumas ureicas (poliuretanos PIR).

- Ventajas de Uso
  - Bloquea el flujo de aire mediante la ampliación y cierre de fugas.
  - Puede servir como una barrera de vapor con una mejor calificación por permeabilidad o barreras de vapor con láminas de plástico y en consecuencia,

reducir la acumulación de humedad, que puede causar el crecimiento de mohos.

- Puede rellenar cavidades en la pared acabada, en paredes sin fisuras (según sea necesario con placas).
- Funciona bien en espacios reducidos.
- Proporciona un mejor aislamiento acústico.
- Al curarse se expande brindando una excelente resistencia a la infiltración de aire (a diferencia de placas y mantas).
- Aumenta la estabilidad estructural (a diferencia de las partículas sueltas o granulado, similares al spray húmedo de celulosa).
- Puede ser utilizado en lugares en donde no se puede llegar con material granulado, como entre las vigas. Cuando se utiliza entre los tirantes, los spray de espuma pueden cubrir hasta los clavos sobresalientes de la parte inferior del revestimiento.
- Puede ser aplicado en pequeñas cantidades.
- La espuma PUR debe protegerse con cemento proyectado para aumentar su resistencia al fuego.
- Crea una capa continua y sin juntas, eliminando puentes térmicos.
- La espuma de poliuretano tiene la conductibilidad térmica más baja de los materiales aislantes utilizados habitualmente en la construcción.
- La creación in situ del aislamiento mediante la proyección de una mezcla de líquidos elimina la necesidad de cortar, fijar, instalar piezas.
- No es necesario el empleo de colas, adhesivos u otros sistemas de fijación para su instalación.
- La espuma de poliuretano con su estructura de celdas cerradas, mejora la construcción y durabilidad del edificio.
- La espuma se proyecta en menos tiempo que la instalación de otros materiales.
- Las viviendas aisladas con la espuma proyectada muestran un mejor confort y un menor consumo

- Gracias al poder aislante del poliuretano, con un menor grosor de material, se consigue mayor poder aislante, aumentando la superficie útil de la vivienda.
  - La espuma rígida de poliuretano aplicada por proyección, permite alcanzar los niveles de aislamiento óptimos requeridos por el CTE con el mínimo espesor.
  - La espuma de poliuretano aplicada por proyección, debido a sus características no hidrófilas, estanqueidad al agua y aplicación continua, actúa como barrera de muy alta resistencia a la filtración de agua.
  - No absorbe humedad, no genera hongos.
  - Es autoextingible.
  - Excelente relación precio / aislamiento.
  - Amortigua las vibraciones.
  - Trae como consecuencia un gran ahorro en energía tanto en refrigerar como en calefacciones.
  - Elimina los tronidos por cambios de temperatura de la placa
- Desventajas de Uso
    - Muchas de estas formas de aislamiento (excepto espuma hormigón) libera productos químicos nocivos en el aire, reduciendo la calidad del aire interior. Los gases usados en la expansión son extremadamente tóxicos para la salud humana.
    - La mayoría o la totalidad de estas espumas liberan vapores tóxicos cuando se queman.
    - Dependiendo de la utilización y los códigos de construcción, la mayoría de las espumas requieren protección, con una barrera como tabiques de roca de yeso en el interior de una casa. Por ejemplo, una de 15 minutos de clasificación de incendios.
    - La mayoría, como el poliuretano y el isocianato, contienen sustancias químicas peligrosas como el benceno y el tolueno. Se trata de un peligro potencial y

preocupación por el medio ambiente durante la producción de materia prima, transporte, la fabricación y la instalación.

- Aislamientos de espuma se realizan a partir de productos petroquímicos y puede ser una preocupación para aquellos que buscan reducir el uso de combustibles fósiles y el petróleo.
- El Resistencia térmica, disminuirá ligeramente con el tiempo, aunque la degradación del R se detiene una vez que se alcanza un equilibrio con el medio ambiente. Incluso después de este proceso, se estabilizó es muy alto el valor de R.
- La mayoría de las espumas requieren protección de la luz solar y disolventes.
- Es difícil reciclar algunas espumas en un edificio existente, por la estructura de las sustancias químicas y procesos implicados.

- Comparación del coeficiente de conductividad térmica entre diferentes materiales

Material [Unidad]	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	CalorEsp. J/Kg °C	Conduct. W/m °C	Capacidad MJ/m <sup>3</sup> °C	Difusividad mm <sup>2</sup> /s
Alfombras y moquetas	1000	1350	0.05	1.35	0.04
Caucho vulcanizado (80% caucho)	1120	2000	0.15	2.24	0.07
Tablero aglomerado de partículas	650	1215	0.08	0.79	0.10
Pintura bituminosa	1200	1460	0.20	1.75	0.11
Agua (sin convección)	1000	4184	0.60	4.18	0.14
Corcho expandido con resinas +/-50kg	200	1460	0.05	0.29	0.16
Madera conífera	600	1380	0.14	0.83	0.17
Tablero fibra madera normal	625	1340	0.16	0.84	0.19
Madera frondosa	800	1255	0.21	1.00	0.21
Carton-yeso	900	920	0.18	0.83	0.22
Bloque hormigón ligero macizo	1000	1050	0.33	1.05	0.31
Poliuretano expandido	40	1590	0.02	0.06	0.36
Asfalto puro	2100	920	0.70	1.93	0.36
Ladrillo macizo	1800	1330	0.87	2.39	0.36
Fibrocemento P +/-200kg	2000	1250	0.93	2.50	0.37
Hormigón ligero	1000	1050	0.40	1.05	0.38
Bloque hormigón ligero	1400	1050	0.56	1.47	0.38
Guarnecido de yeso	800	920	0.30	0.74	0.41
Vidrio plano	2500	836	0.95	2.09	0.45
Fábrica ladrillo cerámico macizo	1800	878	0.87	1.58	0.55
Alicatado	2000	920	1.05	1.84	0.57
Adobe	1600	920	0.95	1.47	0.65
Hormigón armado	2400	1050	1.63	2.52	0.65
Mortero de cemento	2000	1050	1.40	2.10	0.67
Grava	1700	920	1.21	1.56	0.77
Terreno coherente humedad natural	1800	1460	2.10	2.63	0.80
Poliestireno	25	1590	0.03	0.04	0.83
Hormigón en masa vibrado	2400	805	1.63	1.93	0.84
Arena	1500	920	1.28	1.38	0.93
Mampostería granito	2800	920	2.50	2.58	0.97
Tierra vegetal	1800	920	1.80	1.66	1.09
Hielo 0°C	917	2035	2.25	1.87	1.21
Rocas compactas	2750	880	3.50	2.42	1.45
Acero y fundición	7800	502	54.00	3.82	14.15
Aluminio	2700	920	232.00	2.48	93.40

**Anexo 6. 1.** Coeficiente de conductividad térmica entre diferentes materiales

*Fuente: Norma española NBE-CT-79*

- Aplicaciones de Poliuretano Esparado y Ventajas sobre otros materiales

El proceso de aplicación del poliuretano esparado es uno de los más simples y completos en el mercado del aislamiento debido a su auto adherencia a todo tipo de



superficies, las cuales sólo deben de estar limpias y secas a una temperatura no inferior a 10 °C.

Esta auto adherencia y el hecho de que el poliuretano esreado se forma en el momento y en el sitio de la aplicación hace que se pueda aplicar sobre todo tipo de formas (planas, esféricas, curvas, etc.. tanto por el lado exterior como por el interior).

Una vez aplicado el poliuretano esreado, se reducen considerablemente los fenómenos de expansión y de contracción de las superficies por cambios en la temperatura ambiente y la humedad reduciendo considerablemente las cargas por estos conceptos y aumentando la resistencia de los materiales de construcción.

Después de ser aplicado se recomienda aplicar un recubrimiento acrílico reflejante para proteger la espuma de poliuretano ([construfoam.com.mx](http://construfoam.com.mx)).

- Medidas Preventivas

Las medidas preventivas a aplicar son bastante sencillas de entender, pero muy complicadas de llevar a la práctica de manera realmente eficaz. La razón es la siguiente: mientras se aplica el poliuretano no se permite el acceso a la zona de trabajo a ninguna persona sin el equipo de protección adecuado, pero una vez terminan estos trabajos, se tiene que seguir con el trabajo en el interior de los chalets, sin dar tiempo a que se ventilen suficientemente los chalets como para reducir o eliminar el riesgo de inhalación de vapores de Isocianatos.

Se supone que con las máquinas que tienen se produce la mezcla y proyección de prácticamente todo el producto y no quedan componentes en suspensión en el aire, pero puede producirse una polimerización incompleta, una alteración en la mezcla, un escape en las mangueras, etc, que provoque la liberación de isocianato al ambiente.

Los operarios que trabajan con el poliuretano expandido utilizan los siguientes equipos de protección individual:

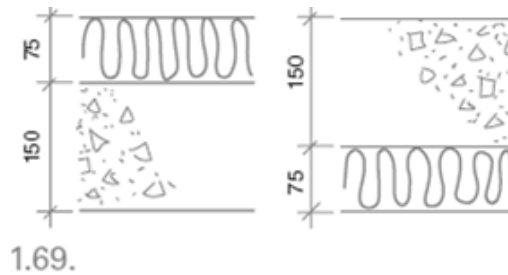
- Mono completo de vinilo con nivel 3 de protección (estanqueidad)
- Guantes y botas de PVC.
- Máscara con filtro para gases y vapores de tipo E3- P3SL, que nos ofrece una protección quizás mayor de la necesaria, pero considerando el tiempo de exposición es, sin duda, la más adecuada.
- Caperuza de protección de cabeza.

Como estas tareas las realiza la empresa subcontratista, ellos deben hacerse cargo de cumplir las medidas de seguridad, velando por ello el coordinador de seguridad y salud y el técnico de prevención. (elergonomista.com)

- Recomendaciones de instalación

The benefits of capacitive insulation (or mass effect) will be greatest in hotdry climates, which show large diurnal temperature variations. Some sources suggest that a mean range (the range between monthly mean maximum and minimum, averaged for the 12 months) of 10 K would warrant heavy construction, others put this limit at 8 K. Capacitive insulation has a dampening, stabilizing effect, it can improve comfort or, if the building is conditioned, produce energy savings.

The dynamic properties (time lag, decrement factor and admittance) of multilayer elements depend not only on the material and thickness of layers, but also on the sequence of these layers with respect to the direction of heat flow. This is best illustrated by an example ( Fig. 1.69 ).



**Anexo 6. 2.** Ubicación de las capas de aislante (poliuretano) sobre losa de concreto  
Fuente: (Szokolay, 2008, pág. 50)

- Ejemplo

Take a roof slab of 150 mm reinforced concrete, with 75 mm of EPS insulation (the waterproof membrane is thermally negligible) and consider a summer (heat gain) situation.

The air-to-air resistance will be

$$\begin{aligned}
 R_{a-a} &= R_{so} + R_{EPS} + R_{concr} + R_{si} \\
 &= 0.04 + \frac{0.075}{0.035} + \frac{0.150}{1.4} + 0.14 = 2.43 \\
 U &= 1/R_{a-a} = 1/2.43 = 0.41 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

This is the same, regardless of the sequence of layers, but for dynamic properties:

	$\phi$ (hour)	$\mu$	$Y_{inside}$ (W/m <sup>2</sup> K)
EPS externally	6.28	0.3	5.41
EPS internally	5.03	0.56	0.44
Difference	1.25	0.26	4.97

**Anexo 6. 3.** Comparativa de resultados, entre aplicación del poliuretano exterior e interior  
Fuente: (Szokolay, 2008, pág. 50)

The last column (  $Y$  ) is the *admittance* of the element, which is the measure of its ability to pick up (and release) heat from the indoors, as the temperature changes (swings).  $Y$

has a strong influence when indoor temperatures are to be calculated which result from the heat flows.

The total admittance of a building (or of a room) is

$$q_a = \Sigma(A \times Y) \quad \text{in W/K}$$

The EPS externally produces a time lag some 1.25-h longer, reduces the decrement factor from 0.56 to a little over half (to 0.3) and gives an inside surface admittance some 4.97 W/m<sup>2</sup>K more than the reverse order of layers.

So, the mass inside of a resistive insulation will reduce the heat gain, delay it more and result in a more stable indoor temperature. (Szokolay, 2008)

*“Lo anterior muestra los beneficios de utilizar al aislamiento como efecto de masa térmica en climas calido-seco. Así mismo ejemplifica como la correcta aplicación del poliuretano en una losa puede determinar el óptimo desempeño de sus propiedades de aislamiento, esto a partir del cálculo de admitancia y de retardo térmico, en donde se evalúa el comportamiento de la aplicación al interior y al exterior, siendo esta última la que permite generar mayor resistencia de aislamiento y en consecuencia la reducción de las ganancias de calor y una temperatura interior más estable.”*

Por todo lo anterior, el poliuretano esparado se presenta como una de las opciones comerciales de aislamiento más comunes y usadas en Sonora, es por ello que se perfiló como una de las principales estrategias al momento de seleccionar los materiales para la propuesta de vivienda Bioclimática en la Cd. de Hermosillo, Sonora.

## ANEXO 7. Análisis unitario de los conceptos de obra propuestos

Las siguientes tablas forman parte del análisis económico, en las cuales se analiza unitariamente cada concepto de obra correspondiente a las propuestas de la vivienda prototipo.

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO
<b>MANO DE OBRA</b>		
Of. Albañil	jor	\$330.00
Peón	jor	\$180.00
Cabo	jor	\$345.00
Maestro	jor	\$400.00
Of. Pintor	jor	\$330.00
<b>MATERIALES</b>		
Cemento	ton	\$2,700.00
Arena	m3	\$180.00
Grava	m3	\$180.00
Agua	m3	\$20.00
Acero de refuerzo de 3/8"	kg	\$13.50
Alambe recocido	kg	\$18.00
Mortero cemento arena 1:5	m3	\$1,000.00
Cemento gris	Ton	\$2,700.00
Panel "W" PS de 3" DE 1.22x2.44	pza	\$420.00
Pintura vinilica PRO-1000 PLUS 30	lt	\$26.00
Sellador vinilico 5x1 clasico	lt.	\$12.00
<b>CUADRILLA</b>		
Of. Albañil+Peón	jor	\$572.50
Pintor + Ayudante	jor	\$572.50

**Anexo 7. 1.** Catálogo de conceptos: mano de obra, materiales y cuadrillas

CUADRILLA No 1 (1 PINTOR + AYUDANTE)			JOR	
CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	REND.	IMPORTE
Of. Pintor	jor	\$330.00	1.0000	\$330.00
Peón	jor	\$180.00	1.0000	\$180.00
Cabo	jor	\$345.00	0.1000	\$34.50
Maestro	jor	\$400.00	0.0700	\$28.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$572.50</b>

CUADRILLA 2 (OFICIAL ALBAÑIL + PEON)			JOR	
CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	REND.	IMPORTE
Of. Albañil	jor	\$330.00	1.0000	\$330.00
Peón	jor	\$180.00	1.0000	\$180.00
Cabo	jor	\$345.00	0.1000	\$34.50
Maestro	jor	\$400.00	0.0700	\$28.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$572.50</b>

**Anexo 7. 2.** Análisis desglosado de las cuadrillas

BASICO			RENDIMIENTO	
FABRICACION DE CONCRETO F'c=150 Kg/cm3, AGREGADO 3/4", CON REVENIMIENTO 8 A 10, HECHO EN OBRA			1.5 m3/jor	
			m3=	\$1,535.69
CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE
Cemento gris	Ton	\$2,700.00	0.3327	\$898.29
Grava	m3	\$180.00	0.7236	\$130.25
Arena	m3	\$180.00	0.5184	\$93.31
Agua	m3	\$20.00	0.2730	\$5.46
Of. Albañil +1 Peon	Jor	\$572.50	0.6667	\$381.67
Herramienta	% M.O.	\$381.67	0.0300	\$11.45
Seguridad	% M.O.	\$381.67	0.0400	\$15.27
			<b>TOTAL m3</b>	<b>\$1,535.69</b>

**Anexo 7. 3.** Análisis desglosado de básicos

PARTESOL DE 8 CM. A BASE DE PANEL COVINTEC, ANCLADO A MURO CON ENJARRE DE MORTERO.			RENDIMIENTO	
			1.5 pza/jor	
			1pza=	\$521.46
CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE
PANEL "W" PS DE 3" DE 1.22x2.44	pza	\$420.00	0.18	\$73.92
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	kg	\$13.50	0.85	\$11.50
ALAMBRE RECOCIDO	kg	\$18.00	0.10	\$1.80
CUADRILLA No 1 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	jor	\$572.50	0.67	\$381.67
HERRAMIENTA MENOR	%	\$381.67	0.03	\$11.45
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	m3	\$1,000.00	0.01	\$10.50
CONCRETO Fc=150 Kg/cm3	m3	\$1,535.69	0.01	\$15.36
Seguridad	% M.O.	\$381.67	0.04	\$15.27
			<b>TOTAL</b>	<b>\$521.46</b>

VOLADO DE 8 CM. A BASE DE PANEL COVINTEC, ANCLADO A MURO CON ENJARRE DE MORTERO.			RENDIMIENTO	
			1.5 pza/jor	
			1pza=	\$519.55
CONCEPTO	UNIDAD	COSTO	CANTIDAD	IMPORTE
PANEL "W" PS DE 3" DE 1.22x2.44	pza	\$430.00	0.17	\$71.81
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	kg	\$13.50	0.85	\$11.50
ALAMBRE RECOCIDO	kg	\$20.00	0.10	\$2.00
CUADRILLA No 1 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	jor	\$572.50	0.67	\$381.67
HERRAMIENTA MENOR	%	\$381.67	0.03	\$11.45
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	m3	\$1,000.00	0.01	\$10.50
CONCRETO Fc=150 Kg/cm3	m3	\$1,535.69	0.01	\$15.36
Seguridad	% M.O.	\$381.67	0.04	\$15.27
			<b>TOTAL</b>	<b>\$519.55</b>

**Anexo 7. 4.** Análisis unitario de los elementos de protección solar

APLICACIÓN DE POLIURETANO ESPREADO EN LOSA, INCLUYE ENTORTADO EXTERIOR DE MORTERO DE 2.5 cm PARA PROTECCIÓN MECÁNICA Y RECUBRIMIENTO BLANCO			<b>RENDIMIENTO</b> 40 m2/jor	
			<b>1m2=</b>	<b>\$140.31</b>
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>IMPORTE</b>
POLIURETANO ESPREADO (APLICACIÓN)	m2	\$75.00	1.00	\$75.00
RECUBRIMIENTO BLANCO (APLICACIÓN)	m2	\$25.00	1.00	\$25.00
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	m3	\$1,000.00	0.03	\$25.00
CUADRILLA No 1 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	jor	\$572.50	0.03	\$14.31
HERRAMIENTA MENOR	%	\$14.31	0.03	\$0.43
Seguridad	% M.O.	\$14.31	0.04	\$0.57
			<b>TOTAL</b>	<b>\$140.31</b>

**Anexo 7. 5.** Análisis unitario de la aplicación de poliuretano en losa

APLICACIÓN DE POLIURETANO ESPREADO EN MURO, INCLUYE RECUBRIMIENTO BLANCO			<b>RENDIMIENTO</b> 20 m2/jor	
			<b>1m2=</b>	<b>\$145.63</b>
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>IMPORTE</b>
POLIURETANO ESPREADO (APLICACIÓN)	m2	\$75.00	1.00	\$75.00
RECUBRIMIENTO BLANCO (APLICACIÓN)	m2	\$25.00	1.00	\$25.00
MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	m3	\$1,000.00	0.02	\$15.00
CUADRILLA No 1 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	jor	\$572.50	0.05	\$28.63
HERRAMIENTA MENOR	%	\$28.63	0.03	\$0.86
Seguridad	% M.O.	\$28.63	0.04	\$1.15
			<b>TOTAL</b>	<b>\$145.63</b>

**Anexo 7. 6.** Análisis unitario de la aplicación de poliuretano en muro

APLICACIÓN DE PINTURA VINILICA EN MUROS			<b>RENDIMIENTO</b> 65 m2/jor	
			<b>1m2=</b>	<b>\$16.12</b>
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>IMPORTE</b>
PINTURA VIN. PRO-1000 PLUS 300, BCO.	lt	\$26.00	0.20	\$5.20
SELLADOR VINILICO 5x1 CLASICO	lt.	\$10.00	0.10	\$1.00
CUADRILLA No 2 (1 PINTOR + AYUDANTE)	jor	\$572.50	0.02	\$8.81
HERRAMIENTA MENOR	%	\$8.81	0.03	\$0.26
ESCALERA	%	\$10.00	0.05	\$0.50
Seguridad	% M.O.	\$8.81	0.04	\$0.35
			<b>TOTAL</b>	<b>\$16.12</b>

**Anexo 7. 7.** Análisis unitario de la aplicación de pintura blanca en muros exteriores

## **CURRICULUM VITAE**

### **Alma Florencia García Sotelo**

Nació el 11 de abril de 1983 en Los Mochis Sinaloa, México. Es Arquitecta egresada por el Instituto Tecnológico de Los Mochis (ITLM) 2001-2006. Desde el 2007 radica en la Cd. de México, donde realizó una especialidad en Costos de la Construcción por la UNAM-FES Acatlán 2007-2008. Obtuvo título de Especialista en Arquitectura Bioclimática en 2009 por la Unidad de Posgrado de CyAD de la UAM Azcapotzalco donde actualmente estudia la Maestría en Diseño (línea Arquitectura Bioclimática).

Publicó para la Semana de Energía Solar: “Propuesta de Vivienda Económica de Bajo Consumo de Energía en Hermosillo, Sonora. Estudio de caso: vivienda económica en Hermosillo (análisis de sitio y presentación de la vivienda real)” (2010); y Análisis de Vivienda Económica de Bajo Consumo de Energía (2010).

Ha colaborando en proyectos académicos a nivel prototipo, en donde se emplearon herramientas de desempeño bioclimático. Actualmente es miembro de CABAAC (Colegio de Arquitectura Bioclimática Aplicada, A.C.) con el propósito de fomentar los beneficios que tienen las alternativas sustentables al aplicarse en los proyectos y las edificaciones.