

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



PROPUESTA DE ADECUACIÓN BIOCLIMÁTICA SUSTENTABLE PARA LOGRAR EL CONFORT TÉRMICO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE INTERÉS SOCIAL EN TEPIC, NAYARIT

Trabajo recepcional que para obtener el grado de
MAESTRA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: Arq. Ana Laura Herrera López

Tutor: Francisco Álvarez Partida

Tlaquepaque, Jalisco. Mayo de 2016.

RESUMEN

El presente Trabajo de Obtención de Grado en la modalidad de proyecto profesionalizante de desarrollo e innovación, se desarrolla en la maestría de Proyectos y Edificación Sustentables en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO).
Titulado: Propuesta de adecuación bioclimática sustentable para lograr el confort térmico en viviendas unifamiliares de interés social en Tepic, Nayarit. Tiene como objetivo mejorar las condiciones de confort térmico en viviendas de interés social ya construidas, ya que su inadecuada climatización genera incomodidad térmica a sus usuarios, mayor gasto energético y mayor producción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, se pretende analizar, diagnosticar y evaluar las condiciones térmicas de las viviendas mediante monitoreo de temperatura y análisis del clima. Con base al diagnóstico, se proponen diferentes alternativas de adecuación bioclimática, las cuales serán evaluadas mediante la NOM-020-ENER-2011 y herramienta Ecotect Analysis.

PALABRAS CLAVE

- ✓ Sustentabilidad
- ✓ Adecuación bioclimática
- ✓ Confort térmico.
- ✓ Viviendas unifamiliares de interés social

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA	1
1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE DESARROLLO E INOVACIÓN	1
Caracterización del proyecto	2
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN-PROBLEMA	2
Dimensión cuantitativa y significación cualitativa	3
1.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO QUE SE DESARROLLA	4
2. MARCO CONCEPTUAL Y MARCO CONTEXTUAL	6
2.1 ANTECEDENTES EMPÍRICOS DEL TEMA	6
2.2 REFERENCIAS CONCEPTUALES DEL TEMA	18
2.2.1 Objetivo de estudio conceptual y empírico	20
3. DISEÑO METODOLÓGICO	23
3.1 PREGUNTAS GENERADORAS	23
3.2 HIPÓTESIS	23
3.3 OBJETIVOS	24
3.4 POSTURA EPISTÉMICA	25
3.5 ELECCIÓN METODOLÓGICA	25
3.6 SELECCIÓN DE TÉCNICAS Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS	27
3.6.1 Revisión Documental (Archivística)	27
3.6.2 Observación directa	28
3.6.3 Entrevista.....	28
3.6.4 Encuesta o cuestionario.....	29
3.6.5 Dinámica Participativa.....	30



4. ANÁLISIS, DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS	31
4.1 SÍNTESIS INTERPRETATIVA DE LOS DATOS ANALIZADOS	31
4.1.1 Análisis del sitio y del entorno.....	31
4.1.1.1 Localización geográfica	31
4.1.1.2 Medio natural.....	32
4.1.1.3 Medio artificial	34
4.1.1.4 El medio socio-cultural.....	34
4.1.2 Climatología de la ciudad de Tepic	36
4.1.2.1 Meso clima	36
4.1.2.2 Agrupación bioclimática.....	37
4.1.2.3 Registros climáticos.....	37
4.1.2.4 Síntesis climática	51
4.1.2.5 Análisis geometría solar	58
4.1.3 Análisis bioclimático	59
4.1.3.1 Análisis bioclimático mensual y anual.....	59
4.1.3.2 Requerimientos de climatización mensual.....	76
4.1.3.3 Requerimientos de climatización anual.....	80
4.1.3.4 Estrategias de climatización	82
4.1.3.5 Especificaciones de diseño para Bioclima templado-húmedo..	85
4.1.4 Análisis del usuario.....	88
4.1.4.1 Bienestar y confort.....	88
4.1.5 Estado actual del edificio	92
4.1.5.1 Características del fraccionamiento Valle del Country	92
4.1.5.2 Características de las viviendas	93
▪ Ubicación de las viviendas.....	93
▪ Distribución de la vivienda	94
▪ Estado de conservación de la vivienda	97
▪ Materiales y sistemas constructivos.....	98
4.1.5.3 Comportamiento térmico de la vivienda.....	98
▪ Monitoreo de viviendas	98
▪ Análisis de Asoleamiento	103
▪ Análisis de Ventilación	112
▪ Comportamiento térmico del envoltente	116

4.1.6	Diagnóstico del estado actual.....	129
4.2	DISEÑO APLICATIVO DE LA SOLUCIÓN	131
4.2.1	Proyecto de adecuación bioclimática	131
4.2.1.1	Protección solar.....	136
4.2.1.2	Ventilación.....	139
4.2.1.3	Comportamiento térmico de la envolvente.....	144
4.3	FACTIBILIDAD Y VALIDACIÓN	158
4.3.1	Evaluación sustentable.....	158
4.3.1.1	Diseño Metodológico	158
4.3.2	Escenarios.....	180
4.3.2.1	Comportamiento térmico de la envolvente.....	180
4.4	CRITERIOS DE REPLICABILIDAD	185
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	187

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1.	Objeto de estudio.....	20
Figura 2.	Servicios básicos en zona de estudio	34
Figura 3.	Grado promedio de escolaridad población mayor a 15 años.....	35
Figura 4.	Agrupación Bioclimática.....	37
Figura 5.	Geometría solar de la ciudad de Tepic.....	58
Figura 6.	Espacios de la vivienda con mayores problemas de confort térmico.....	89
Figura 7.	Espacios de la vivienda con mayores problemas ventilación natural.....	90
Figura 8.	Planta arquitectónica de vivienda.....	95
Figura 9.	Fachada noroeste	96
Figura 10.	Fachada sureste	96
Figura 11.	Corte longitudinal A´-A.....	96



Figura 12. Corte longitudinal B'-B.....	97
Figura 13.Ubicación de instrumentos de obtención de datos climáticos	99
Figura 14.Ubicación de ventanas en vivienda	106
Figura 15.Análisis de ventilación. (Isométrico)	111
Figura 16.Análisis de ventilación. (puertas cerradas)	113
Figura 17.Análisis de ventilación. (puertas abiertas)	113
Figura 18.Análisis de ventilación con flechas. (puertas cerradas)	114
Figura 19.Análisis de ventilación con flechas. (puertas abiertas)	114
Figura 20.Referencia de vanos y orientación para fines prácticos de la Norma	117
Figura 21.Análisis de protección solar (Propuesta 1)	132
Figura 22. Gráficas solares con propuesta 1	133
Figura 23.Análisis de protección solar (Propuesta 2)	135
Figura 24.Gráficas solares con propuesta 2.....	136
Figura 25.Análisis de protección solar (Propuesta 3)	137
Figura 26.Gráficas solares con propuesta 3.....	138
Figura 27.Funcionamiento efecto chimenea (corte)	140
Figura 28.Factibilidad del efecto chimenea (corte)	141
Figura 29.Detalle constructivo (chimenea)	141
Figura 30.Análisis de ventilación con Efecto chimenea (Recamara 1)	141
Figura 31.Funcionamiento torre de viento (corte).....	142
Figura 32.Factibilidad del torre de viento (corte)	143
Figura 33.Detalle constructivo (torre de viento)	143
Figura 34.Análisis de ventilación con torre de viento (Recamara 2)	143
Figura 35.Detalle de losa con propuesta de impermeabilizante (Corte)	146
Figura 36.Detalle de losa con aislante de corcho al exterior (Corte)	148
Figura 37.Detalle de losa con aislante de corcho al interior (Corte)	148
Figura 38.Detalle de losa con aislante de celulosa (Corte)	150

Figura 39.Detalle de losa con aislante de lana (Corte)	151
Figura 40.Detalle de losa con aislante de lino (Corte)	152
Figura 41.Detalle de losa con aislante de lana mineral (Corte)	153
Figura 42.Detalle de losa con aislante de poliestireno al exterior (Corte)	154
Figura 43.Detalle de losa con aislante de poliestireno al interior (Corte)	155
Figura 44.Propuestas por etapas	156
Figura 45.Metodología de Análisis Multicriterial Participativo	158
Figura 46.Escenarios	180

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.Ubicación geográfica.....	31
Mapa 2. Mapa Topográfico	32
Mapa 3.Medio natural del fraccionamiento Valle del Country.....	33
Mapa 4.Clasificación climática de la cd. de Tepic	44
Mapa 5.Ubicación de viviendas en el fraccionamiento Valle del Country	93

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Temperatura de bulbo seco	38
Gráfica 2.Oscilación térmica	39
Gráfica 3.Humedad relativa	40
Gráfica 4.Precipitación y evaporación	41
Gráfica 5.Radiación solar.....	42
Gráfica 6. Insolación	43
Gráfica 7.Días grado.....	45
Gráfica 8.Velocidad del viento mensual	46
Gráfica 9.Dirección del viento en los meses de enero-junio	48
Gráfica 10.Dirección del viento en los meses de julio-diciembre.....	50
Gráfica 11.Temperatura horaria mensual en gráfica solar (enero-junio).....	52



Gráfica 12. Temperatura horaria mensual en gráfica solar (julio-diciembre)	53
Gráfica 13. Humedad relativa mensual en gráfica solar (julio-diciembre)	56
Gráfica 14. Humedad relativa mensual en gráfica solar (julio-diciembre)	57
Gráfica 15. Triángulo de confort mensual	60
Gráfica 16. Estrategias bioclimáticas mensual	61
Gráfica 17. Datos anuales del índice ombrotérmico	63
Gráfica 18. Carta bioclimática de la Cd. De Tepic, Nayarit.	66
Gráfica 19. Requerimientos de Estrategias en porcentaje. Carta bioclimática	68
Gráfica 20. Diagrama Psicrométrico de la Cd. De Tepic	70
Gráfica 21. Requerimientos de estrategias en porcentaje. Diagrama Psicrométrico .	74
Gráfica 22. Confort térmico pronosticado por Fanger	75
Gráfica 23. Hora del día donde se presentan mayores problemas de altas temperaturas en la vivienda	88
24. Espacios de la vivienda donde se presentan mayores problemas de altas temperaturas en la vivienda	89
Gráfica 25. Espacios de la vivienda donde se presentan mayores problemas de bajas temperaturas en la vivienda	89
Gráfica 26. Espacios de la vivienda con mayores problemas de ventilación natural	90
Gráfica 27. Motivación por la cual los usuarios modificarían su vivienda	91
Gráfica 28. Registro de temperatura bulbo seco en vivienda 1.	100
Gráfica 29. Registro de humedad relativa en vivienda 1.	100
Gráfica 30. Registro de temperatura bulbo seco en vivienda 2.	101
Gráfica 31. Registro de humedad relativa en vivienda 2.	101
Gráfica 32. Gráfica solar con requerimientos de climatización (enero-junio)	104
Gráfica 33. Gráfica solar con requerimientos de climatización (julio-diciembre)	104
Gráfica 34. Gráfica solar con requerimientos de climatización anual	104
Gráfica 35. Líneas de azimut solar	105
Gráfica 36. Líneas de altura solar	105

Gráfica 37.Mascarilla de sombras estereográfica	105
Gráfica 38.Ventana 1. (V-1) Orientación noroeste	107
Gráfica 39.Ventana 2. (V-2) Orientación noroeste	108
Gráfica 40.Ventana 3. (V-3) Orientación sureste	109
Gráfica 41.Ventana 4. (V-4) Orientación sureste	110
Gráfica 42.Criterios Ambientales	176
Gráfica 43.Criterios Sociales	177
Gráfica 44.Criterios Económico	178
Gráfica 45.Evaluación sustentable de sistemas aislantes	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Temperatura de bulbo seco	38
Tabla 2.Humedad relativa	40
Tabla 3.Precipitación	41
Tabla 4.Radiación solar	42
Tabla 5.Viento.....	46
Tabla 6.Temperatura horaria mensual de la cd. de Tepic	51
Tabla 7. Humedad relativa mensual de la cd. de Tepic	55
Tabla 8. Análisis solar (Día 21/ 12:00)	58
Tabla 9. Parámetros, estrés térmico e indicadores de Mahoney	64
Tabla 10. Recomendaciones de Mahoney	65
Tabla 11. Estrategias de diseño. Carta bioclimática	68
Tabla 12. Estrategias de diseño. Carta bioclimática según Olgyay	69
Tabla 13. Estrategias de diseño. Diagrama psicrométrico	73
Tabla 14. Ciclos estacionales	81
Tabla 15. Matriz de climatización	84
Tabla 16. Especificaciones de diseño para Bioclima templado - húmedo	85
Tabla 17. Velocidad del viento	115



Tabla 18. Resumen de cálculo (Propuesta protección solar 1)	144
Tabla 19. Resumen de cálculo (Propuesta protección solar 2)	145
Tabla 20. Resumen de cálculo (Propuesta impermeabilizante)	147
Tabla 21. Resumen de cálculo (Propuesta corcho al exterior)	148
Tabla 22. Resumen de cálculo (Propuesta corcho al interior)	149
Tabla 23. Resumen de cálculo (Propuesta celulosa)	150
Tabla 24. Resumen de cálculo (Propuesta lana de oveja)	151
Tabla 25. Resumen de cálculo (Propuesta lino)	152
Tabla 26. Resumen de cálculo (Propuesta lana mineral)	153
Tabla 27. Resumen de cálculo (Propuesta poliestireno al exterior)	155
Tabla 28. Resumen de cálculo (Propuesta poliestireno al interior)	155
Tabla 29. Resumen de factibilidad de propuestas	157
Tabla 30. Sistemas constructivos y cumplimiento de leyes y normas	161
Tabla 31. Sistemas constructivos y cumplimiento de leyes y normas	162
Tabla 32. Lugar de origen (A1)	163
Tabla 33. Evaluación de procedencia de sistemas aislantes.....	164
Tabla 34. Evaluación de desempeño medioambiental (A2).....	164
Tabla 35. Evaluación de datos ecológicos (A3).....	165
Tabla 36. Evaluación de materiales de origen natural (A4)	165
Tabla 37. Ahorro energético y reducción de CO ₂ (A4).....	166
Tabla 38. Reducción de CO ₂ mediante el ahorro energético (A5).....	166
Tabla 39. Evaluación de ahorro energético (S1)	167
Tabla 40. Evaluación de ahorro energético y económico (S2)	167
Tabla 41. Evaluación de ahorro energético, reducción de emisiones CO ₂ y energía incorporada (S3)	168
Tabla 42. Evaluación de aspectos económicos, ambientales y sociales (S4).....	169
Tabla 43. Evaluación para reducir riesgos fisiológicos (S5)	170

Tabla 44. Evaluación de fuentes financieras (E1)	171
Tabla 45. Disponibilidad local de materiales y reducción de CO ₂ (E2)	171
Tabla 46. Evaluación de durabilidad de sistemas aislantes (E3)	172
Tabla 47. Tarifas de energía eléctrica (E4)	173
Tabla 48. Evaluación de ahorro energético, económico y reducción de emisiones (E4)	173
Tabla 49. Costo de material aislante (E5)	174
Tabla 50. Inversión de material aislante (E5)	174
Tabla 51. Técnica de Decisión Multicriterial Participativa	175
Tabla 52. Temperatura equivalente NOM-020-ENER-2011	181
Tabla 53. Resumen de cálculo (Propuesta de corcho)	181
Tabla 54. Resumen de cálculo (Propuesta de celulosa)	182
Tabla 55. Resumen de cálculo (Propuesta de lana de oveja)	182
Tabla 56. Resumen de cálculo (Propuesta de lino)	183
Tabla 57. Resumen de cálculo (Propuesta de lana mineral)	183
Tabla 58. Resumen de cálculo (Propuesta de poliestireno)	184
Tabla 59. Resumen de cálculo	184

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Falta de mantenimiento en áreas verdes	92
Fotografía 2. Calles y avenidas en mal estado	92
Fotografía 3. Estancamiento de agua en calles	92
Fotografía 4. Vivienda de interés social 1	94
Fotografía 5. Vivienda de interés social 2	94
Fotografía 6. Fachadas y áreas verdes en buen estado	97
Fotografía 7. Problema de humedad en techos y muros	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Guión de entrevistas	191
-------------------------------------	-----



Anexo 2. Guión de encuestas	192
Anexo 3. Resultados de encuestas	194

1. PLANTEAMIENTO DEL TEMA

1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INNOVACIÓN

La arquitectura tiene como función principal el proveer al ser humano refugio contra las inclemencias del clima y de esta manera proporcionarle seguridad y confort. Sin embargo, hoy en día se ha dejado de lado el bienestar de los usuarios y se ha centrado la atención en los aspectos funcionales, estéticos y económicos, olvidando la protección, el bienestar fisiológico y el confort. “La arquitectura bioclimática significará la consideración de los aspectos funcionales y técnicos que deben integrarse de manera armoniosa con los aspectos culturales, psicológicos para lograr el confort integral del ser humano que habita los espacios”. (Lacomba, R., 2009).

El presente trabajo de investigación está teóricamente relacionado con la sustentabilidad, partiendo principalmente del ámbito social y ambiental. En él se busca mejorar las condiciones de habitabilidad en viviendas de interés social ya construidas, mejorando el confort térmico por medio de estrategias bioclimáticas. A su vez, pretende disminuir el uso de sistemas de climatización artificial, los cuales consumen energía eléctrica y producen emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, el proyecto intenta brindar diferentes soluciones de bajo costo que sean capaces de adaptarse a las viviendas ya construidas y que permita mejorar las condiciones de confort térmico de manera sustentable.

El proceso general de la investigación es de la siguiente manera: Identificar como caso de estudio, viviendas de interés social del fraccionamiento Valle del Country en la Cd. de Tepic, Nayarit, las cuales tengan problemas de malestar térmico. Realizar monitoreo climático en las viviendas seleccionadas para conocer su comportamiento térmico. Efectuar un análisis bioclimático de la ciudad de Tepic. Considerar estrategias de diseño bioclimático que sean más viables para el proyecto y posteriormente realizar simulación de dichas estrategias para conocer su comportamiento en la vivienda. Por último, se eligen las mejores soluciones de adecuación bioclimática por medio de la técnica de decisión multicriterial. Una vez terminado el proyecto de investigación, se pretende realizar criterios de replicabilidad. De esta manera, se podrá replicar el proyecto en viviendas que cuenten con características similares, dando solución a un mayor número de hogares que presentan problemas de discomfort.

Caracterización del proyecto

La caracterización del proyecto determina alcances y limitaciones de la investigación. La metodología empleada es mixta, ya que utiliza la metodología cuantitativa y cualitativa. La investigación se considera estudio micro, ya que se analizaron prototipos de viviendas de interés social. Esta se realizó en un periodo de tiempo sincrónico, ya que dichas viviendas se estudiarán en tiempo actual del 2014-2016. El grado de profundidad se determina por los alcances que se deseen realizar en el proyecto, por lo tanto, se desarrollará una investigación aplicada, llegando hasta la etapa de diseño de proyecto. El alcance de la investigación nomotético es aquella que se puede realizar o poner en práctica en otros escenarios diferentes al lugar en donde se realice el trabajo de investigación. Este proyecto pretende tener un alcance nomotético, ya que se desea replicar dicha metodología en viviendas de interés social que cumplan con las mismas características de la vivienda analizada en este proyecto. El trabajo de investigación se considera multidisciplinario, ya que intervienen varias disciplinas para su realización, partiendo de la sustentabilidad, arquitectura, ciencias sociales, economía y temas ambientales.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN-PROBLEMA

De acuerdo con el Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2010, en los últimos 10 años, México ha presentado un incremento aproximado del 20% en desarrollos habitacionales. Esto nos indica que en el país se construyeron 5'890,457 viviendas nuevas, dando un total aproximado de 28'159,373 viviendas existentes en todo el país. (INEGI, 2010). Como se puede percibir, la vivienda en México juega un papel importante en el ámbito ambiental, social y económico; ya que toda vivienda debe crear condiciones que eleven la calidad de vida de sus habitantes, ayuden a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero y de la misma manera contribuyan a combatir el cambio climático.

En la actualidad los desarrolladores inmobiliarios de interés social, medio o alto, muestran un total desconocimiento del medio ambiente que los rodea. Por consecuencia, la mayoría ignora la importancia que tiene el diseño urbano y arquitectónico para crear condiciones de confort para la vida futura del comprador, y cómo una buena o mala solución de diseño puede implicar ahorros o sobre costos, respectivamente en la operación futura de la vivienda. (Bazant, J., 2012).

Las viviendas de interés social, tienen un lugar relevante en el desarrollo del país, sin embargo, muchas de estas viviendas presentan problemas de discomfort térmico, debido a la nula consideración de las condiciones climáticas del sitio y a la mala planeación de los desarrollos habitacionales. Esto a su vez provoca la disminución significativa de la calidad de vida de los usuarios al crearse condiciones no aptas, las cuales podrían causar riesgos a la salud de los habitantes. Así mismo, en dichas viviendas se aumenta el uso de la energía eléctrica para mejorar las condiciones climáticas utilizando sistemas eléctricos de enfriamiento o calentamiento, y con ello se aumenta la producción de emisiones de gas de efecto invernadero en el país.

La ciudad de Tepic Nayarit no es la excepción a este problema, por ello, este proyecto de investigación pretende mejorar las condiciones climáticas en viviendas de interés social ya construidas. Esto se podrá lograr mediante la implementación de estrategias bioclimáticas de bajo costo, permitiendo mejorar el confort térmico; reducir el uso de energía eléctrica; disminuir el gasto familiar; reducir la generación de emisiones de gases de efecto invernadero; ayudar a combatir el cambio climático y crear conciencia en la población sobre el cuidado al medio ambiente.

Para fines prácticos del proyecto, se analizó cómo caso de estudio las viviendas de interés social ya construidas del fraccionamiento Valle del Country, en la ciudad de Tepic Nayarit, ya que dichas viviendas presentan problemas de discomfort térmico.

Dimensión cuantitativa- Significación cualitativa

El proyecto de investigación comprende una dimensión cuantitativa. Esta dimensión analiza datos matemáticos, físicos y naturales, los cuales no se pueden modificar, solo se toman en cuenta para el proyecto de investigación como: datos climáticos de la zona de estudio; análisis de la geometría solar; gráficas relacionadas al monitoreo de temperaturas; datos relacionados a encuestas. De igual manera, el trabajo de investigación posee una significación cualitativa. Esta dimensión pretende analizar el comportamiento de los usuarios, conocer su opinión, intereses, problemas y necesidades, para posteriormente interpretarlas. De esta manera, se podrán brindar soluciones que se ajusten a las necesidades de los usuarios. La significación cualitativa es complemento de la dimensión cuantitativa ya que ambas son imprescindibles para el proceso de investigación.

1.3 IMPORTANCIA DEL PROYECTO QUE SE DESARROLLA

Todo proyecto arquitectónico debe de tener un enfoque sustentable, y de esta manera generar beneficios tanto económicos, sociales y ambientales a los usuarios.

La sustentabilidad busca reducir el deterioro ambiental que causa el desarrollo del país y salvaguardar los recursos naturales para generaciones futuras, entonces la forma más eficaz y económica de instrumentos a corto plazo es...reduciendo el consumo de energía por vivienda...alternativas de soluciones arquitectónicas que están orientadas hacia la sustentabilidad, como los criterios bioclimáticos. (Bazant, J., 2012).

Justificación social: La elaboración de este trabajo de investigación, pretende ser un proyecto de carácter sustentable, capaz de desarrollar estrategias bioclimáticas que resuelvan problemas de discomfort térmico en viviendas unifamiliares de interés social ya construidas del fraccionamiento Valle del Country. (Caso de estudio). De esta manera, mejorar la calidad de vida de los usuarios; disminuir el uso de energía eléctrica; reducir la producción de gases de efecto invernadero; ayudar a combatir el cambio climático; y crear conciencia en la población sobre el cuidado al medio ambiente.

Con la implantación de este proyecto se podrán beneficiar 1,362 habitantes del fraccionamiento Valle del Country con un total de 543 viviendas de interés social. Además, en la ciudad de Tepic se identificaron cinco conjuntos habitacionales con viviendas de interés social muy similares a las del caso de estudio. Por lo tanto, al replicar este trabajo de investigación se podrán mejorar 4578 viviendas en toda la ciudad.

Justificación de campo profesional: “La preocupación por el medio ambiente se ha ido desarrollando a lo largo del tiempo, y la profesión de la arquitectura tiene una amplia competencia en materia de sustentabilidad”. (Ruano, 2010: 9). Este trabajo de investigación pretende combinar la arquitectura con la sustentabilidad, buscando resolver problemas sociales, económicos y ambientales. Así mismo, generar conocimiento sobre los problemas de discomfort térmico en viviendas de interés social ya construidas en la ciudad de Tepic, Nayarit. Además, aportar diferentes soluciones sustentable basados en estrategias de diseño bioclimático, que posteriormente se puedan replicar en viviendas de interés social similares mediante criterios de replicabilidad.

En la actualidad se necesita forjar profesionistas con una ideología de carácter sustentable. La ciudadanía reclama especialistas en éste tema, que sean capaces de resolver problemas de manera sostenible.

Justificación institucional: La investigación se encuentra respaldada por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), ya que busca la incorporación activa de maestrantes que desempeñen investigación referente a la sustentabilidad, aporten nuevo conocimiento dentro del campus y forjen dentro de la comunidad estudiantil valores relacionados a esta temática.

Justificación personal: La realización de este trabajo de investigación, me permitió obtener conocimientos relacionados a la sustentabilidad y a la arquitectura bioclimática aplicada en viviendas. Temas de gran interés que me ayudarán a ser más competitiva en el ámbito profesional. El trabajo de investigación permitió la aplicación de dichos conocimientos en un contexto real, desarrollando ideas que se puedan desarrollar en trabajos futuros. Por lo antes mencionado creo que la investigación se encuentra plenamente justificada.

2. MARCO CONTEXTUAL Y MARCO CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES EMPÍRICOS DEL TEMA

Para poder conocer referencias previas sobre el proyecto de investigación, es necesaria la recopilación de información sobre diferentes obras, proyectos y tesis que aborden estudios o intervenciones significativas para el trabajo. De esta manera, conocer diferentes libros y autores de gran relevancia para el tema de interés. Por ello, se decidió ordenar y clasificar la información por grado de importancia, y de esta manera dividirlo en cuatro categorías. 1) Importancia de la sustentabilidad en la arquitectura; 2) Aplicación de la arquitectura bioclimática en la vivienda; 3) Ahorro energético en viviendas; 4) Normatividad y aplicaciones. En las diferentes categorías se identifica información relevante en beneficio del proyecto.

1. Importancia de la sustentabilidad en la arquitectura

Esta categoría aborda el tema de la sustentabilidad aplicada a la arquitectura. En ella se presentan diferentes perspectivas, las cuales se pudieran aplicar para la solución de problemas de carácter social, económico y ambiental.

La sustentabilidad busca reducir el deterioro ambiental causado por el desarrollo, salvaguardar los recursos naturales para generaciones futuras y proyectar alternativas de solución arquitectónicas orientadas a la sustentabilidad. Así lo describe *Bazant, J. (2012)*. Además, presenta un enfoque en el cuidado al medio ambiente relacionado con las viviendas, dando criterios bioclimáticos de diseño arquitectónico. Así mismo, integra la vivienda con el contexto natural, para que esta sea más comfortable. También señala que, las bases de la sustentabilidad están relacionadas con el medio ambiente, haciendo hincapié en su importancia, siendo el desarrollo sustentable la integración de los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Ruano, M. (2010). Afirma que: “La preocupación por el medio ambiente se ha ido desarrollando a lo largo del tiempo, y la profesión de la arquitectura tiene una amplia competencia en materia de sustentabilidad”. (p.9). Este libro pretende ser una obra de referencia general para aquellos arquitectos que deseen proyectar y construir una arquitectura sostenible y ofrece recomendaciones en temas de consumo de agua, energía, materiales, calidad del aire, residuos, además, presenta estrategias que se deben abordar en los proyectos ecológicos.

Aguilar Dubose, C. & Delgado Castillo, C. (2012). Nos habla sobre temas que convergen en la sostenibilidad de los edificios, algunos procesos de diseño en donde se integra el sitio, el agua, la energía, la bioclimática, el confort, los materiales, los sistemas constructivos alternos, entre otros.

“La arquitectura sostenible debe sintonizar con el lugar, en un proceso de sincretismo ambiental, aprovechando sus recursos humanos, su clima, su cultura, los materiales accesibles y sus recursos naturales renovables”. (*Stagno, B.*, 2012:37).

En este mismo libro *Ordoñez Cervantes, J.* Nos comparte que “La construcción sostenible debe ser integradora de la sociedad y proponer estándares éticos muy altos a seguir. Es decir, debe generar responsabilidad social...y cuidado por su entorno en un orden en equilibrio con el medio ambiente”.

“La sostenibilidad implica necesariamente un cambio de pensamiento y actitud frente al medio ambiente...el arquitecto debe ser promotor de este nuevo cambio hacia la sostenibilidad de la arquitectura”. (Fuentes Freixanet, V., 2012:102). Además, señala que la arquitectura bioclimática es una alternativa para solucionar los problemas ambientales de las edificaciones a través de un diseño lógico que aprovecha al máximo los factores naturales, todos ellos en función de las necesidades y requerimientos de confort de los usuarios.

Los problemas del cambio climático se dejan ver en todo el mundo, los cuales son causados por el hombre, así lo dice González Díaz, M. (2004), el cual nos muestra posibles soluciones para combatir tales daños a través de los diferentes tipos de energía, conocer los beneficios de las energías renovables y las consecuencias de las energías a base de hidrocarburos.

Neale, J. (2006). Desarrolla posibles soluciones reales para detener catástrofes producidas por el cambio climático. Nos explica el por qué no se han hecho notar tales soluciones y lo que podría pasar de no combatir tal situación. Al mismo tiempo nos expone lo que podemos hacer en la actualidad para mitigar tal daño; el autor apuesta por la generación de energías limpias (solar, eólicas, energía solar concentrada) implementadas en edificaciones, transporte e industria de manera masiva y real.

2. Bioclimática en la vivienda

Esta categoría aborda el tema de la bioclimática en las viviendas. Identifica estrategias de diseño que permitan resultados satisfactorios para incrementar el confort dentro de las viviendas, tomando en cuenta el entorno natural.

Lacomba, R. (2009). Explica algunas pautas y estrategias para el diseño bioclimático y la utilización de energías no convencionales en proyectos ya construidos en diversas regiones de México. Aporta teorías que permiten elaborar modelos mejor adaptados a las condiciones del medio ambiente. Así mismo desarrolla tres líneas de contribución para el diseño bioclimático: 1) Sistemas pasivos; 2) Ahorro y uso eficiente de energía en los edificios; 3) Arquitectura sustentable. “la arquitectura bioclimática significará la consideración de los aspectos funcionales y técnicos que deben integrarse de manera armoniosa con los aspectos culturales, psicológicos para lograr el confort integral del ser humano que habita los espacios”. (Lacomba, R. 2009).

Fuentes Freixanet, V. (2004). Elaboró una metodología para el diseño bioclimático, de esta manera se busca dar solución a problemas de confort térmico. Para ello, es esencial el análisis de variables climáticas, ambientales, sociales y requerimientos de confort.

La metodología de arquitectura bioclimática de Fuentes Freixanet, V., (2004) se lleva a cabo en el laboratorio de arquitectura bioclimática de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Consta de 6 ejes principales:

- 1.- Objetivo
- 2.- Análisis de sitio y del entorno
- 3.-El usuario.
- 4.-Definición de estrategias de diseño
- 5.-Anteproyecto
- 6.-Evaluación del anteproyecto

Analizando la información antes obtenida se definen la estrategias y los conceptos de diseño bioclimático, se hacen el anteproyecto y por último se realiza la evaluación del anteproyecto. Esta metodología se tomará como base para el proyecto de investigación.

Olgay, V. (1998). Nos muestra cómo diseñar una vivienda climáticamente equilibrada, utilizando un método basado en cuatro etapas. La primera etapa consiste en el análisis de

los elementos climáticos del lugar como: temperatura, humedad relativa, radiación solar y efectos de invierno. Cabe resaltar que los resultados dependen del lugar y la problemática. En la segunda etapa se evalúan las incidencias del clima en términos fisiológicos, es decir, se evalúan las sensaciones humanas. La tercera etapa consiste en evaluar y analizar las soluciones tecnológicas adecuadas para cada problema de confort climático. Esto se realiza mediante métodos de cálculo, aquí se determina la elección del lugar, la orientación, los cálculos de la sombra, determinar la forma del edificio, estudia los movimientos del aire y la temperatura interior. Por último, en la cuarta etapa se evalúan y combinan dichas soluciones en la obra arquitectónica.

Esta metodología es muy apropiada para tomar como referencia en el proyecto de investigación, ya que se analiza el entorno físico, el bienestar del hombre y sus necesidades y se determinan las estrategias de diseño para la solución de dichos problemas.

La arquitectura bioclimática, se torna una solución constante para el aprovechamiento de los recursos naturales, el ahorro energético y el cuidado al medio ambiente. Sugiere estrategias de diseño, iluminación, acondicionamiento y climatización, además, toma en cuenta los aspectos del microclima, vegetación, orientación, soleamiento y las características externas de la forma. Todos estos son criterios que apoyan el estudio bioclimático de un edificio, así lo menciona González Díaz, M. (2004). Para él es prioridad el uso de energías renovables como la energía solar, ya que dice que: “El uso de la energía solar pasiva ha formado parte de la arquitectura popular...las energías renovables deben ocupar un lugar predominante en la solución de las necesidades del edificio...particularmente la energía solar”. (González Díaz, M. 2004).

Existen diferentes criterios bioclimáticos basados en el confort térmico de los habitantes, dependiendo de la zona climática en México. Así lo menciona, Bazant, J. (2012). Ya que al conocer específicamente el clima en donde se desea realizar un proyecto, se podrán evaluar aspectos bioclimáticos como la orientación, proporción de lote, sembrado de vivienda, forma de la vivienda, vientos etc..., generando beneficios económicos, eficiencia energética, confort en los usuarios y minimizando la degradación ambiental. Los criterios bioclimáticos tiene dos propósitos fundamentales: 1) Hacer más comfortable el ambiente

interior y exterior para los habitantes; 2) Reducir en lo posible el consumo de energía eléctrica de las viviendas.

Los edificios con más elementos naturales y menos artificiales son mejores. En general, los espacios con luz natural son más agradables que los que dispone de luz artificial; la ventilación natural, cuando se dispone de aire puro y un entorno exterior sin ruidos, es más recomendable que la mecánica”. Ruano, M. (2010).

También menciona que: “en un edificio ecológico el proyectista debería considerar, además del confort y la salud de los ocupantes, el efecto del edificio en el medio ambiente global y local”. (Ruano, M. 2010).

Aguilar Dubose, C. & Delgado Castillo, C. (2012). Mencionan diversos temas relacionados con la bioclimática, partiendo de lo general a lo particular, además de abordar estrategias de diseño para la construcción sostenible. En este mismo libro *Stagno B, (2012)*, menciona que, la arquitectura bioclimática es el camino idóneo hacia la sustentabilidad, ya que utiliza energías pasivas como el viento, la luz (sombra en el trópico), la lluvia y la vegetación. Recursos indispensables para insertar el proyecto en el entorno. Así mismo, dice que:

La arquitectura deberá ser proyectada para ser copiada una y otra vez, y replicada por las mayorías. Solo así se dejará sentir su impacto positivo en el planeta, la replicabilidad de las soluciones bioclimáticas, por su potencial de repetición, se convierte entonces en una condición de esta arquitectura sostenible. *Stagno B, (2012)*.

El término de bioclimático surge como el adjetivo calificativo que trata de agrupar aquella arquitectura que aprovecha todos los factores climáticos y ambientales del sitio con el fin de lograr condiciones de bienestar y comodidad para los usuarios, que hacen uso eficiente de la energía y los recursos naturales y que impacten lo menos posible al entorno o el ecosistemas en que se ubiquen. (Fuentes Freixanet, V. 2012).

La arquitectura bioclimática cuyo principal objetivo es el de armonizar los espacios y crear óptimas condiciones de comodidad y bienestar para sus ocupantes, crear espacios “habitables” que cumplan con una finalidad funcional y expresiva, y que sea física y psicológicamente adecuada; que proporcione un desarrollo integral del hombre y sus actividades. (Fuentes Freixanet, V. 2012).

3. Eficiencia energética en la vivienda

Esta categoría aborda la importancia de la eficiencia energética en las viviendas. En ella, se encuentran aportaciones significativas de autores especialistas en el tema. Se mencionan diferentes estrategias que logran mejorar la eficiencia energética, además de puntualizar los beneficios que resultan por tal acción. Este tema se relaciona mucho con el anterior, sin embargo, por su gran importancia se consideró una categoría propia.

Mediante el óptimo diseño térmico de los edificios, se logra la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo energético, además de aprovechar al máximo la iluminación natural en el día. Así lo menciona Lacomba, Ruth. (2009).

El consumo energético que se genera en las edificaciones a causa de la iluminación, climatización, mantenimiento y construcción, se puede minimizar utilizando estrategias para aprovechar al máximo la iluminación natural y la climatización mediante sistemas pasivos. Todo ello se tiene que resolver sin perder la comodidad, calidad del ambiente, bienestar y la salud dentro de las edificaciones. Así lo menciona *González Díaz, M.* (2004). Además, fomenta la reducción de emisiones de gas de efecto invernadero, CO₂ y el ahorro en el gasto energético de la vivienda, prioridades actuales en beneficio de los usuarios.

El objetivo principal de un proyecto sustentable, es minimizar la contaminación producida por el consumo de energía. *Ruano, M.* (2010). Dice que, se puede lograr aplicando diferentes estrategias como los principios pasivos, complementar con fuentes de energía convencionales o fuentes renovables y cuando sea muy necesario utilizar sistemas convencionales más eficientes y menos contaminantes. De esta manera, se reduce el consumo de combustibles fósiles, se minimiza el impacto ambiental y las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, menciona que el disminuir el gasto económico por

consumo de energía, ayuda a la economía familiar. Las estrategias de diseño tratarán de eliminar la necesidad de aire acondicionado, aprovechar al máximo la luz natural durante el día y crear condiciones de vida más agradables y saludables. “Los costes de inversión y funcionamiento de edificios refrigerados de forma natural, suelen ser más bajos, y siempre que se consigan mantener los niveles de confort, muchos ocupantes los prefieren”. (Ruano, M., 2010).

La arquitectura bioclimática resuelve los problemas energéticos de la vivienda, haciendo un uso eficiente de la energía y los recursos, tendiendo hacia la autosuficiencia de las edificaciones. Esto es afirmado por Fuentes Freixanet, V. (2012).

Morillón Gálvez, D. (2012). Nos dice que, la calidad del medio ambiente asociada al confort de los humanos y al desarrollo sostenible de los recursos naturales aplicados al edificio, supone la incorporación de nuevas exigencias. Así mismo, señala que se debe realizar un mayor esfuerzo en planificar el ahorro energético y de esta manera permitir la reducción de emisiones de gas de efecto invernadero. Por ello, es importante implementar estrategias que mejoren la eficiencia energética en edificios. Dichas estrategias pueden ser por medio del diseño bioclimático como la implementación de sistemas pasivos de climatización, iluminación natural, calentamiento de agua con energía solar, ahorro de energía mediante tecnologías eficientes. De igual manera Fuentes Freixanet, V. (2012), apoya la implementación del diseño bioclimático para minimizar los problemas energéticos en la vivienda.

El eficiente consumo de energía debe ser uno de los puntos de partida de cada diseño, buscando el ahorro de energía en los sistemas de acondicionamiento térmico, en la adecuada iluminación, en la acústica y en la búsqueda de la salud de sus ocupantes. (Bernal, F. & Ibarguengoitia, D., 2012:107).

Moreno Coronado, T. et al. (2012). Nos exterioriza los problemas ambientales que vive nuestro planeta a causa de la gran cantidad de energía que se consume en todo el mundo. Todos jugamos un papel importante a la hora de consumir energía, ya que el sector residencial es uno de los principales consumidores. Por ello, nos aporta múltiples consejos para disminuir el consumo eléctrico en las viviendas, cómo: reemplazar aparatos eléctricos antiguos por equipos recientes; fomentado la cultura en el uso de la energía;

utiliza aparatos que aprovechen los recursos naturales como calentadores o lámparas solares; fomentar las buenas prácticas en el uso de la energía. Es importante tener en cuenta que “La eficiencia energética es el camino más indicado para reducir las emisiones contaminantes de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, y por tanto, contribuir a detener el calentamiento global del planeta y el cambio climático”. (Moreno Coronado, T. et al., 2012).

Padilla Galicia, S. & Fuentes Freixanet, V., (2012). Nos dice que, en México falta implementar muchas normas y políticas que incentiven la eficiencia energética y castigue a aquellos que derrochen energía sin importar el costo. Esto permitirá reducir el consumo de energía en el país, ayudando a disminuir las emisiones de gas efecto invernadero. Además, nos muestran diferentes programas de eficiencia energética que se aplican en Alemania.

4. Normatividad y aplicaciones

Esta categoría presentan normativas actuales relacionadas al proyecto de investigación. Recaba propuestas y soluciones dadas por diferentes instituciones federales para darle solución a los problemas de confort y eficiencia energética en viviendas, buscando mejorar la calidad de vida de los usuarios y la mitigación de emisiones de gas de efecto invernadero. Además, se identifican proyectos similares al trabajo de investigación para conocer sus resultados y las metodologías aplicadas al proyecto.

Bazant, J. (2012). Señala que la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), ha promovido la realización de diversos criterios de diseño arquitectónico para viviendas, y de esta manera, promover la eficiencia de energía, agua y manejo adecuado de áreas verdes. El objetivo principal es que los desarrollos habitacionales sean capaces de lograr el ahorro de agua y energía. Por su parte el Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE). Analiza algunos prototipos para reducir sustancialmente el consumo eléctrico de una vivienda. Ya sea por utilizar aislamiento térmico, focos ahorradores, climatizadores eficientes y electrodomésticos nuevos. Ambas instituciones están orientadas hacia el mismo objetivo, sin embargo, aún no se han materializado en reglamentos que obliguen su ejecución.

Moreno Coronado, T. et al. (2012). Habla sobre, las Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética, emitidas por La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la

Energía (CONUEE). Estas normas son elaboradas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE). En conjunto con el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE). La calidad de los diversos productos que utilizan o proveen energía se regulan a través de las Normas Mexicanas. El principal objetivo es hacer cumplir estas normas y asegurar la salud y protección al medio ambiente en beneficio de los individuos. Además, de establecer equipos de eficiencia energética en el mercado, promoviendo la competencia en las empresas para que desarrollen productos con eficiencia energética.

Barrera Paredes, O. & Alonso Navarrete, A. (2013). Nos revelan distintos modelos de evaluación para la arquitectura sustentable, por ejemplo el sistema LEED, (Leadership in Energy & Environmental Design) dicho sistema proporciona herramientas necesarias para disminuir el impacto medioambiental en el funcionamiento de los edificios, ya sea en parcelas sostenibles, eficiencia en agua y energía, atmosfera, materiales etc... Y se pueden aplicar en diferentes tipos de edificaciones incluyendo la vivienda nueva o ya existente. Así también la Comisión Nacional de Vivienda CONAVI (2013) señala que, México tiene como principal objetivo integrar y desarrollar la vivienda sustentable y contribuir a reducir el impacto al medio ambiente con comunidades saludables y prósperas. Desarrolla criterios para evaluar desarrollos habitacionales sustentables a cargo de programas y políticas de viviendas sustentables que permitan mejorar la calidad de las viviendas y las familias, ofreciendo mayor confort, salud y protección al medio ambiente. Además, ésta institución se encarga de diseñar el sistema de evaluación y certificación sustentable.

Las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas para la remodelación sustentable de la vivienda en México, mejor conocida como (NAMA), tiene como principal objetivo aumentar el número total de viviendas existentes energéticamente eficientes y contribuir a la reducción de emisiones de gas de efecto invernadero. Las remodelaciones se basarán en el desempeño global de cada tipo de edificación dependiendo del clima, enfocadas principalmente en viviendas de bajo y mediano ingreso. Se emplea una gama flexible de intervenciones para lograr el estándar de eficiencia deseada por medio de una metodología para remodelaciones.

La NAMA para la remodelación de las viviendas sustentables considera los siguientes pasos: 1) identificación de la tipología de las viviendas existentes; 2) dar asesorías de la demanda energética y certificados de desempeño energético; 3) implementar financiamientos para mejorar el inventario de las viviendas existentes basados en el desempeño global; 4) fomentar el uso de productos certificados y capacitar a desarrolladores, proveedores y mano de obra; 5) establecer un sistema de monitoreo, reporte y verificación.

Se estima que una tercera parte de las viviendas habitadas en México requerirán una remodelación total o parcial, por lo tanto aplicar las medidas de eficiencia energética en las viviendas existente conlleva a un enorme potencial para contribuir al ahorro de energía y a la mitigación total de las emisiones de gas efecto invernadero.

- **Trabajos de obtención de grado**

Maza Rodríguez, C. (2002). En su tesis presenta propuestas de adecuación bioclimática en oficinas de la ciudad de Manzanillo, con el objetivo de mejorar el confort térmico dentro de las oficinas y de esta manera mejorar el bienestar de las personas que laboran en dichas oficinas. El autor utiliza una metodología basa en el estudio y análisis del entorno físico, las variables climáticas y el rango de confort establecido en dicha ciudad. Además, analiza la situación del edificio, el clima interior, el entorno, asoleamiento, ventilación, etc..., para definir la problemática del edificio. Teniendo la información necesaria se presenta un proyecto de adecuación bioclimática y posteriormente se analiza y evalúa dicho proyecto mediante simulaciones para comprobar su efectividad. Este trabajo es muy parecido a lo que pretendo desarrollar en mi proyecto, con la excepción del lugar de aplicación, sin embargo, me será muy útil para basarme en su metodología.

Ruiz Conde, D. (2006). En su tesis da a conocer soluciones con tendencias bioclimáticas a problemas de confort térmico que se presenten al interior de viviendas populares existentes en el estado de México. Nos muestra diferentes estrategias de diseño bioclimático que se pueden aplicar en la viviendas, ya sea ventilación y refrigeración pasiva, captación solar pasiva, calefacción solar pasiva, entre otras. Así mismo, da propuestas de climatización, diferentes tipos de aislamientos y materiales. Esta tesis posee mucha información sobre las estrategias bioclimáticas que pudiera aplicar en el proyecto, sin embargo, las estrategias no se aplican en algún caso de estudio, solamente

son propuestas sin aplicar. En este proyecto no se utiliza ningún cálculo o método para saber en qué condiciones se encuentra la vivienda.

Casa Martín, F. (2000). Este trabajo de tesis doctoral presenta recomendación de diseño y sus aplicaciones en elementos constructivos, que signifique una mejora sustancial en el comportamiento energético de los edificios. Desarrolla una metodología en donde analiza los condicionantes del propio entorno, ya que estas determinan la adecuación bioclimática en los edificios. Además de analizar las necesidades de climatización, estableciendo las distintas estrategias de diseño y las necesidades de cada edificio. Posteriormente se determinan posibles beneficios que se pudieran obtener por la aplicación de adecuaciones bioclimáticas, ya sea ahorro energético o ayudar a reducir emisiones de gas efecto invernadero. Y por último se realizó un análisis de costes para desarrollar las adecuaciones bioclimáticas. Indiscutiblemente esta metodología me ayudara en la realización de mi proyecto de investigación ya que maneja temas de gran relevancia como las estrategias bioclimáticas.

- **Artículos**

Carrasco, C. & Morillón, D. (2004) en su artículo titulado Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula. Nos presenta los resultados del trabajo de investigación referente a una adecuación bioclimática en una vivienda de interés social cuyo clima es cálido seco. Este trabajo se realizó mediante el análisis de la arquitectura vernácula del sitio, con el objetivo de encontrar bases para la mejora térmica de la vivienda de interés social. Para ellos, se realizó una simulación térmica de ambas viviendas durante un año, dando como resultado menor eficiencia térmica en la vivienda de interés social. Con base a los resultados obtenidos, se muestran cuán viable es la adecuación bioclimática en la vivienda de interés social usando estrategias de infiltración, uso de materiales con alta resistencia térmica, postigos, altura de losa y orientación. Para este trabajo de investigación se utiliza una metodología aplicada, donde se realiza un análisis bioclimático del sitio analizado, posteriormente se identifican elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula. Se realizó la simulación térmica en ambas viviendas para conocer su comportamiento térmico y por último se realizan las adecuaciones bioclimáticas en la vivienda de interés social. Este documento fue uno de los pocos artículos que encontré

sobre adecuaciones bioclimática en casas de interés social, creo me servirá de guía para mis trabajo de investigación.

- **Proyectos realizados**

Bojórquez Báez, I. (2009). Nos muestra una obra de remodelación en una vivienda de interés social en el fraccionamiento las brisas en la zona urbana de Chetumal. Está vivienda presentaba tres problemas esenciales: alta radiación solar en la fachada, falta de ventilación al interior y la falta de confort, todos ello se resolvió mediante estrategias de diseño bioclimático.

Garzón, B. (2012). Nos presenta un caso de estudio de vivienda de interés social, en donde se analiza y aplica estrategias de diseño bioclimático adaptadas para mejorar el comportamiento térmico y verificar su eficiencia, todo ello en la localidad de Buenos Aires Chico. En la metodología que se utilizó, se determinaron estrategias bioclimáticas de acuerdo al diagrama psicrométrico, posteriormente se analizaron las necesidades de la vivienda y se adoptaron sistemas energéticos y de acondicionamiento. Por último, se realiza un análisis de comportamiento térmico-energético de la vivienda para conocer el estado de la vivienda, ya con las estrategias de diseño bioclimáticas.

- **Conclusiones de capítulo**

Realizada la investigación, se conoce los antecedentes y referencias previas que avalen el proyecto de investigación. Se identifica que el tema de investigación se considera prioridad en planes y programas a nivel federal. Fomentando intervenciones en viviendas ya existentes para mejorar el confort térmico en su interior y mejorar el uso de energía eléctrica. Con ello se reducen las emisiones de gas efecto invernadero en beneficio de la sociedad. Así mismo se identifican tesis relacionados a este tema en particular. En ellas se identifican soluciones de diseño bioclimático, para intervenir viviendas en diferentes puntos de la república mexicana. Sin embargo, he de resaltar que estos trabajos sólo se basan en estrategias de diseño, dejando de lado el análisis de costos, que muchas veces es el parte aguas para llevar a cabo tales proyectos, además de no tomar en cuenta las opinión de los propios ocupantes. Por ello en mi proyecto de investigación además de proponer estrategias para dar solución a dichos problemas, pretendo realizar un análisis costo eficiencia para darles posibles opciones de solución a las familias, y de acuerdo a sus posibilidades económicas e interés cultural, elijan la opción que más les convenga.

2.2 REFERENCIAS CONCEPTUALES DEL TEMA

Las referencias conceptuales, son todos aquellos conceptos relacionados entre sí, que orientan la comprensión del objeto de estudio. Para este trabajo de investigación, se tomaron en cuenta varios conceptos relacionados a la sustentabilidad, arquitectura, confort, entre otros y de esta manera, mejorar la percepción de los lectores.

I. Desarrollo sostenible

La Comisión Brundtland (1987). Define el desarrollo sostenible como aquel “que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” Actualmente sigue siendo el concepto más utilizado y aceptado.

II. Sustentabilidad

El concepto de sustentabilidad suele ser confundido con la definición de desarrollo sostenible, sin embargo, Edwards, B. (2010). Define la sustentabilidad como un proceso en donde se involucran los aspectos ecológicos, sociales, económicos y culturales.

III. Arquitectura Bioclimática

Morillón, D., (1993). define arquitectura bioclimática como: “La acción de proyectar o construir considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la construcción, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente y propicie las condiciones que determinen la sensación de bienestar térmico del ser humano e interiores”.

“La arquitectura bioclimática es aquella que estudia e intenta minimizar al máximo la alteración que provoca en la Naturaleza y que, para ello, intenta sacar el máximo partido de los recursos naturales disponibles (radiación solar, vientos, precipitaciones, vegetación, materiales etc...) adaptándose al medio en que se ubica”. (Núñez Carrasco, R., Aramburu Gaviola F. & Botrán Rodríguez-Rey, C. 2012).

De acuerdo a las definiciones anteriores de arquitectura bioclimática hechas por los autores Morillón, D., Núñez Carrasco, R., Aramburu Gaviola F. & Botrán Rodríguez-Rey, C. He realizado mi propia definición con el objetivo de integrar mi propia idea de dicho concepto que ayudarán en mi proyecto de investigación.

IV. Arquitectura Bioclimática (Definición propia)

La arquitectura bioclimática, es aquella que estudia y considerada la interacción de los elementos meteorológicos con las construcciones, e intenta sacar el máximo partido de los recursos naturales disponible adaptándose de forma pasiva al medio en que se ubica, a fin de que sea ésta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente y propicie las condiciones que determinen la sensación de bienestar térmico del ser humano.

V. Sistemas pasivos

Serra Florensa, R. & Coch Roura, H. (2001). Dicen que, los sistemas pasivos son: “Conjunto de componentes de un edificio que tienen como función principal mejorar su comportamiento climático. Actúa sobre los fenómenos radiantes, térmicos y de movimiento de aire que se producen naturalmente en arquitectura...y no utilizan ninguna fuente de energía artificial para su funcionamiento”.

VI. Protección solar

Cualquier elemento o solución constructiva, fija o móvil, que nos permita controlar la incidencia de la radiación solar, aprovechándola en invierno, y protegiéndonos de ella en verano. (Núñez Carrasco, R., Aramburu Gaviola F. & Botrán Rodríguez-Rey, C. 2012).

VII. Envoltente de un edificio

Se refiere al techo, paredes, vanos, puertas, piso y superficies inferiores, que conforman el espacio interior de un edificio para uso habitacional. (Secretaría de energía, 2011).

VIII. Aislante

“El aislamiento actúa de barrera tanto del aire caliente o frío indeseado del exterior como de posibles fugas del interior deseado. De hecho, el aislamiento es la principal defensa climática de una construcción”. (Farrás Pérez, L., 2012:110).

IX. Aislamiento térmico

“Se entiende como aislante térmico al material caracterizada por su alta resistencia térmica, o lo que es lo mismo aquel que tiene una conductividad muy baja. Los materiales aislantes suponen una barrera al paso del calor entre dos medios con distintas

temperaturas” (Núñez Carrasco, R., Aramburu Gaviola F. & Botrán Rodríguez-Rey, C. 2012).

X. Estrategias

“Conjunto de acciones planificadas y orientadas a la consecución de un fin, pero también puede entenderse como metodología para la solución de ciertos problemas de manera creativa”. (Fuentes Freixanet, V., 2013).

2.2.1 Objeto de estudio Conceptual y Empírico

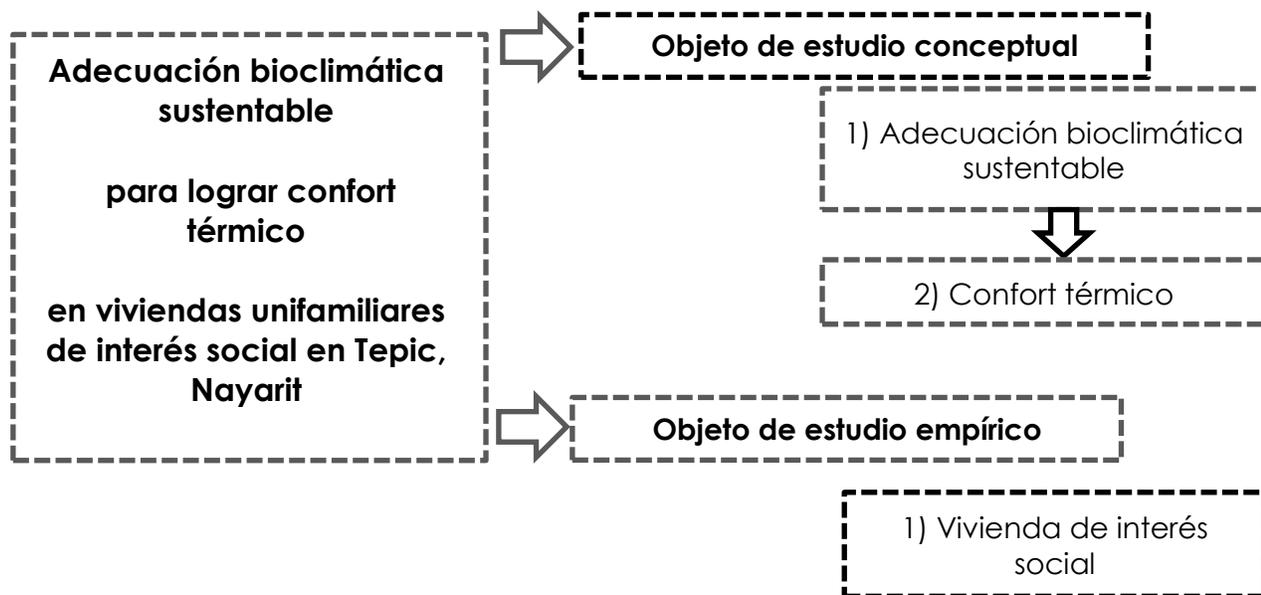


Figura 1. **Objeto de estudio.** Fuente: Elaboración propia

1) **Objeto de estudio Conceptual:** Adecuación Bioclimática Sustentable

Para poder desarrollar el concepto de adecuación bioclimática sustentable, es necesario tomar dos definiciones relevantes. Los cuales son adecuación bioclimática y desarrollo sustentable. Ambos servirán para desarrollar el concepto de desarrollo sustentable.

Adecuación bioclimática

Morillón Gálvez, D. (1993). Menciona que, la adecuación bioclimática: “Es la primera alternativa a la climatización natural de los edificio, aplicando criterios y recomendaciones sensatas que permitan la conservación de energías no renovables...Permite mediante

diseño puro, la optimización de las construcciones para hacerlas compatibles con el clima y la sensación de bienestar térmico”.

Desarrollo sustentable

Bazant, J. (2012). Dice que: “El desarrollo sustentable es la integración de los aspectos económicos, sociales y ambientales a fin de producir bienes y servicios pero a la vez preservar la diversidad y respetar la integridad funcional de los ecosistemas”.

De acuerdo a las definiciones de adecuación bioclimática y desarrollo sustentable hechas por el autor Morillón D. y Bazant, J. he realizado mi propia definición de adecuación bioclimática sustentable con el objetivo de integrar mi propia idea de concepto a mi proyecto.

Adecuación bioclimática sustentable (Definición propia)

Mediante estrategias de diseño se logra optimizar la eficiencia energética y climatización natural en las viviendas, aplicando criterios y recomendaciones que permitan el bienestar y la integración de los aspectos económicos, sociales, y ambientales a fin de producir bienes y servicios que mejoren la calidad de vida.

2) Objeto de estudio Conceptual: Confort térmico

Para entender mejor este concepto, fue necesario tomar la opinión de varios autores, cada uno de ellos defiende su idea y comparte a su vez particularidades muy similares.

El confort térmico se define en la Norma ISO 7733 como “Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2006).

“Sensación de bienestar en lo que se refiere a la temperatura. Se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente”. (Ruano, M., 2010).

3) Objeto de estudio empírico: Viviendas de interés social

“La vivienda de interés social es aquella cuyo precio máximo de venta al público es de 15 salarios mínimos anuales vigentes en el Distrito Federal”. (CONAVI, 2014).

Caracterización de las viviendas

“Viviendas de mínimo 40 metros cuadrados, con dos recámaras, un área de usos múltiples, baño, cocineta y techo de losa de concreto. Construcción con materiales de la región que corresponda, de acuerdo a los usos, costumbres y al clima específico” (CONAVI, 2014).

Unidades Habitacionales:

“Conjuntos de vivienda, planificadas integralmente comprenden obras de urbanización, lotificación y construcción de viviendas de tipos unifamiliar o multifamiliar destinadas exclusivamente a satisfacer necesidades de vivienda popular o de interés social, construidas en su mayoría entre 1960 y 1970”. (CONAVI, 2014).

Vivienda horizontal:

“Es aquélla que tiende a extenderse de manera privativa sobre un piso o local de una edificación, urbanización o complejo constructivo”. (CONAVI, 2014).

“Se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos y construcción, salubridad, cuente con espacios habitables y auxiliares, así como con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, y contemple criterios para la prevención de desastres y la protección física de sus ocupantes ante los elementos naturales potencialmente agresivos”. (Ley de vivienda, 2006).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 PREGUNTAS GENERADORAS

Pregunta principal

La pregunta generadora surge del tema de investigación. En ella se encuentran inmersos el concepto ordenador denominado adecuación bioclimática y confort térmico, y el concepto empírico, denominado viviendas unifamiliares de interés social. Dentro de la misma se determina el lugar y el tiempo específico en que se realizará la investigación. Por ello la pregunta generadora es redactada de la siguiente manera:

1. ¿Cuál será la manera más eficiente de lograr mejorar el confort térmico en viviendas unifamiliares de interés social existentes en el fraccionamiento Valle del Country, en la ciudad de Tepic, Nayarit?

Preguntas secundarias

1. Actualmente ¿Cuáles serán los principales factores que determinan el comportamiento térmico de las viviendas?
2. Mediante la técnica multicriterial participativa ¿Será posible seleccionar la mejor adecuación bioclimática?

3.2 HIPÓTESIS

La hipótesis es un supuesto que se formula sobre la realidad de estudio, y que pretende comprobarse a lo largo de la investigación. Dicha hipótesis de investigación parte de una metodología mixta, y se fundamenta en presupuestos teóricos de sustentabilidad, arquitectura bioclimática, adecuación bioclimática y confort térmico.

Relacionado los supuestos teóricos anteriores se reconoce una problematización en el proyecto de investigación, la cual es la siguiente: Las viviendas de interés social presentan problemas de disconfort térmico y derivado de esto un alto consumo de energía eléctrica al utilizar sistemas de climatización artificial. Las consecuencias de ello es: la generación de malestar en los habitantes; altos consumos energéticos; y generación de emisiones de gases efecto invernadero.

Por lo tanto la hipótesis queda formulada de la siguiente manera:

1.-La manera más eficiente de lograr confort térmico en viviendas de interés social ya construidas, será por medio de adecuaciones bioclimáticas. Las cuales estarán constituidas por estrategias bioclimáticas o combinación de ellas como: a) protección y captación solar; b) análisis de ventilación; c) aislamiento térmico en techos.

2.-Con base en este proyecto y a la técnica de decisión multicriterial participativa, es posible seleccionar la mejor propuesta de adecuaciones bioclimáticas que cumplan con las necesidades, requerimientos, posibilidades económicas y patrones culturales de los habitantes.

3.3 OBJETIVOS

Los objetivos, son aquellas metas que se desean lograr para conseguir el propósito deseado. De los objetivos generales se desprenden los objetivos particulares, los cuales especifican cómo se logrará el objetivo general. Los objetivos se determinan por el grado de profundidad al cual se desea llegar en el proyecto.

Objetivo General

Proponer adecuaciones bioclimáticas eficientes que permitan mejorar el confort térmico en viviendas ya construidas del fraccionamiento Valle del Country (caso de estudio). De esta manera mejorar las condiciones de habitabilidad, elevar la calidad de vida de los habitantes y contribuir con la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Objetivos particulares

1. Describir las características del medio físico y natural de la ciudad de Tepic, Nayarit. Reconocer los rasgos del sitio, datos climatológicos y geometría solar.
2. Identificar causas y consecuencias relacionada con el confort térmico en viviendas de interés social en el fraccionamiento Valle del Country. Identificar características de la vivienda, comportamiento térmico y necesidades y requerimientos de los habitantes
3. Formular propuestas de adecuación bioclimática para las viviendas de interés que permitan lograr el confort térmico.
4. Evaluar propuestas de adecuación bioclimática mediante una simulación para su posterior replicabilidad en viviendas que cuenten con las mismas características constructivas de las viviendas analizadas

5. Selección de tecnologías a implementar mediante un análisis de decisión multicriterial participativa.

3.4 POSTURA EPISTÉMICA

La postura positivista es el idóneo para abordar el mundo físico-natural, en él todo se comporta bajo principios que el ser humano no puede intervenir o modificar. El proyecto de investigación utiliza este enfoque, ya que pretende solucionar problemas de confort térmico en viviendas de interés social. Para ellos es necesario manejar cifras, gráficas y datos relacionados a temperaturas; analizar datos climáticos; monitoreo de temperaturas en viviendas; cuantificar aspectos físicos del entorno, entre otros, para poder dar solución a dichos problemas. Así mismo, dicha postura se complementa con la postura hermenéutico-interpretativa, ya que se toma en cuenta el comportamiento de los usuarios. En ella se pretende conocer los intereses, inquietudes, necesidades y forma de vida de los habitantes y de esta manera poder brindar soluciones que se ajusten a sus necesidades.

3.5 ELECCIÓN METODOLÓGICA

La elección metodológica, son un conjunto de procedimientos que determina un tipo de investigación, la cual puede ser cuantitativa cualitativa o mixta. La metodología a utilizar en este trabajo de investigación es mixta.

Para la realización de cualquier trabajo de investigación, es necesario seguir un procedimiento, metodología o planteamiento metodológico que sustente dicha investigación. Para el presente Trabajo de Obtención de Grado se tomó como referencia una metodología de diseño bioclimático realizado por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet, investigador y catedrático de la Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco. Dicha metodología se basa en las propuestas de los investigadores clásicos como: Olgyay, Givony, Szokolay y Yeang.

El planteamiento metodológico para este trabajo de investigación queda redactado de la siguiente manera:

1. Análisis del sitio y del entorno

Recopilar y analizar información del medio físico, natural de la ciudad de Tepic y el fraccionamiento Valle del Country. Reconocer los rasgos del sitio, datos climatológicos, geometría solar. Además de analizar las características socioculturales de sus habitantes y número de beneficiados en este proyecto.

2. Análisis climático de la ciudad de Tepic

Recopilar y analizar información climatológica de la ciudad de Tepic, como: Mesoclima, agrupación bioclimática, registro climáticos y geometría solar. Estos datos son obtenidos mediante el Servicio Meteorológico Nacional de la Cd. De Tepic, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

3. Análisis bioclimático

Con base en los datos climáticos de la ciudad de Tepic, y la herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT), se realizó un análisis bioclimático para determinar requisitos y estrategias de climatización que permitan generar bienestar en las viviendas.

4. Análisis del edificio

Seleccionar las viviendas para el proyecto. Realizar levantamiento arquitectónico y fotográfico para reconocer las características y espacios edificados en la vivienda y de esta manera reconocer el problema térmico que enfrenta los habitantes.

5. Análisis del usuario

Por medio de encuestas, entrevista y dinámicas participativas conocer la opinión de los habitantes con respecto al confort térmico y eficiencia energética en sus hogares. De esta manera identificar soluciones que den respuesta a su problemática.

6. Monitoreo climático

Por medio de sensores de temperatura llamados Data Logger, conocer el comportamiento térmico de las viviendas seleccionadas. De ésta manera se obtendrá un diagnóstico que permitirá determinar la factibilidad del proyecto.

7. Diagnóstico de la vivienda

Definir las causas del problema, es decir, determinar lo que provoca las malas condiciones térmicas en las viviendas, y de permitir conocer estrategias de diseño que resuelvan el problema de discomfort.

8. Propuestas de adecuaciones bioclimáticas

Partiendo de las estrategias y requerimientos de climatización obtenido del análisis bioclimático, se realizarán propuestas de remodelación en la vivienda y de esta manera generar bienestar térmico a sus habitantes. Esto se podrá lograr por medio de la simulación por herramientas de diseño como *Ecotect Analysis* y Norma Oficial Mexicana – NOM-020-ENER-2011.

9. Evaluación de las Adecuaciones bioclimáticas

Teniendo las propuestas de adecuación en las viviendas, se proseguirá a su evaluación mediante simulación. Esta simulación se realizará por medio de herramientas como: *Ecotect Analysis* y la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011.

10. Análisis de resultados

Determinar las mejores adecuaciones bioclimáticas que cumpla con el mejoramiento del confort térmico en las viviendas.

3.6 ELECCIÓN DE TÉCNICAS Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS

Las técnicas, tiene como principal objetivo la recolección de información en campo. Es importante realizar más de dos técnicas, ya que así se podrán comparar la información para aumentar la confiabilidad de los datos recabados. Para el proyecto de investigación se eligieron cinco técnicas, de las cuales se diseñó su instrumento para recabar la información.

3.6.1 Revisión Documental (Archivísticas)

La revisión bibliográfica, es una técnica que permite la obtención de información mediante consulta de materiales escritos, gráficos, sonoros o visuales que sean de gran interés para la investigación. Es por ello, que se llevó a cabo dicha técnica durante tres días, del 27 al 30 de junio de 2015. En ella, se obtuvo información sobre el medio físico natural y artificial de la zona de estudio; datos climatológicos de la ciudad de Tepic; Análisis de geometría solar durante el año; análisis de las condiciones económicas, sociales y

culturales de los habitantes y número de beneficiados en el proyecto. Esta información se recabo de manera electrónica visitando sitios web como: INEGI, CONABIO. Además, se visitó el Servicio Meteorológico Nacional de la ciudad de Tepic.

3.6.2 Observación directa

Esta técnica tiene como principal objetivo el registro de información detallada directamente en sitio. Por su importancia fue necesaria su realización.

La observación directa ordinaria, permitió el registro de información concreta sobre las características físicas, naturales de la zona de estudio; espacios edificados, características de la vivienda, y el comportamiento de los habitantes. Se llevó a cabo adoptando una perspectiva pasiva. La técnica, se realizó del día 18 al 21 de junio de 2015, en el fraccionamiento Valle del Country (zona de estudio). Esta se llevó a cabo caminado, por lo que se realizó un levantamiento fotográfico. Además, permitió la selección de las dos viviendas estudiadas. Una vez seleccionadas las viviendas, se efectuó el levantamiento arquitectónico y fotográfico para reconocer materiales, sistema constructivo y distribución. Así mismo, se observó el comportamiento de los habitantes en sus viviendas. Pudiendo registrar la opinión de los usuarios con respecto a los problemas de confort que viven en sus hogares. Además de conocer la opinión con respecto al proyecto.

Los resultados obtenidos por la técnica son: La ubicación de las viviendas analizadas; levantamiento arquitectónico y fotográfico de las viviendas; Análisis detallada de las viviendas y sus habitantes.

3.6.3 Entrevista

Técnica de investigación que implica una relación interpersonal, ya que tiene como objeto obtener información de manera oral sobre algún tema de investigación. La aplicación de la entrevista en este proyecto, fue para conocer la opinión de tres actores importantes sobre la problemática de confort que presentan las viviendas, las posibles soluciones y su perspectiva respecto al proyecto.

La 1^{er} entrevista fue dirigida hacia amas de casa, las cuales se llevaron a cabo el día 22 de junio del 2015 a las 16:00 hrs., en sus propios hogares. La finalidad de la entrevista fue

conocer la opinión de los usuarios con respecto a la problemática de confort que presentan las viviendas.

La 2^{da} entrevista fue dirigida al Arq. Javier Rodríguez Navarrete, director del área técnica de INFONAVIT. Esta fue realizada en las oficinas de INFONAVIT delegación Nayarit, el día 24 de junio de 2015, a las 11:00 hrs. La finalidad de esta entrevista, fue conocer la opinión de un representante público de INFONAVIT, además de conocer los programas que maneja dicha institución.

La 3^{er} entrevista fue dirigida al director general de la empresa constructora “CDO”. El Ing. Edgardo Sánchez H. Esta se llevó a cabo el día 2 de junio del 2015, a las 11:00 hrs., en su oficina. El objetivo de esta entrevista fue conocer la opinión de los empresarios con respecto a la construcción de viviendas de interés social.

Para realizar dichas entrevistas fue necesario diseñar un guión especial para cada actor. Dicho guión contenía preguntas abiertas y estructuradas. Durante la aplicación de cada entrevista se optó por grabar, para posteriormente transcribirla de manera digital. (Véase anexo 1. Guión de entrevistas).

3.6.4 Encuesta o cuestionario

La aplicación de la encuesta tiene como finalidad conocer la opinión de un grupo determinado de personas referentes a los problemas de disconfort que presentan las viviendas en función de las condiciones de habitabilidad. Dicha encuesta se aplicó a 50 habitantes del fraccionamiento Valle del Country, los días 22 al 26 de junio del 2015, en horario vespertino.

Para la realización de dicha entrevista, fue necesario la construcción de un guión, el cual está conformado por cinco secciones con preguntas de filtro, opción múltiple, dicotómicas, batería y abiertas. En la primera sección de dicha encuesta se registra datos de la vivienda (dirección, orientación), datos del encuestado, número de habitantes. En la segunda sección se registra la satisfacción del usuario con respecto al confort en su vivienda. En la tercera sección se habla sobre los gastos de energía eléctrica en la vivienda. La cuarta sección se les cuestionó si en la vivienda existen dispositivos de

ahorro. La última sección se les pregunta a los encuestados si estarían dispuestos a invertir en su vivienda. . (Véase anexo 2. Guión de encuestas).

3.6.5 Dinámica Participativa

La dinámica participativa tiene como finalidad incluir a los sujetos o usuarios en la formulación de proyectos.

La dinámica participativa empleada en este trabajo de investigación es: “Árbol del problema: causas y efectos”. Esta actividad consiste en la elaboración de un esquema botánico, en donde se involucran las causas y efectos de un problema planteado. En este caso “Problemas de calor en la vivienda”. Esta técnica se llevó a cabo el día 30 de junio del 2015, en la vivienda de los participantes.

La finalidad de la actividad es la elaboración conjunta de un diagrama en donde se reflejan la opinión de los usuarios con respecto a los problemas de confort térmico en la vivienda. Para la obtención de la información fue requerido utilizar un pintarrón blanco y marcadores de agua de diferentes colores. Con ellos se escribían las opiniones de los participantes. El registro de los datos se realizó en el programa “Word”, recopilando la información para generar un reporte.

4. ANÁLISIS, DESARROLLO DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS

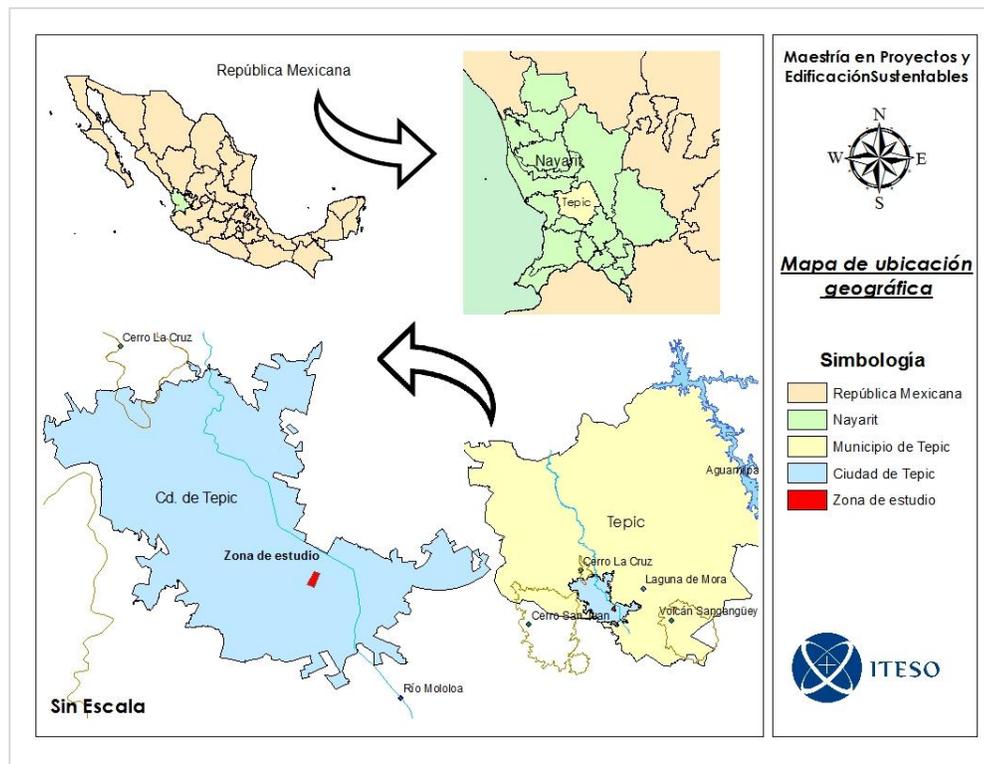
4.1 SÍNTESIS INTERPRETATIVA DE LOS DATOS ANALIZADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la investigación de campo como: el análisis del sitio y el entorno; el análisis del usuario y el análisis del edificio en su estado actual. Además, con la interpretación de los datos climatológicos de la ciudad de Tepic y la herramienta *Bioclimatic Analysis Tool* (BAT) se muestra el análisis bioclimático de la ciudad de Tepic.

4.1.1 Análisis del sitio y del entorno

4.1.1.1 Localización geográfica

La ciudad de Tepic, es la capital del estado de Nayarit, ubicada al Noroeste del país, a 21°30'00" latitud norte y 104°53'00" longitud oeste del meridiano de Greenwich. La altura promedio es de 935msnm. Según el Censo de Población y Vivienda 2010, Tepic cuenta con una población de 380,249 habitantes. El fraccionamiento Valle del Country (zona de estudio), se encuentra ubicado al oriente de la ciudad de Tepic. (Ver Mapa 1. Ubicación geográfica).



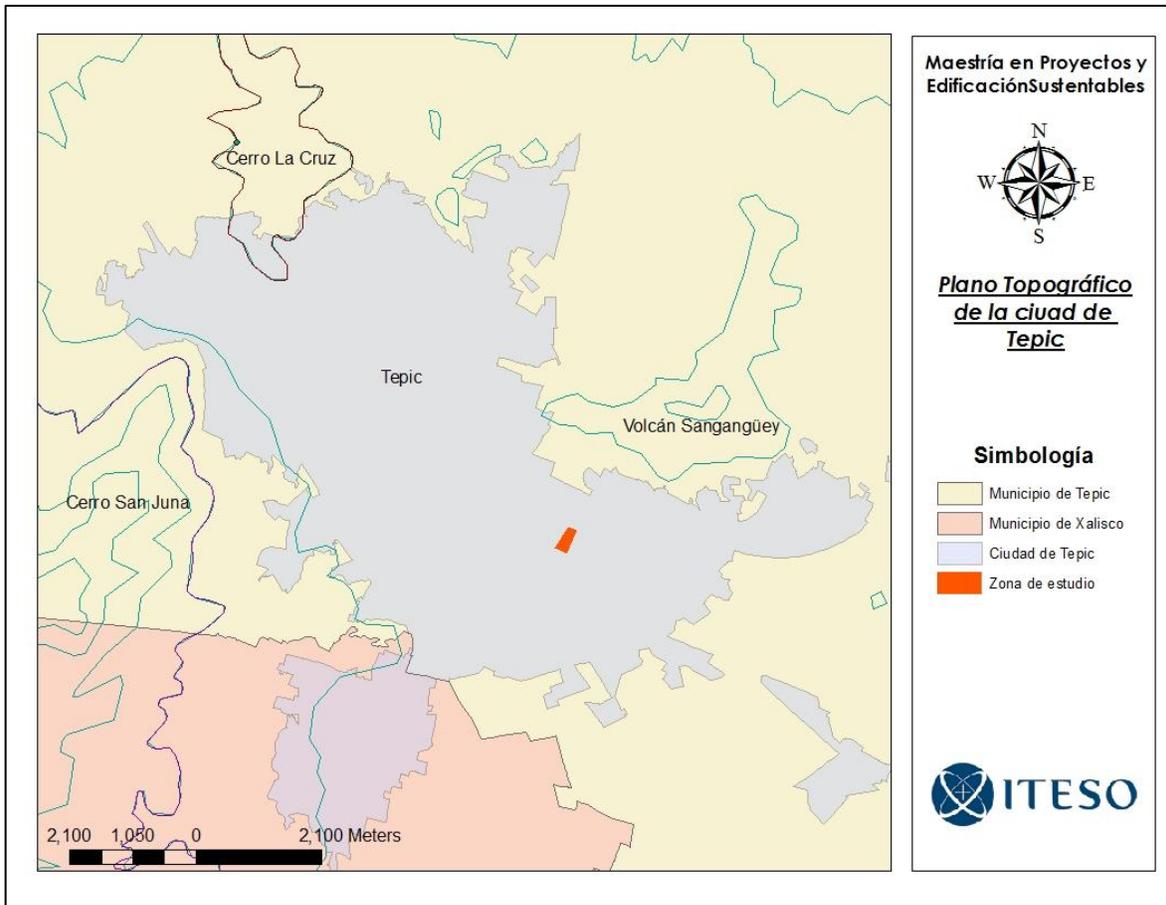
Mapa 1. Ubicación geográfica

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

4.1.1.2 Medio natural

Topografía

El fraccionamiento Valle del Country se ubica sobre terrenos de superficie plana, ya que no se identificaron curvas de nivel en la zona. Las calles y avenidas no presentan pendientes pronunciadas, lo que hace que el fraccionamiento se considere seguro y accesible para sus habitantes. El sitio no registra zonas de derrumbe o deslizamiento por lo que se supone es seguro. (Ver mapa 2. Plano Topográfico).



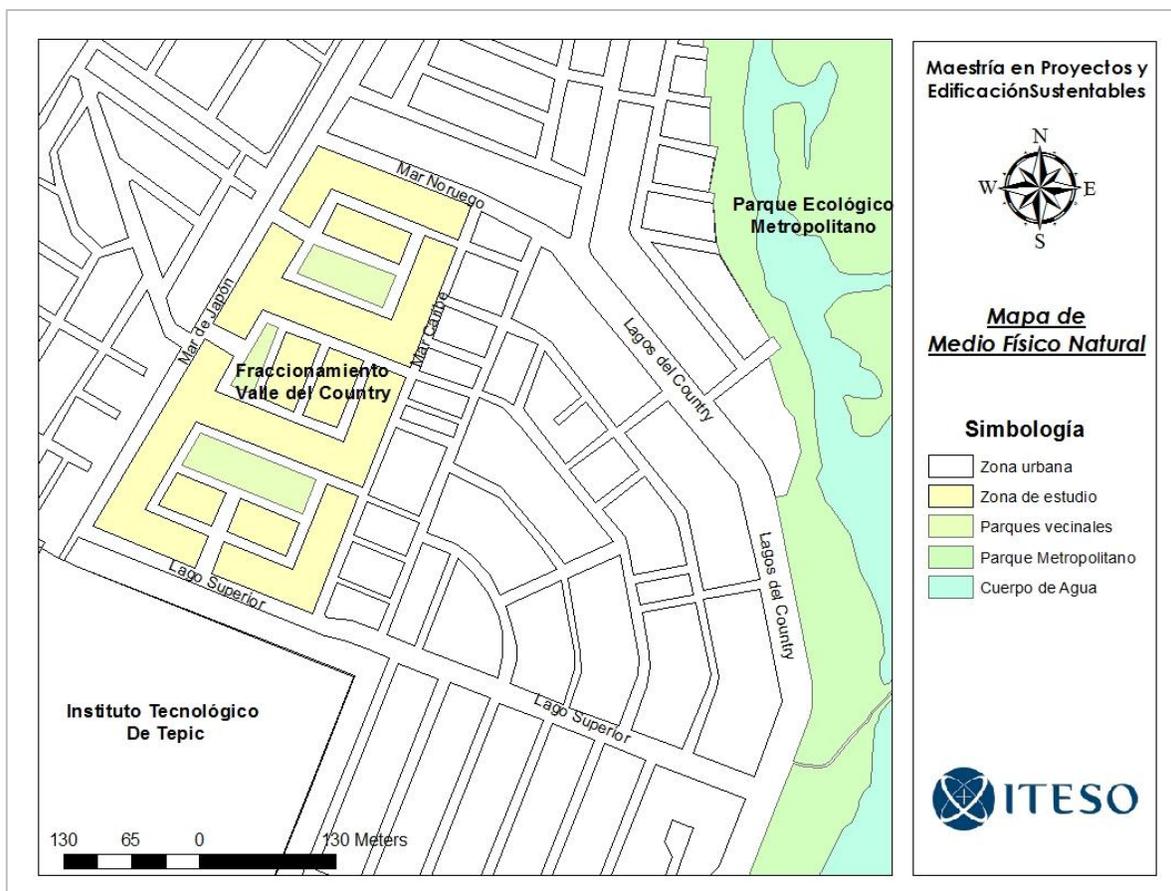
Mapa 2. **Plano Topográfico**

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

Áreas verdes y cuerpos de agua

En la zona de estudio se identificaron tres diferentes parques vecinales con poca vegetación, los cuales permiten el paso libre del viento. Dichos parques son utilizados como áreas de esparcimiento y deportivas. Dentro del conjunto habitacional encontramos camellones y banquetas con vegetación escasa y con poco mantenimiento.

Aproximadamente a 500 metros al noreste de la zona de estudio, se encuentra ubicado el *Parque Ecológico Metropolitano*. Este parque tiene un área aproximada de 445 km². En ellos se puede encontrar gran cantidad de flora y fauna endémica de la región. La ubicación cercana a la zona de estudio trae consigo grandes beneficios, ya que proporciona un microclima comfortable. Dentro del parque antes mencionado, se identificó un lago perenne. Este cuerpo de agua alberga gran cantidad de flora y fauna endémica de la región y no causa problemas de inundación para los habitantes de la zona de estudio, además, proporciona una zona natural y paisajista en donde se pueden desarrollar actividades al aire libre. (Ver mapa 3. Medio físico natural del fraccionamiento Valle del Country).



Mapa 3. Medio Físico Natural del fraccionamiento Valle del Country

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

4.1.1.3 El medio artificial

El fraccionamiento Valle del Country se encuentra ubicado dentro del AGEB 1801700011881. Según datos de INEGI, este fraccionamiento cuenta con los servicios básicos como: agua potable, energía eléctrica, drenaje, recolección de basura, alumbrado público, entre otros. Además cuenta con equipamiento básico como escuelas, áreas verdes, tres parques vecinales, y una capilla. (Ver figura 2. Datos sobre servicios básicos en zona de estudio).

INEGI. INVENTARIO NACIONAL DE VIVIENDAS. REPORTE DE ÁREA SELECCIONADA						
Cantidad de manzanas de la unidad	12					
Manzanas con	En todas las vialidades	En alguna vialidad	En ninguna vialidad	No especificado	Conjuntos habitacionales	
						0
Pavimento de calles	9	3	0	0	Viviendas	
Banqueta	12	0	0	0	Particulares	543
Guarnición	11	1	0	0	Habitadas	414
Plantas de ornato	7	5	0	0	Particulares habitadas	414
Rampa para silla de ruedas	0	0	12	0	Particulares no habitadas	125
Alumbrado público	12	0	0	0	Con recubrimiento de piso	397
Letrero con nombre de la vialidad	7	5	0	0	Con energía eléctrica	402
Teléfono público	0	8	4	0	Con agua entubada	402
Acceso libre de personas	12	no aplica	no aplica	0	Con drenaje	402
Acceso libre de automóviles	12	no aplica	no aplica	0	Con servicio sanitario	402
Acceso restringido de personas	0	0	no aplica	no aplica	Con 3 o más ocupantes por cuarto	0
Acceso restringido de automóviles	0	0	no aplica	no aplica	Población	
Presencia de comercio semifijo	0	0	12	0	De 0 a 14 años	399
Presencia de comercio ambulante	0	0	12	0	De 15 a 29 años	380
					De 30 a 59 años	537
					De 60 y más años	46
					Con discapacidad	38

Figura 2. Servicios básicos en zona de estudio

Fuente: Inventario Nacional de Vivienda (INEGI, 2015)

4.1.1.4 El medio socio-cultural

Población y vivienda

El Inventario Nacional de Viviendas (INEGI, 2015) señala que, el fraccionamiento Valle del Country cuenta con una población aproximada de 1,362 habitantes y 543 viviendas de interés social. Siendo estos los posibles beneficiados en el proyecto de investigación. La comunidad del fraccionamiento posee diferentes características las cuales determinan el medio socio-cultural de sus habitantes.

Nivel escolar

Según el Censo Nacional de Vivienda 2010 y el Inventario Nacional de vivienda 2015 indican que, el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más es de

13.2 en el fraccionamiento, frente al promedio de escolaridad de la estado que es de 8.6. Esto nos indica que existe un nivel alto de escolaridad en la población que vive en la zona de estudio. (Véase figura 3. Grado promedio de escolaridad población mayor a 15 años).

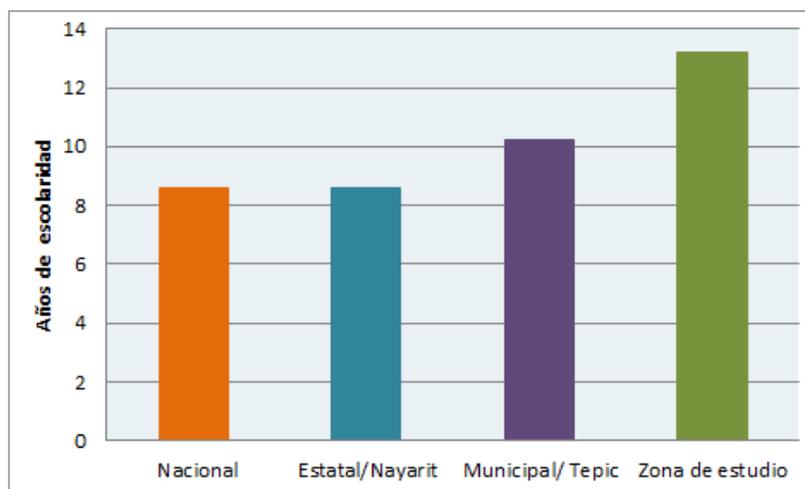


Figura 3. **Grado promedio de escolaridad población mayor a 15 años**

Fuente: Datos proporcionados por INEGI

Rangos de edad

El 40% de los habitantes del fraccionamiento se encuentra en edad productiva, teniendo un rango de edad entre los 30 y 59 años. Los niños (0-14 años) y jóvenes (15 a 29 años) ocupan el segundo lugar con un 29% y 28% de su población total. Las personas de la tercera edad ocupan el último lugar con un 3%. De esta manera se concluye que las familias que habitan en este fraccionamiento son jóvenes, teniendo hijos en edad escolar.

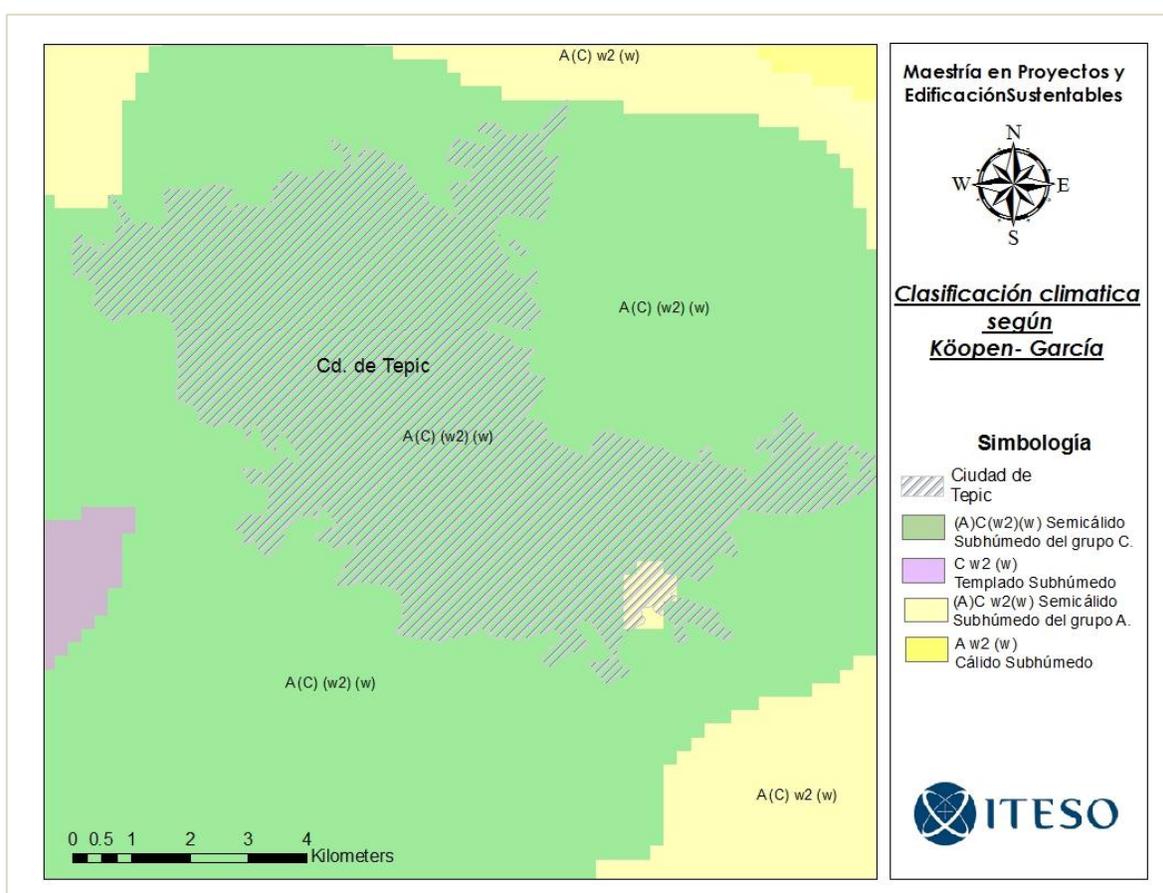
Viviendas

El Inventario Nacional de Viviendas (INEGI, 2015) indica que, el 24% de las viviendas del fraccionamiento Valle del Country se encuentran deshabitadas y el 76% de las viviendas restantes se encuentran habitadas, contando con los servicios básicos de energía eléctrica, agua entubada y drenaje.

4.1.2 Climatología de la ciudad de Tepic

4.1.2.1 Mesoclima

La ciudad de Tepic Nayarit, presenta un clima semicálido subhúmedo del grupo C. **(A) C w2 (w) (e)**. El verano es cálido con régimen de lluvia, mientras en invierno las lluvias son escasas; se muestra oscilación extremosa anual y el clima no es tipo Ganges. La clasificación climática se determinó por los datos de las normales climatológicas de la ciudad de Tepic y la clasificación de Köppen-García.¹ Estos datos coinciden con la clasificación climatológica del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI 2010).



Mapa 4. Clasificación climática de la cd. de Tepic.

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

¹ Clasificación climatológica según W. Köppen, modificada por Enrique García.

4.1.2.2 Agrupación bioclimática

La agrupación bioclimática busca relacionar las características del clima respecto a los parámetros básicos de confort humano. Para esta clasificación se utilizan como parámetros base la temperatura promedio del mes más cálido y la precipitación promedio anual. Como se observa en la *figura 4*, la agrupación bioclimática para la ciudad de Tepic es considerada templado húmedo, (Fuentes, Freixanet, V., 2004), ya que la temperatura media anual se encuentra entre los 21°C y 26°C; y la precipitación pluvial anual es mayor a 1000 mm. Estos datos se obtuvieron de la herramienta *Bioclimatic Analysis Tool* (BAT) y son corroboradas con el Código de Edificación de Vivienda.



Figura 4. **Agrupación Bioclimática**

Fuente: Elaboración propia utilizando datos de Servicio Meteorológico Nacional

4.1.2.3 Registros climáticos

Para la elaboración de proyectos bioclimáticos, es necesario obtener información climática de sitio, ya que es la base para realizar dicho proyecto.

Los datos de las variables climáticas que se presentan a continuación, se basan en los registros del observatorio del Servicio Meteorológico Nacional ubicado en la ciudad de Tepic, Nayarit. Estos datos son promedios mensuales de los registros obtenidos del año 1951- 2010. Las gráficas son obtenidas por la herramienta *Bioclimatic Analysis Tool* (BAT).

- **Temperatura Bulbo Seco (TBS)**

Esta variable es una de las más importantes, ya que se puede percibir con gran facilidad, además nos define si el sitio tiende a ser caluroso, templado o frío. Se mide en grados centígrados (° C). Como observamos en la *gráfica 1*, durante todo el año, las temperaturas mínimas se localizan por debajo de la zona de confort mensual, y casi todo el año las temperaturas medias, excepto los meses de junio a septiembre. De acuerdo a

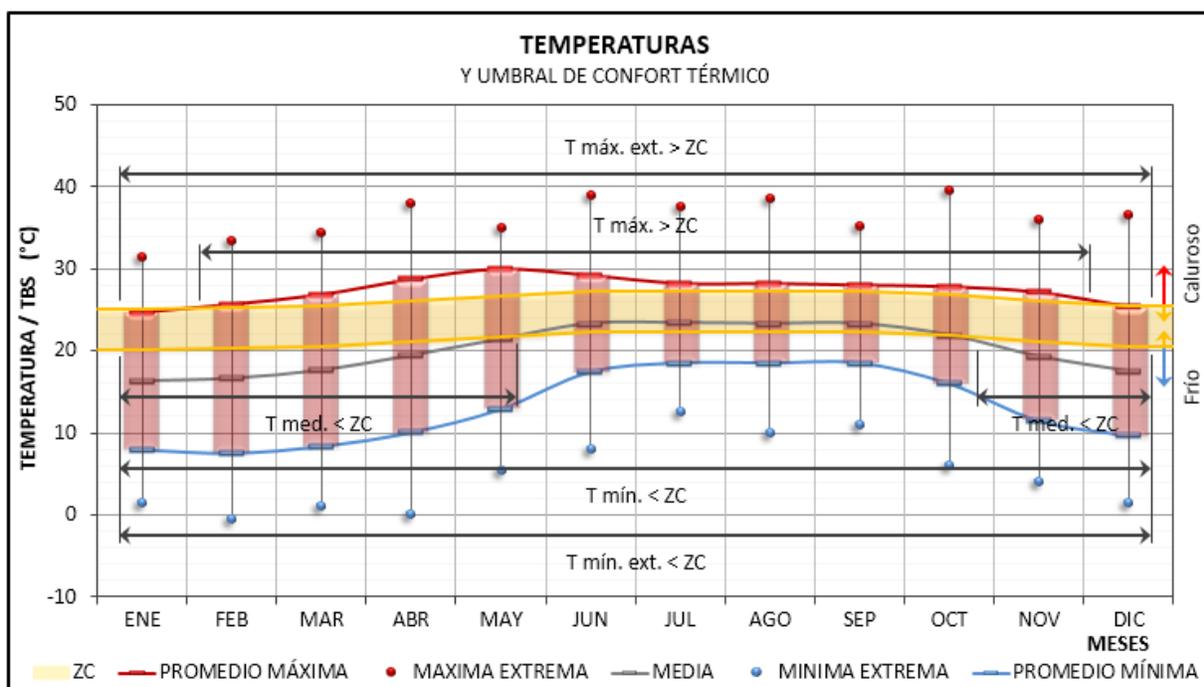
las temperaturas máximas, enero y diciembre son los únicos meses que se localizan dentro de la zona de confort, los demás sobrepasan ligeramente y otros por mucho esta zona.

En la *gráfica 1*, se muestra que la temperatura media más elevada se presenta en el mes de julio (23.4°C), sin embargo, la mayor temperatura máxima se presenta durante el mes de mayo con 30°C, siendo el límite de confort máximo para este mes de 26.7°C, esto representa que la temperatura sobrepasa un poco más de tres grados centígrados. También es necesario considerar que se han alcanzado temperaturas máximas extremas hasta de 39.5°C en octubre y mínimas extremas hasta de -0.4°C en febrero.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
MAXIMA EXTREMA	°C	35	31.5	33.5	34.5	38.0	35.0	39.0	37.5	38.5	35.2	39.5	36.0	36.5	39.5
FECHA	dd/aaaa	n/d	24/2010	27/2003	12/2006	17/2001	28/2001	10/2001	30/2009	16/2009	18/2006	04/2009	14/2008	07/2007	4-oct-2009
PROMEDIO MÁXIMA	°C	35	24.6	25.6	26.8	28.7	30.0	29.2	28.2	28.2	28.0	27.8	27.1	25.3	27.5
MEDIA	°C	35	16.3	16.6	17.6	19.4	21.4	23.3	23.4	23.3	23.3	21.9	19.3	17.5	20.3
PROMEDIO MÍNIMA	°C	35	8.0	7.6	8.4	10.1	12.9	17.4	18.5	18.5	18.5	16.0	11.5	9.7	13.1
MINIMA EXTREMA	°C	35	1.5	-0.4	1.0	0.0	5.5	8.0	12.5	10.0	11.0	6.0	4.0	1.5	-0.4
FECHA	dd/aaaa	n/d	03/2008	18/2004	05/2007	01/2003	22/2002	01/2007	28/2005	21/2006	30/2008	25/2007	23/2001	20/2003	18-feb-2004
MIN. INTEMPERIE	°C	16	10.6	-13.0	-8.4	-2.6	0.4	-2.4	2.0	0.0	-6.8	5.4	-13.8	-10.4	-13.8
FECHA	dd/aaaa	n/d													NOV
OSCILACIÓN	°C	35	16.6	18.0	18.4	18.6	17.1	11.8	9.7	9.7	9.5	11.8	15.6	15.6	14.4

Tabla 1. Temperatura de bulbo seco

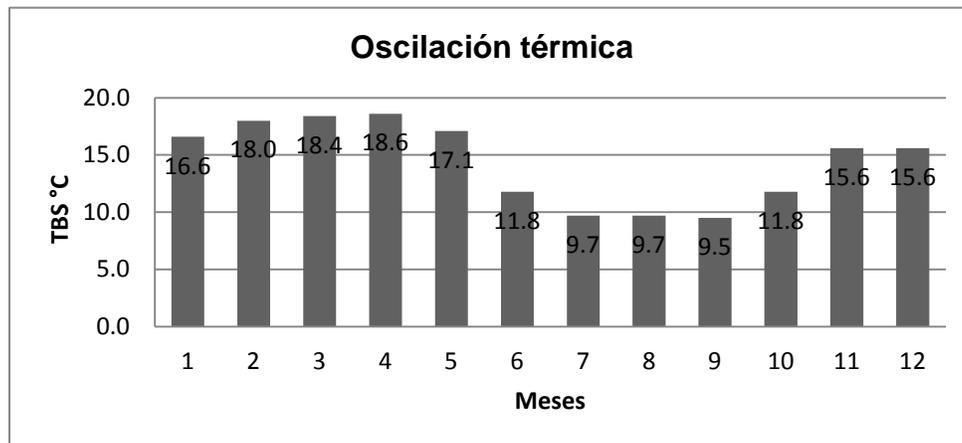
Fuente: Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional



Gráfica 1. Temperatura de bulbo seco

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta *Bioclimatic Analysis Tool* (BAT)

Como se aprecia en la *gráfica 2*, la oscilación térmica más elevada se presenta durante la época más seca y calurosa del año, mientras que disminuyen en la época más húmeda. La oscilación máxima se presenta en el mes de abril con 18.6°C, mientras que la mínima se presenta con 9.5°C en septiembre. El clima de Tepic Nayarit, cuenta con una oscilación media anual de 14.4°C.

Gráfica 2. **Oscilación térmica**

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

- **Humedad Relativa (HR)**

“La humedad relativa es la relación (expresada en porcentaje) de humedad que contiene el aire y la cantidad de agua necesaria para a éste a una misma temperatura”. (Rodríguez, Viqueira, M. 2001).

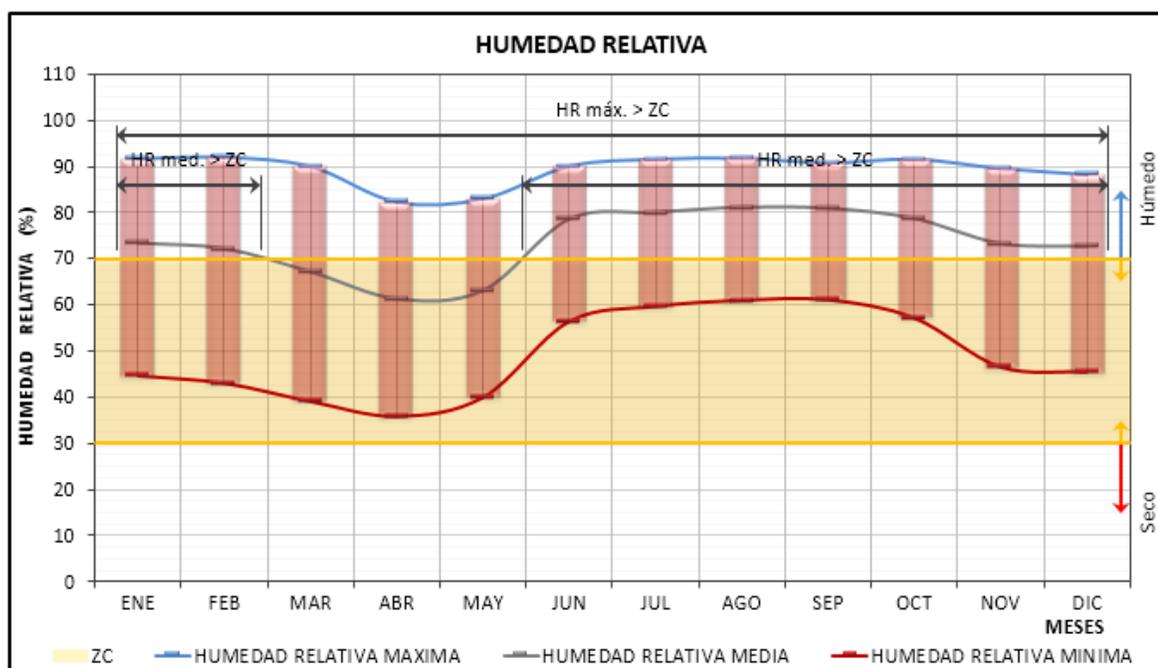
Como podemos observar en la *gráfica 3*, durante todo el año se presenta humedades relativas máximas por encima del confort higrotérmico, donde los meses de abril y mayo muestran los datos menores de 82.3% y 83% respectivamente. La humedad relativa media es encontrada por encima de la zona de confort la mayor parte del año, excepto los meses de marzo, abril y mayo que sí están en esta zona (67.1%, 61.3% y 63.1% respectivamente). Los meses que presentan mayor porcentaje de humedad son de junio a octubre coincidiendo con los meses de mayor precipitación anual, presentándose la máxima en agosto con 81%, es decir por 11% arriba del límite máximo de confort. La humedad relativa mínima es la única que se presenta en la zona de confort todo el año, presentándose el dato mínimo en abril con 36%, y el dato máximo en septiembre con 61%. En este caso, la humedad relativa presenta un comportamiento inverso al de oscilación térmica, es decir, que los meses que presentan mayor humedad relativa y

precipitación anual, son los mismos que presentan una oscilación térmica menor (meses más húmedos y calurosos), y los meses con menor humedad relativa presentan un mayor grado de oscilación térmica (meses más secos).

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
TENSION MEDIA DE VAPOR	mb	20	15.2	15.2	15.3	15.5	18.6	22.8	23.6	22.8	23.9	22.2	17.8	15.1	19.0
HUMEDAD RELATIVA MAXIMA	%	20	91.6	91.9	89.9	82.3	83.0	90.0	91.5	91.7	90.7	91.5	89.5	88.2	89.3
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	%	20	73.3	72.1	67.1	61.3	63.1	78.5	79.9	81.0	80.8	78.6	73.2	72.6	73.5
HUMEDAD RELATIVA MINIMA	%	20	44.7	43.1	39.2	36.0	40.1	56.4	59.6	60.9	61.0	57.1	46.6	45.5	49.2
EVAPORACIÓN TOTAL	mm	21	101.5	123.0	174.4	205.0	228.8	193.8	164.1	155.5	131.2	127.5	108.0	94.7	1,807.5
TEMP. DE BULBO HÚMEDO	°C	20	12.9	13.1	13.1	13.4	15.0	19.7	20.1	20.4	20.3	18.5	15.4	13.0	16.2

Tabla 2. **Humedad Relativa**

Fuente: Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional



Gráfica 3. **Humedad Relativa**

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

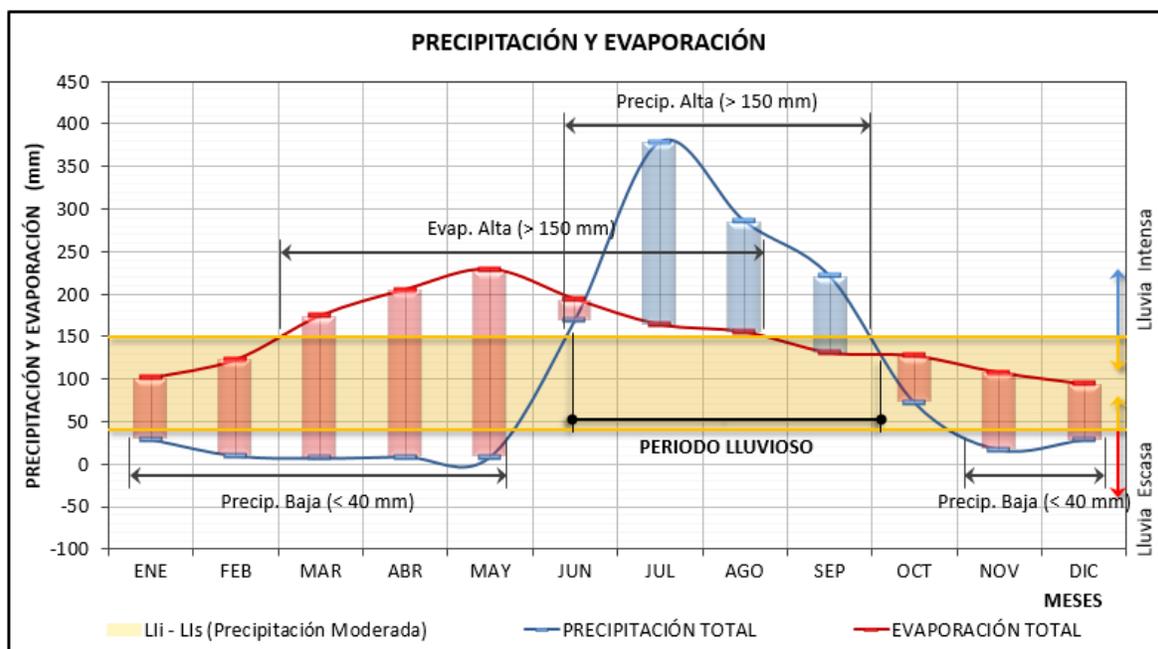
- **Precipitación y evaporación**

En la *gráfica 4*, se puede visualizar el comportamiento de precipitación y evaporación de la ciudad de Tepic, durante todos los meses del año. La precipitación se presenta en forma de lluvia (gotas de agua en estado líquido) y sólo como fenómenos especiales en granizo (forma sólida de cristales de hielo). Como se puede apreciar en el diagrama, se presentan dos períodos de acuerdo a la precipitación. La época de precipitación alta inicia a mediados del mes de junio y termina en los primeros días de octubre. Es considerado también como período lluvioso, con precipitaciones de 200mm hasta 380mm. Mientras

que el *período de secas* o precipitación baja, empieza a partir del mes de octubre y finaliza en el mes de mayo, siendo alrededor de 8 meses. La relación entre precipitación y evaporación es contrastante, sin embargo, es lógica; ya que durante el período octubre-mayo se presentan los valores de evaporación más altos, es decir, con menor humedad. Reconociendo marzo, abril y mayo como los meses más secos, cuando la cantidad de lluvia es nula o casi nula. En cambio, a mediados del mes de mayo hasta finales del mes septiembre son los más húmedos, debido a la alta precipitación.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
TOTAL	mm	35	29.5	10.1	7.4	9.1	8.9	169.7	378.6	285.6	221.5	72.9	17.5	29.1	1,239.9
MAXIMA	mm	35	181.2	76.4	177.1	241.6	81.1	364.2	534.3	487.8	381.0	189.9	140.8	138.5	534.3
FECHA	aaaa	n/d	1987	1970	1968	1959	1956	1974	1988	1980	1967	1958	1976	1960	JUL-1988
MAXIMA EN 24 h	mm	35	103.9	46.9	95.1	69.5	49.0	145.8	146.5	105.0	113.1	103.5	67.5	56.5	146.5
FECHA	dd/aaaa	n/d	12/1987	11/1978	04/1968	13/1959	19/1958	20/1974	05/1983	12/1983	17/1986	05/1955	25/1982	25/1982	5-jul-1983

Tabla 3. **Precipitación**
 Fuente: Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional



Gráfica 4. **Precipitación y Evaporación**
 Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT)

• **Radiación Solar**

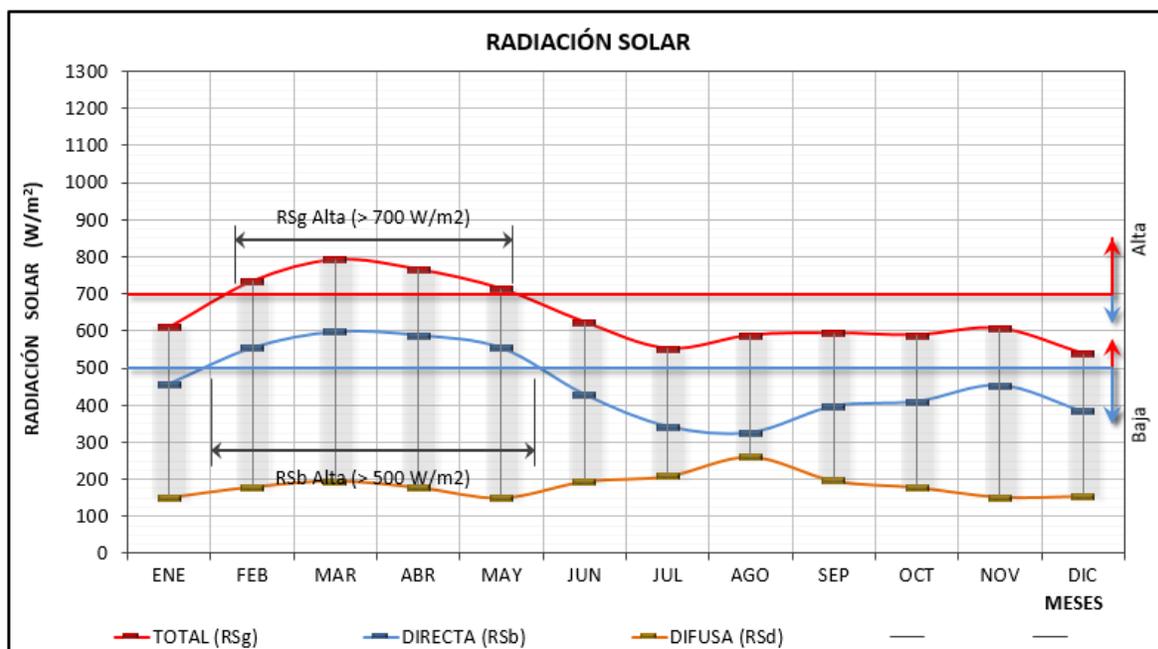
En la *gráfica 5*, se identifica que el rango de radiación total alta se presenta en los primeros días de febrero hasta mediados de mayo, con datos de 700W/m² hasta 800W/m². En cambio, a partir de junio a enero se reduce y se mantiene alrededor de los 600W/m². De igual manera, el comportamiento de la radiación directa durante el período febrero-mayo se suscitan los valores más altos.

En los meses junio, julio y agosto la radiación desciende considerablemente, debido principalmente a la alta nubosidad. La radiación también es baja de noviembre a enero, debido a la declinación solar en invierno (1°57'). En cuanto a la radiación difusa, oscila entre los 150 y 200W/m², con un desfase en el mes de agosto.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	AÑOS	MESES												ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
INSOLACIÓN TOTAL	h	20	249.0	249.0	303.0	293.0	316.0	222.0	181.0	183.0	156.0	234.0	241.0	221.0	2,848.0
TOTAL (Global)	W/m ²	1	609.5	735.0	793.4	766.6	714.0	623.4	551.8	588.0	594.0	588.6	606.3	538.0	642.4
DIRECTA	W/m ²	1	458.1	554.7	597.4	588.1	553.9	429.0	343.2	326.8	397.6	410.1	453.9	383.3	458.0
DIFUSA	W/m ²	1	151.4	180.3	195.9	178.6	150.1	194.5	208.7	261.2	196.5	178.5	152.5	154.7	183.6

Tabla 4. Radiación solar

Fuente: Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional



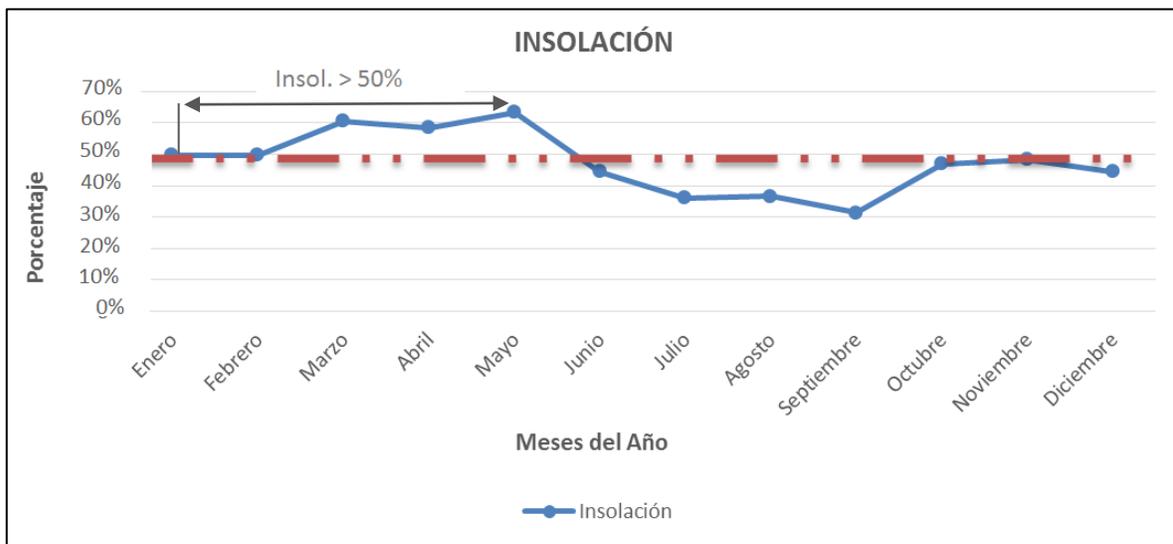
Gráfica 5. Radiación solar

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

- **Insolación**

La insolación es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la tierra en un día concreto o en un año. En la gráfica 6, se observa que la insolación está presentada como porcentaje de las horas de sol directo con respecto a la duración del día. Aunque también puede representarse por el porcentaje de las horas de sol directo con el número de horas con radiación solar mayor a 120 W/m², es decir con respecto a la insolación máxima posible registrada.

Para este caso se tomó como límite de la insolación el 50%. Es decir, cuando por lo menos la mitad de las horas del día se cuenta con radiación solar directa. De acuerdo al diagrama, se cuenta con una buena insolación en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo. El resto de los meses, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, cuentan con una insolación menor al 50%. Destacándose mayo como el mes con mayor insolación y septiembre como el mes con menor insolación al año, en la ciudad de Tepic, Nayarit.



Gráfica 6. **Datos anuales de la insolación en la ciudad de Tepic, Nayarit.**
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta *Bioclimatic Analysis Tool* (BAT).

- **Días grado**

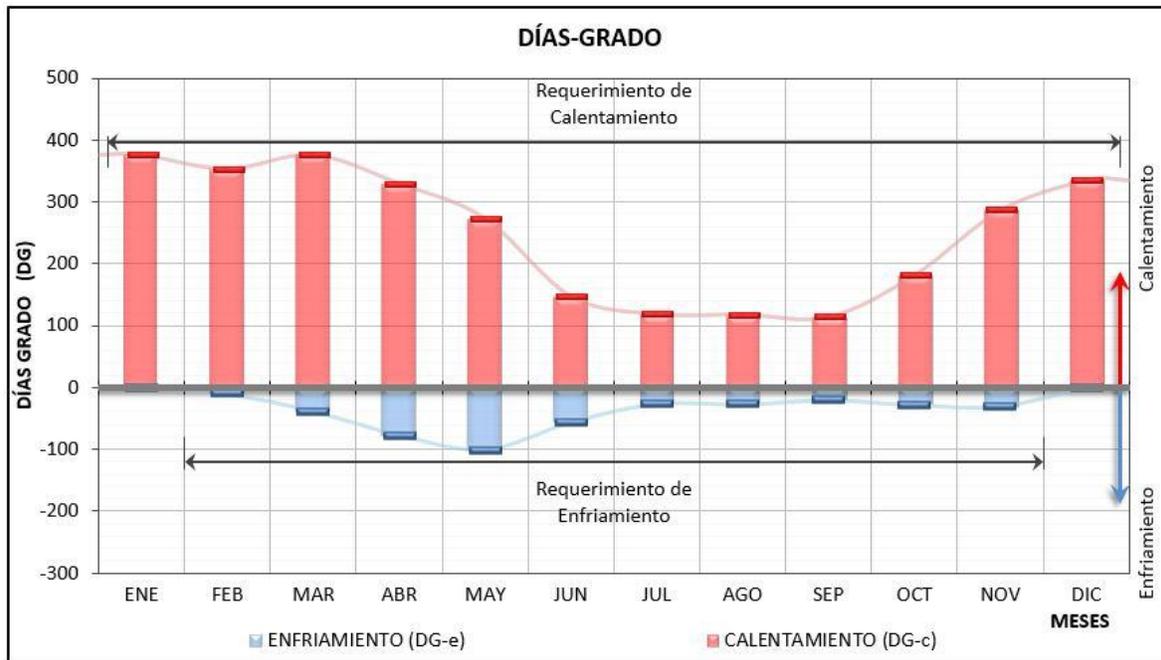
Los días grado son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. Los días grado se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados centígrados o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo.

En la *gráfica 7*, los días grado representan los meses de todo el año en la Ciudad de Tepic, Nayarit. Cuando el valor es positivo, se requiere calentamiento y cuando es negativo se requiere enfriamiento. Cuando el valor es cero, las condiciones son confortables.

De acuerdo a la *gráfica 1, Temperaturas de bulbo seco*, y a la *gráfica 7, días grado*, los meses de enero y diciembre no requieren de enfriamiento, ya que no presentan temperaturas de sobrecalentamiento en ningún día del mes. El mes de mayo requiere enfriamiento a mayor escala (en un horario de 14:00 a 17:00 horas), seguido por los meses de marzo, abril y junio, al presentar los mayores índices de sobrecalentamiento, en todo el año; posteriormente, los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, también requieren de las estrategias para el enfriamiento, pero a una menor escala.

Los requerimientos de calentamiento, son necesarios durante todo el año, pero solo a ciertas horas del día, sobre todo en la madrugada. Estos requerimientos son muy bajos en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. El mes de octubre, requiere de calentamiento a partir de las 3:00 hasta las 8:00 de la mañana, con un rango de 5 horas al día. En noviembre, el rango de horas que necesita de calentamiento, comienza a ampliarse, teniendo un horario de 0:00 hasta las 9:00 de la mañana, aumentando 4 horas más que el mes de octubre.

Los meses que requieren de mayor calentamiento, son diciembre y enero, al no presentar sobrecalentamiento en ningún día del mes; el horario necesario de calentamiento, comienza a partir de las 23:00 horas y termina hasta las 10:00 de la mañana. Los meses de febrero y marzo, necesitan calentamiento, pero en un rango menor de tiempo, ya que en estos meses comienzan las horas de sobrecalentamiento en el año; el horario necesario de calentamiento, comienza a partir de las 0:00 horas y termina hasta las 10:00 de la mañana. Los meses de abril y mayo, son los meses con mayor sobrecalentamiento en todo el año, pero de acuerdo a la tabla de temperaturas, necesitan de un ligero calentamiento, en un horario a partir de la 1:00 hasta las 9:00 de la mañana.



Gráfica 7. Días grado

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

- **Vientos**

Las velocidades medias del viento en la ciudad de Tepic, durante el año son constantes, y son consideradas altas. Se encuentran por arriba de la velocidad de viento óptima para interiores (1.0 m/s), con una velocidad promedio de 1.5 m/s. Ningún mes presenta velocidad menor al 1.0 m/s, todos los meses del año se mantienen superior a este rango.

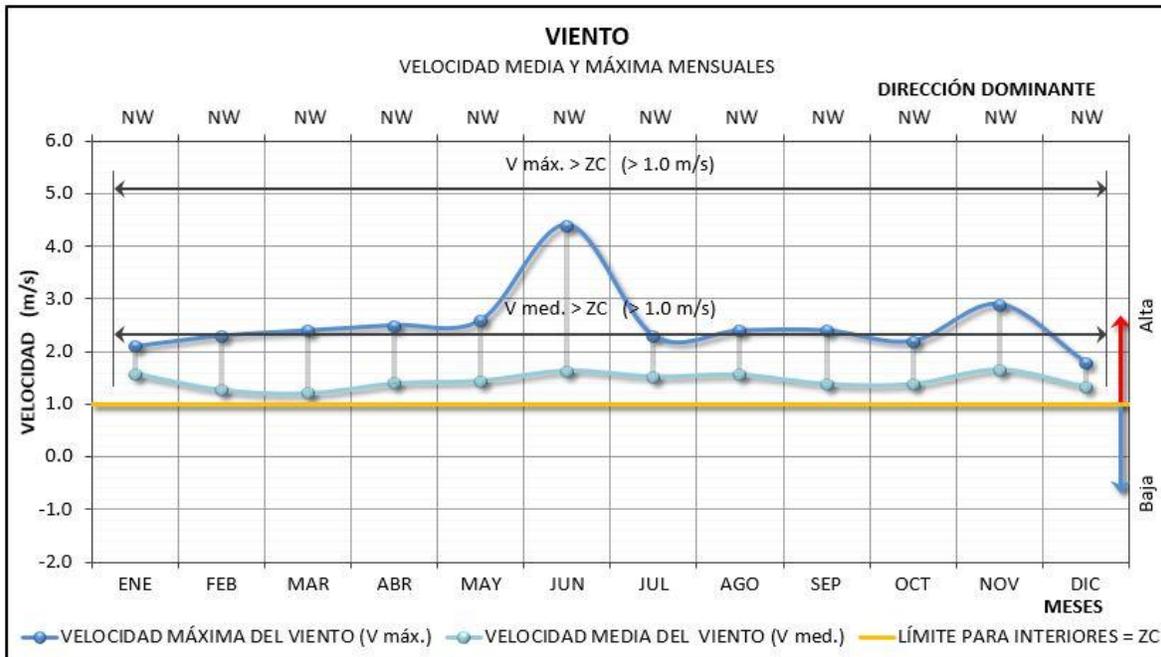
Como podemos apreciar en la *gráfica 8*, las velocidades máximas en todo el año, también son consideradas como altas, con una velocidad promedio de los 2.5 m/s. El mes de diciembre, se encuentra por debajo de los 2.0 m/s, siendo el mes con menor velocidad de viento, en todo el año. Cabe destacar que el viento adquiere su mayor fuerza en el mes de Junio, con una velocidad superior a los 4.0 m/s, seguido por Noviembre, con una velocidad de poco menos de los 3.0 m/s. Los meses restantes superan la velocidad de los 2.0 m/s.

La frecuencia anual predominante del viento en la ciudad de Tepic, se da en la dirección Noroeste (NW), como se observa en la *gráfica 8*. Se recomienda proteger las ventanas en la temporada de lluvias de los vientos que vienen del Noroeste (NW), especialmente en el mes de junio, julio y agosto.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	UNIDAD	MESES												ANUAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
DOMINANTE		NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW
REINANTE		SE	W	NW	NW	NW	S	NW	W	NW	NW	NW	S	NW
MÁXIMA	m/s	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	4.4	2.3	2.4	2.4	2.2	2.9	1.8	2.3
PROMED.	m/s	1.6	1.3	1.2	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.4	1.4	1.7	1.3	1.4
CALMAS	(%)	0.6	0.3	1.7	-0.2	0.0	0.2	-0.1	0.3	0.2	0.3	0.0	0.9	0.3

Tabla 5. Viento

Fuente: Normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional



Gráfica 8. Velocidad del Viento Mensual.

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

En las rosa de vientos mensuales se observan distintos comportamientos del viento a lo largo del año. A continuación se describe la *gráfica 9, Dirección de viento los meses de enero a junio* y *gráfica 10, Dirección del viento los meses de julio a diciembre*.

Enero. El rango de vientos dominantes surge en el Noroeste (NW), durante todo mes. El origen de los vientos dominantes provienen de la misma dirección (NW), con una velocidad de 1.6 m/s y frecuencia del 70.3%. El origen de los vientos reinantes, se localiza en la dirección Sureste (SE), con una velocidad de 2.1 m/s. El promedio de calmas en el mes de enero es del 0.6%.

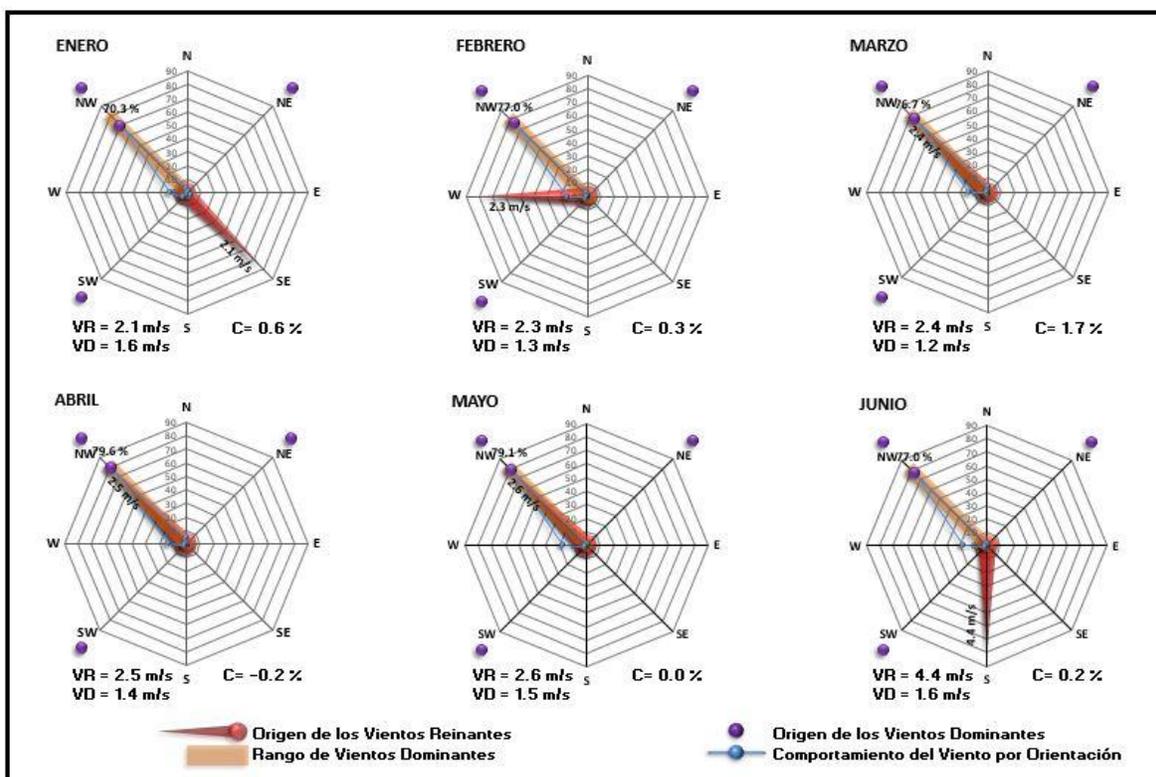
Febrero. El rango predominante en este mes es el Noroeste (NW), al igual que el origen de los vientos, con una velocidad de 1.3 m/s y frecuencia del 77.0%. El origen de los vientos reinantes, se localiza en la dirección Oeste (W), con una velocidad de 2.3 m/s. El promedio de calmas en el mes de febrero es del 0.3%.

Marzo. El rango de vientos dominantes se localiza al Noroeste (NW), durante todo el mes. El origen de los vientos dominantes, tiene una velocidad de 1.2 m/s y frecuencia del 76.7%. El origen de los vientos reinantes surge en la misma dirección que los dominantes, y trae consigo una velocidad de 2.4 m/s. El promedio de calmas es del 1.7%.

Abril. El rango de dirección del viento se encuentra en el Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes está localizado en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.4 m/s y frecuencia del 79.6%. En los vientos reinantes, el origen surge en la dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 2.5 m/s. El promedio de calmas en el mes de abril es del -0.2%.

Mayo. En este mes, la dirección del viento se estabiliza dentro del rango Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes está localizado en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.5 m/s y frecuencia del 79.1%. En los vientos reinantes, el origen se encuentra en la dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 2.6 m/s. El promedio de calmas en el mes de mayo es del 0.00%.

Junio. La dirección del viento sigue estabilizada en el rango Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes se mantiene en la misma dirección, con una velocidad de 1.6 m/s y frecuencia del 77.0%. El origen de los vientos reinantes se localiza en el Sur (S) con una velocidad de 4.4 m/s. El promedio de calmas en el mes de junio es del 0.2%.



Gráfica 9. Dirección del Viento de los meses enero-junio

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

Julio. En este mes el viento se localiza en el rango del Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes se encuentra en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.5 m/s y frecuencia del 67.7%. El origen de los vientos reinantes, se localiza en la misma dirección que la de los vientos dominantes, a diferencia de la velocidad, el promedio es de 2.3 m/s. Las calmas del mes son del -0.1%.

Agosto. En este mes, el viento sigue inclinado en la dirección del Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes se encuentra en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.6 m/s y frecuencia del 69.7%. El origen de los vientos reinantes se localiza en el Oeste (W) con una velocidad de 2.4 m/s. El promedio de calmas en el mes de agosto es del 0.3%.

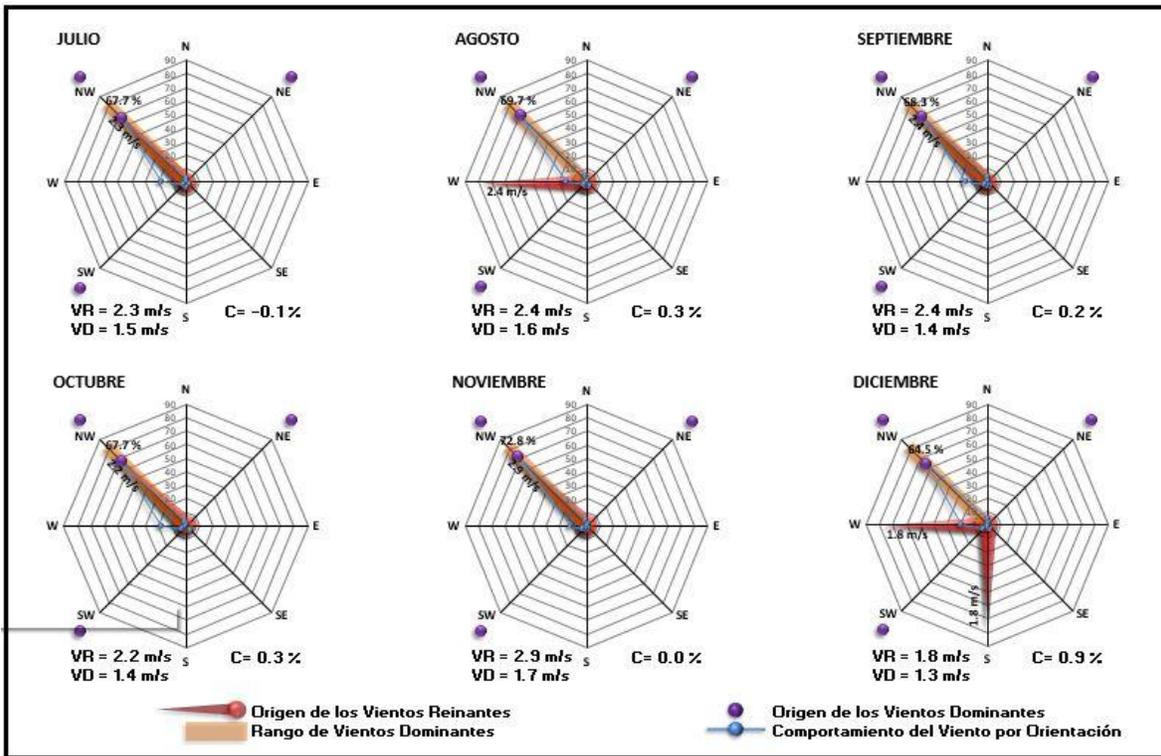
Septiembre. El viento se mantiene en la dirección del Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes se encuentra en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.4 m/s y frecuencia del 68.3%. El origen de los vientos reinantes no varía, y

se localiza también, en el Noroeste (NW) con una velocidad de 2.4 m/s. El promedio de calmas en el mes de septiembre es del 0.2%.

Octubre. El mes de octubre, sigue en la dirección del Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes se encuentra en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.4 m/s y frecuencia del 67.7%. Los vientos reinantes se localizan también en el Noroeste (NW), pero con una velocidad de 2.2 m/s. El promedio de calmas en el mes de octubre junio es del 0.3%.

Noviembre. En este mes, el viento también se localiza en el rango del Noroeste (NW). El origen de los vientos dominantes se encuentra en la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.7 m/s y frecuencia del 72.8%. El origen de los vientos reinantes se localiza también en el Noroeste (NW) con una velocidad de 2.9 m/s. El promedio de calmas en el mes de noviembre es del 0.00%.

Diciembre. La dirección de este mes se vuelve variable, el rango de los vientos dominantes es al Noroeste (NW). Teniendo como origen de los vientos dominantes la misma dirección Noroeste (NW), con una velocidad de 1.3 m/s y frecuencia del 64.5%, pero con un origen de los vientos reinantes entre el Sur (S) y el Oeste (W), con una velocidad de 1.8 m/s. El promedio de calmas en el mes de diciembre es del 0.9%.



Gráfica 10. Dirección del Viento de los meses julio-diciembre

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

4.1.2.4 Síntesis climática

Para poder manejar de manera más sencilla los datos climáticos de la ciudad de Tepic, es necesario realizar una síntesis climática sobre la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa en forma horaria mensual. Ambas variables se consideran las más importantes para el análisis climático.

- **Temperatura horaria mensual**

La temperatura horaria mensual consiste en el promedio de temperatura por cada hora durante cada mes del año. Para la obtención de estos datos fue necesario utilizar los datos brindados por las normales del Sistema Meteorológico Nacional de CONAGUA y al programa de simulación Bioclimatic Analysis Tool (BAT). En la tabla 6, se observa la temperatura horaria mensual de la ciudad de Tepic, Nayarit.

Escala Cromática (ZC mensual)

Sobrecalentamiento (SC)	30.4	<	
	28.4	30.4	
	26.4	28.4	
Confort (CF)	21.4	26.4	
Bajocalentamiento (BC)	19.4	21.4	
	17.4	19.4	
	<	17.4	

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

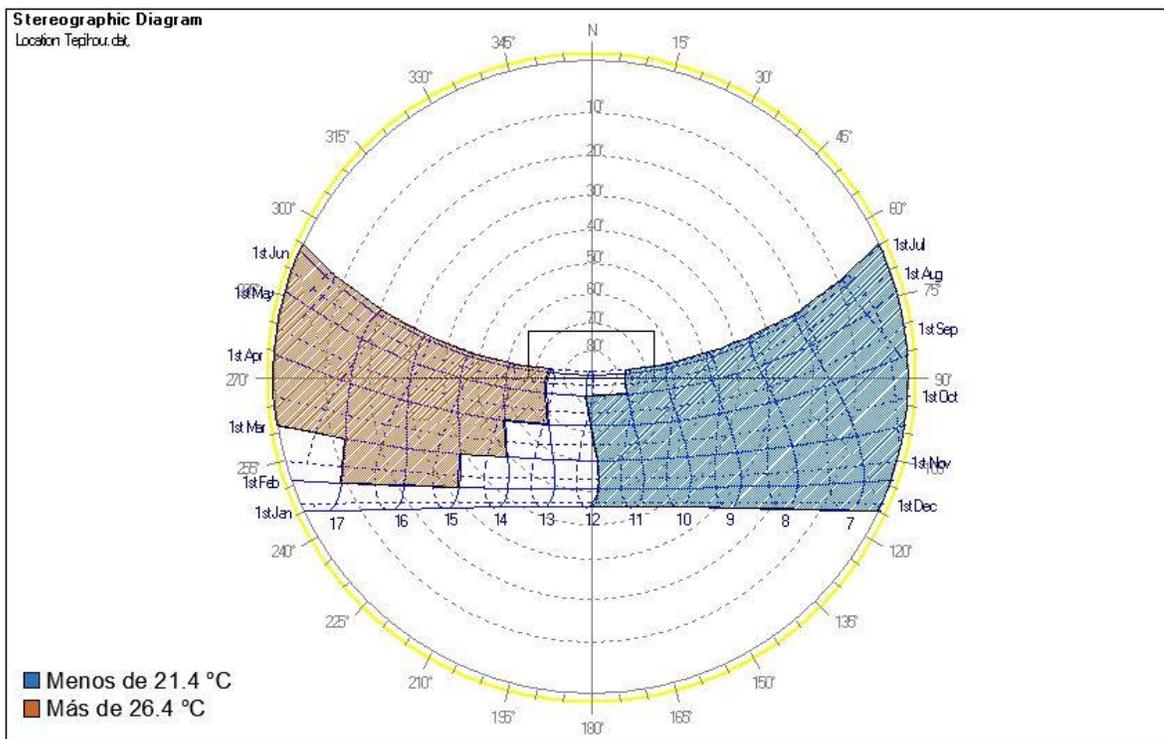
PROM. TEMP.		HORA	A partir del umbral de confort térmico MENSUAL																								BC %	CF %	SC %
Min.	Max.		05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00			
8.0	24.6	ENE	8.2	8.0	8.5	9.9	12.2	14.9	17.7	20.5	22.7	24.1	24.6	24.4	23.9	23.0	21.9	20.5	18.9	17.2	15.4	13.7	12.2	10.7	9.6	8.7	62.5	37.5	0.0
7.6	25.6	FEB	7.8	7.6	8.1	9.7	12.1	15.0	18.2	21.1	23.5	25.1	25.6	25.4	24.8	23.9	22.6	21.1	19.4	17.5	15.7	13.8	12.1	10.6	9.3	8.4	62.5	29.2	8.3
8.4	26.8	MAR	8.6	8.4	9.0	10.6	13.0	16.0	19.2	22.2	24.6	26.2	26.8	26.6	26.0	25.0	23.8	22.2	20.4	18.6	16.6	14.8	13.0	11.4	10.2	9.2	62.5	20.8	16.7
10.1	28.7	ABR	10.3	10.1	10.7	12.3	14.8	17.8	21.0	24.1	26.5	28.1	28.7	28.5	27.9	26.9	25.6	24.1	22.3	20.4	18.4	16.5	14.8	13.2	11.9	10.9	58.3	16.7	25.0
12.9	30.0	MAY	13.1	12.9	13.4	14.9	17.2	20.0	22.9	25.7	28.0	29.5	30.0	29.8	29.3	28.4	27.2	25.7	24.1	22.3	20.6	18.8	17.2	15.7	14.5	13.6	50.0	20.8	29.2
17.4	29.2	JUN	17.5	17.4	17.8	18.8	20.4	22.3	24.3	26.3	27.8	28.8	29.2	29.1	28.7	28.1	27.2	26.3	25.1	23.9	22.7	21.5	20.4	19.4	18.5	17.9	45.8	29.2	25.0
18.5	28.2	JUL	18.6	18.5	18.8	19.6	20.9	22.5	24.2	25.8	27.1	27.9	28.2	28.1	27.8	27.3	26.6	25.8	24.8	23.9	22.8	21.9	20.9	20.1	19.4	18.9	41.7	41.7	16.7
18.5	28.2	AGO	18.6	18.5	18.8	19.6	20.9	22.5	24.2	25.8	27.1	27.9	28.2	28.1	27.8	27.3	26.6	25.8	24.8	23.9	22.8	21.9	20.9	20.1	19.4	18.9	41.7	41.7	16.7
18.5	28.0	SEP	18.6	18.5	18.8	19.6	20.9	22.4	24.1	25.6	26.9	27.7	28.0	27.9	27.6	27.1	26.4	25.6	24.7	23.7	22.8	21.8	20.9	20.1	19.4	18.9	41.7	41.7	16.7
16.0	27.8	OCT	16.1	16.0	16.4	17.4	19.0	20.9	22.9	24.9	26.4	27.4	27.8	27.7	27.3	26.7	25.8	24.9	23.7	22.5	21.3	20.1	19.0	18.0	17.1	16.5	50.0	33.3	16.7
11.5	27.1	NOV	11.7	11.5	12.0	13.3	15.4	17.9	20.7	23.2	25.3	26.6	27.1	26.9	26.4	25.6	24.5	23.2	21.7	20.1	18.5	16.9	15.4	14.1	13.0	12.2	58.3	25.0	16.7
9.7	25.3	DIC	9.9	9.7	10.2	11.5	13.6	16.1	18.9	21.4	23.5	24.8	25.3	25.1	24.6	23.8	22.7	21.4	19.9	18.3	16.7	15.1	13.6	12.3	11.2	10.4	62.5	37.5	0.0
13.1	27.5	ANUAL	13.2	13.1	13.5	14.8	16.7	19.0	21.5	23.9	25.8	27.0	27.5	27.3	26.8	26.1	25.1	23.9	22.5	21.0	19.5	18.1	16.7	15.5	14.5	13.7	53.1	31.3	15.6

Tabla 6. Temperatura horaria mensual de la ciudad de Tepic, Nayarit.

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

- **Temperaturas horarias en gráfica solar**

Las temperaturas anuales representadas en la gráfica solar se dividieron por semestres. La primera gráfica solar (*Gráfica 11*), representa los meses de Enero-Junio. La segunda gráfica solar (*Gráfica 12*) representa los meses de Julio-Diciembre. Se muestran sin color el mes y el horario cuando se encuentra en confort, el color cálido (rojo) el mes y el horario cuando presenta temperaturas altas, más de 26.4 °C y el color frío (azul) el mes y el horario cuando presentan temperaturas bajas, menos de 21.4 °C.



Gráfica 11. Temperatura Horaria mensual en gráfica solar (Enero-junio)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta AutoCad

Como podemos observar en la *gráfica 11*, el mes de **enero** presenta bajo calentamiento hasta las 11 de la mañana, teniendo una zona de confort de 12 a 20 horas, sin sobrecalentamiento; teniendo entonces, el mayor horario de confort, junto con diciembre, en todo el semestre.

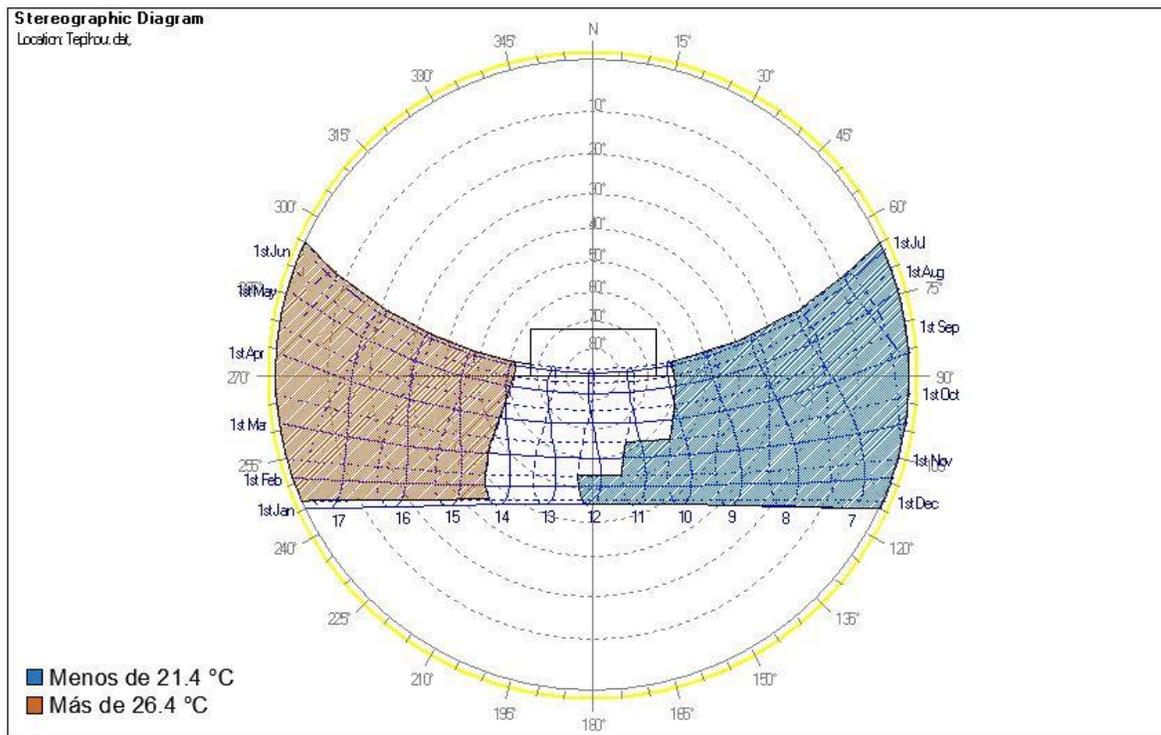
Febrero: los resultados son similares al mes anterior, ya que también existe un bajo calentamiento hasta las 11 de la mañana, disminuyendo la hora de confort, comenzando a partir de las 12 y terminando en las 14 horas, posteriormente con un sobrecalentamiento de 15 a 16 horas.

Marzo: Se tiene el mismo bajo calentamiento que enero y febrero, con un horario de zona confort de 12 a 13 horas, posteriormente con un sobrecalentamiento de 14 a 17 horas.

Abril: Disminuyen las horas de bajo calentamiento presentándose hasta las 11 de la mañana, disminuyendo una hora en la zona de confort, teniendo solo una hora, las 12 horas. A partir de las 13 hasta las 18 horas se percibe el sobrecalentamiento.

Mayo: siguen disminuyendo horas de bajo calentamiento, hasta las 10 de la mañana, teniendo la zona de confort entre las 11 y las 12 horas; el sobrecalentamiento del mes sigue aumentando, con un horario de 13 a 19 horas, siendo el mes con mayor sobrecalentamiento en todo el año.

Junio: Los resultados del bajo calentamiento son similares al mes de mayo, manteniéndose en el mismo horario. La zona de confort se encuentra entre las 11 y las 12 horas, con un horario de sobrecalentamiento de 13 a 18 horas.



Gráfica 12. Temperatura Horaria mensual en gráfica solar (Julio-diciembre)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta AutoCad

En la *gráfica 12*, se observa que en el mes de **julio, agosto y septiembre**, existe un bajo calentamiento hasta las 9 de la mañana, entrando a la zona de confort, a partir de las 10 horas y terminándose a las 13 horas. El sobrecalentamiento comienza después del confort a partir de las 14 horas hasta las 17 horas.

Octubre: En este mes aumenta el bajo calentamiento, presentándose hasta las 10 de la mañana, posteriormente sigue disminuyendo la zona de confort, con un horario de 11 a 13 horas. El sobrecalentamiento se mantiene a partir de las 14 horas hasta las 17 horas.

Noviembre: Sigue aumentando el bajo calentamiento, hasta las 11 de la mañana, y un horario de zona de confort, de 12 a 13 horas; el sobrecalentamiento se localiza de las 14 horas hasta las 17 horas.

Diciembre: Este mes se mantiene el bajo calentamiento hasta las 11 de la mañana, y un horario de zona de confort, de 12 hasta las 20 horas, sin sobrecalentamiento.

Se concluye con base a éste análisis, que la orientación óptima en la Ciudad de Tepic, Nayarit, es aquella que no permita la entrada de rayos solares directos, utilizando dispositivos de control solar que bloquean el paso del sol en las horas de sobrecalentamiento incluso aquellas que se encuentran en confort. Para no elevar las temperaturas en la zona de confort, se recomienda el sombreado en las zonas bajas de esta zona, ya que de permitir la penetración solar, las temperaturas podrían elevarse e incrementar el sobrecalentamiento, esto, sobre todo en los meses de abril, mayo y junio.

Las recomendaciones desde el punto de vista térmico, deben contrastarse en función del viento. Para la Ciudad de Tepic, en la mayoría de los casos el viento prevaleciente se encuentra comprendido entre el noroeste, de tal forma que los dispositivos de ventilación deben diseñarse de tal manera que permitan la ventilación en primavera y restringirla en invierno.

• **Humedad relativa horaria mensual**

La humedad relativa horaria mensual consiste en el promedio de humedad relativa por cada hora durante cada mes del año. Para la obtención de estos datos fue necesario utilizar los datos brindados por las normales del Sistema Meteorológico Nacional de CONAGUA y al programa de simulación Bioclimatic Analysis Tool (BAT). En la *tabla 7*, se observa la humedad relativa horaria mensual de la ciudad de Tepic, Nayarit.

Escala Cromática

Humedad Alta (HA)	80.0	<	
	75.0	80.0	
	70.0	75.0	
Confort (CF)	30.0	70.0	
Humedad Baja (HB)	25.0	30.0	
	20.0	25.0	
	<	20.0	

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

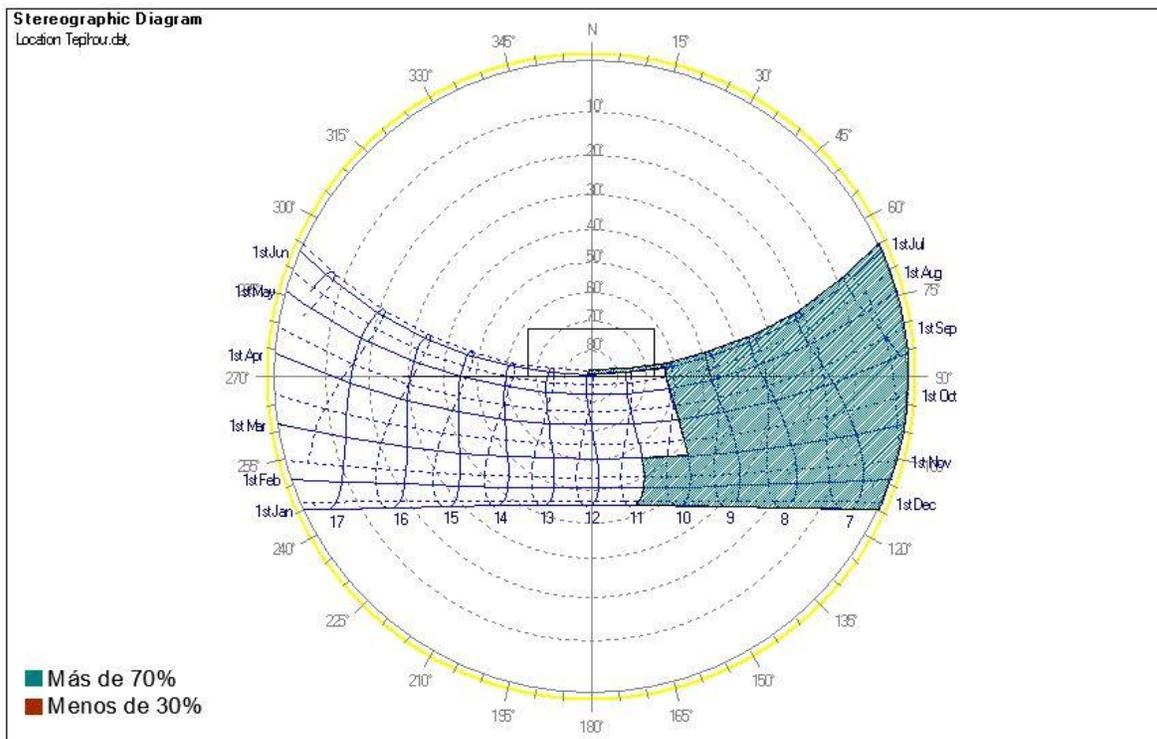
PROM. HUM.		HORA	HORA																								HB	CF	HA
Min.	Max.		05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	%	%	%
44.7	91.6	ENE	91.1	91.6	90.2	86.1	79.9	72.2	64.1	56.4	50.2	46.1	44.7	45.2	46.7	49.2	52.5	56.4	60.9	65.7	70.6	75.4	79.9	83.8	87.1	89.6	0.0	50.0	50.0
43.1	91.9	FEB	91.4	91.9	90.4	86.2	79.7	71.7	63.3	55.3	48.8	44.6	43.1	43.6	45.2	47.8	51.2	55.3	60.0	64.9	70.1	75.0	79.7	83.8	87.2	89.8	0.0	50.0	50.0
39.2	89.9	MAR	89.3	89.9	88.4	84.0	77.2	69.0	60.1	51.9	45.1	40.7	39.2	39.8	41.4	44.0	47.6	51.9	56.7	61.9	67.2	72.4	77.2	81.5	85.1	87.7	0.0	58.3	41.7
36.0	82.3	ABR	81.8	82.3	80.9	76.9	70.7	63.2	55.1	47.6	41.4	37.4	36.0	36.5	38.0	40.4	43.7	47.6	52.0	56.7	61.6	66.3	70.7	74.6	77.9	80.3	0.0	62.5	37.5
40.1	83.0	MAY	82.5	83.0	81.7	78.0	72.3	65.3	57.8	50.8	45.1	41.4	40.1	40.6	42.0	44.2	47.2	50.8	54.9	59.3	63.8	68.2	72.3	75.9	78.9	81.1	0.0	62.5	37.5
56.4	90.0	JUN	89.6	90.0	89.0	86.1	81.6	76.1	70.3	64.8	60.3	57.4	56.4	56.8	57.9	59.6	62.0	64.8	68.0	71.4	75.0	78.4	81.6	84.4	86.8	88.5	0.0	41.7	58.3
59.6	91.5	JUL	91.2	91.5	90.5	87.8	83.5	78.3	72.8	67.6	63.3	60.6	59.6	59.9	61.0	62.6	64.9	67.6	70.6	73.9	77.2	80.5	83.5	86.2	88.5	90.1	0.0	37.5	62.5
60.9	91.7	AGO	91.4	91.7	90.8	88.1	84.0	79.0	73.6	68.6	64.5	61.8	60.9	61.2	62.2	63.8	66.0	68.6	71.5	74.7	77.9	81.1	84.0	86.6	88.8	90.4	0.0	37.5	62.5
61.0	90.7	SEP	90.4	90.7	89.8	87.2	83.3	78.4	73.3	68.4	64.5	61.9	61.0	61.3	62.3	63.8	65.9	68.4	71.3	74.3	77.4	80.4	83.3	85.8	87.9	89.4	0.0	37.5	62.5
57.1	91.5	OCT	91.1	91.5	90.5	87.5	82.9	77.3	71.3	65.7	61.1	58.1	57.1	57.5	58.6	60.4	62.8	65.7	69.0	72.5	76.1	79.6	82.9	85.8	88.2	90.0	0.0	41.7	58.3
46.6	89.5	NOV	89.0	89.5	88.2	84.5	78.8	71.8	64.3	57.3	51.6	47.9	46.6	47.1	48.5	50.7	53.7	57.3	61.4	65.8	70.3	74.7	78.8	82.4	85.4	87.6	0.0	50.0	50.0
45.5	88.2	DIC	87.7	88.2	86.9	83.2	77.5	70.6	63.1	56.2	50.5	46.8	45.5	46.0	47.9	49.6	52.6	56.2	60.3	64.6	69.1	73.4	77.5	81.1	84.1	86.4	0.0	54.2	45.8
49.2	89.3	ANUAL	88.9	89.3	88.1	84.6	79.3	72.7	65.8	59.2	53.9	50.4	49.2	49.6	50.9	53.0	55.8	59.2	63.0	67.2	71.3	75.5	79.3	82.7	85.5	87.6	0.0	48.6	51.4

Tabla 7. Humedad relativa mensual de la ciudad de Tepic, Nayarit.

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

- **Humedad Relativa en gráfica solar**

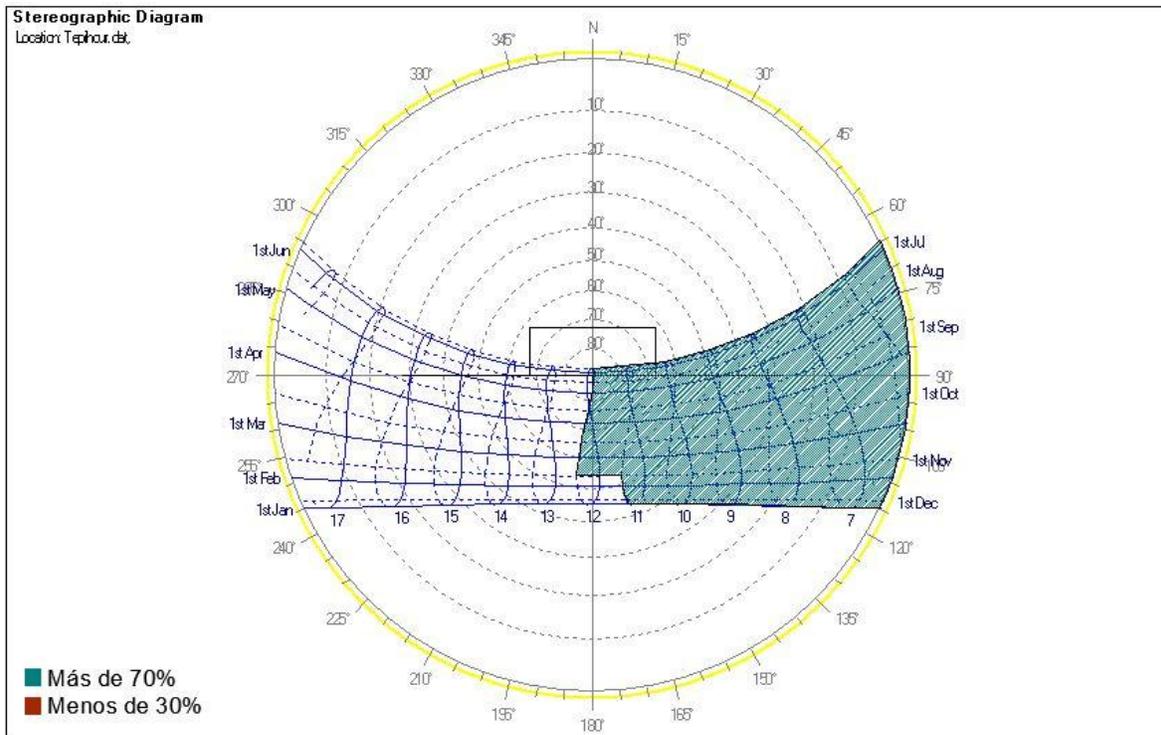
Los resultados de las tablas horarias de humedad relativa para la Ciudad de Tepic, Nayarit, obtenidos del programa Bioclimatic Analysis Tool (BAT), son representados en la gráfica solar divididos por semestres. La *gráfica 13*, representa los meses de enero-junio, y la *gráfica 14*, los meses de julio-diciembre. El color cálido (anaranjado) representa la humedad con menos del 30%, y el color frío (azul) representa la humedad con más del 70%.



Gráfica 13. **Humedad Relativa horaria mensual en gráfica solar (Enero-junio)**

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta AutoCad

En la *gráfica 13*, observamos que los meses de *enero* y *febrero*, la humedad se presenta hasta las 10 de la mañana, comenzando a partir de las 11 hasta las 22 horas la zona de confort. En el mes de *marzo*, la humedad se presenta hasta las 9 de la mañana, comenzando a partir de las 10 hasta las 23 horas la zona de confort. Los meses de *abril* y *mayo*, presentan humedad hasta las 9 de la mañana, comenzando a partir de las 10 hasta las 0:00 horas la zona de confort. En el mes de *junio*, se presenta la humedad hasta las 11 de la mañana, comenzando el área de confort a partir de las 12 hasta las 21 horas (*ver tabla 7*).



Gráfica 14. Humedad Relativa horaria mensual en gráfica solar (Julio-diciembre)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta AutoCad

En la *gráfica 14*, los meses de *julio, agosto y septiembre*, son los meses con mayor humedad en el año, presentando un rango menor de confort, iniciando desde las 12 del mediodía hasta las 20 horas. En el mes de *octubre*, termina la humedad a la misma hora que los meses pasados, iniciando el rango de confort desde el mediodía pero terminando hasta las 21 horas. Ya en el mes de *noviembre*, se sigue ampliando el rango de confort, terminando la humedad por la mañana hasta las 10, y posteriormente comenzando el confort de las 11 hasta las 22 horas. En el mes de *diciembre*, se sigue reduciendo la humedad, ampliándose la zona de confort, comenzando a partir de las 11 de la mañana y terminando hasta las 23 horas (*ver tabla 7*).

Se concluye con base a éste análisis, que el semestre con mayor humedad es el segundo, de Julio a Diciembre; teniendo los tres meses (julio, agosto y septiembre) con mayor humedad en todo el año, y al mismo tiempo presentando menor rango de confort que en el primer semestre, los meses de Enero a Junio. En los meses de Julio a Diciembre, se reduce el rango de horas dentro del confort, al tener los meses con mayor lluvias en el año, por lo cual, se deberían considerar estrategias de deshumidificación en verano. La ciudad de Tepic, Nayarit, presenta humedades altas en todo el año a partir del

70%, como se muestra en la *tabla 2*, (provocadas no solo por la lluvia, sino por la cercanía con el nivel del mar), siendo uno de los estados con mayor humedad anual.

4.1.2.5 Análisis geometría solar

La geometría solar, es un dato importante para el trabajo de investigación, ya que ayuda a determinar estrategias bioclimáticas, considerando la orientación del sol en las diferentes estaciones del año, particularmente al realizar la protección o captación solar.

A continuación se muestran el Ángulo de inclinación de cada mes durante los días 21, a las 12:00 P.M.

PARÁMETROS	UNIDAD	MESES												ANUAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
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	gr (°)	-20.09	-10.84	0.00	11.58	20.02	23.45	20.64	12.38	0.00	-10.42	-19.76	-23.45	
Altura Solar	gr (°)	48.41	57.66	68.50	80.08	88.52	88.05	89.14	80.88	68.50	58.08	48.74	45.05	
Azimut	gr (°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Orto	h.m	6.33	6.17	6.00	5.41	5.27	5.21	5.26	5.40	6.00	6.17	6.33	6.39	6.00
Ocaso	h.m	17.27	17.43	18.00	18.19	18.33	18.39	18.34	18.20	18.00	17.43	17.27	17.21	18.00
Duración del día	h.m	10.54	11.25	12.00	12.37	13.06	13.19	13.08	12.40	12.00	11.27	10.55	10.41	12.00

Tabla 8. Análisis solar (Día 21 /12:00)

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

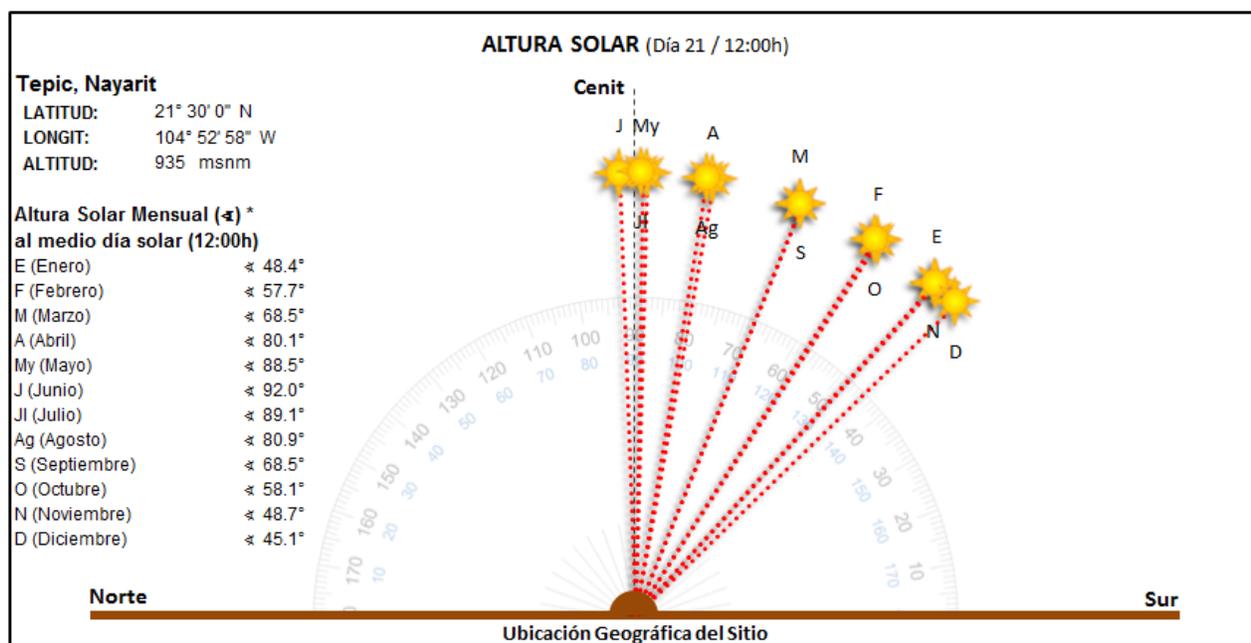


Figura 5. Geometría Solar de la ciudad de Tepic.

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

4.1.3 Análisis bioclimático

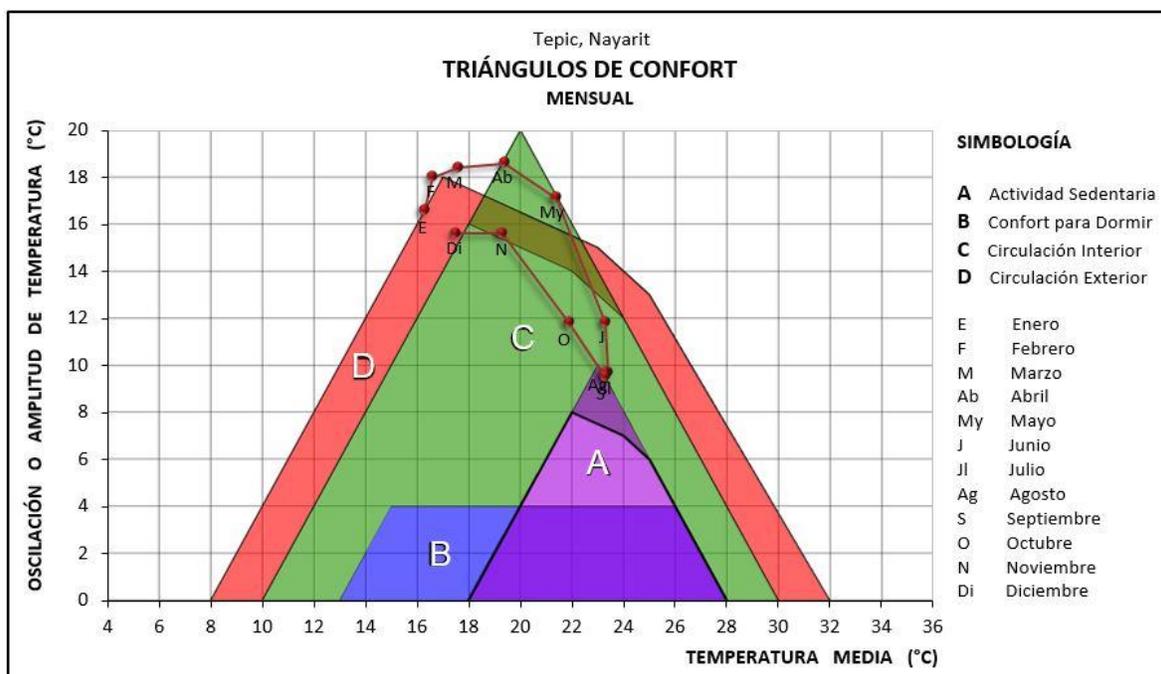
Para realizar dicho análisis, fue necesario tomar como base la metodología de diseño del Fuentes Fraixanet, V. (2004). Esta metodología se adecuo por el Mtro. Francisco Álvarez Partida, ya que se implantaron algunas otras referencias, programas de cálculo y manejo de redundancias para comparar resultados. De esta manera, obtener mayor certeza en la selección de estrategias y en caso de tener discrepancia, optar por la más sólida o por comprobación práctica.

4.1.3.1 Análisis mensual y anual

- **Triángulo de Evans (Temperatura y oscilación)**

Es una técnica gráfica de diseño bioclimático que tiene énfasis en la oscilación térmica. Los triángulos permiten visualizar la relación entre condiciones climáticas y condiciones deseables de confort, y de esta manera seleccionar estrategias de diseño bioclimático y verificar el funcionamiento de edificios existentes a través de la amplitud térmica y su modificación al aplicar estrategias bioclimáticas. La oscilación térmica y temperatura media mensual, son datos necesarios para la utilización de este método, las cuales son graficados en dos diferentes triángulos; Triángulo de confort y triángulo de estrategias bioclimáticas.

Como podemos observar en la *gráfica 15*, el triángulo de confort, define el tipo de confort mediante la actividad que se desee realice. (Actividad sedentaria, confort para dormir, circulación interior y circulación exterior). En la *gráfica 16*, se definen estrategias de diseño, muestra el recurso bioclimático a utilizar como: ventilación cruzada, ventilación selectiva, inercia térmica, ganancias internas y ganancias solares.

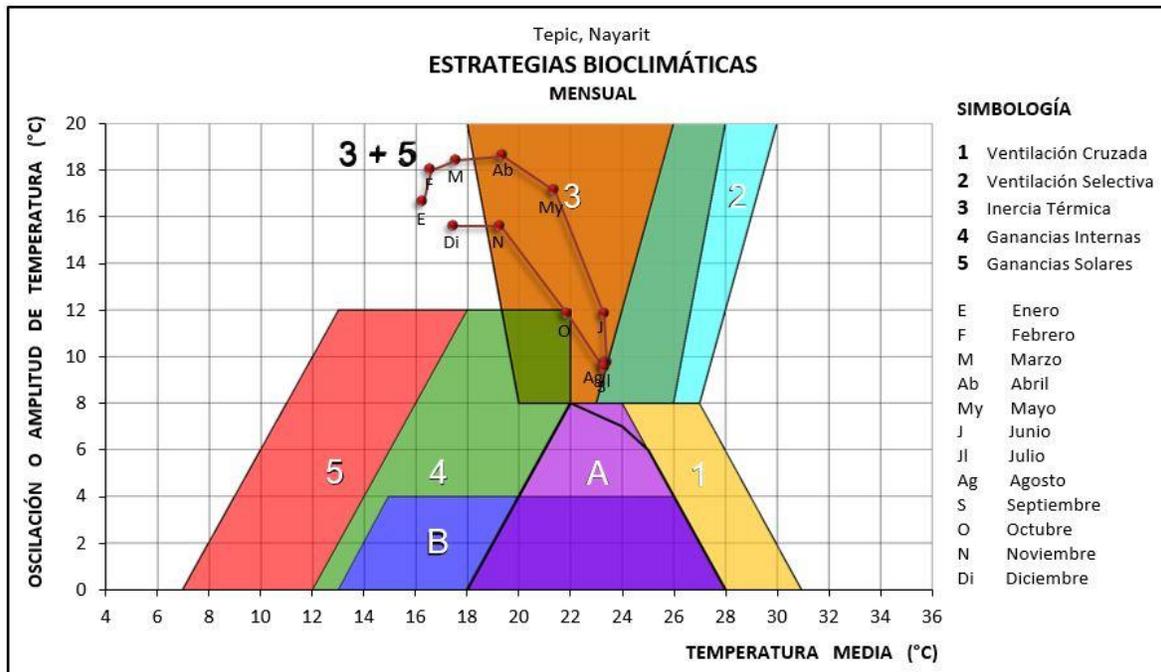


Gráfica 15. Triángulo de Confort mensual

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el programa de análisis bioclimático, Bioclimatic Analysis Tool (BAT), creado y facilitado por los autores: Dr. Arq. Víctor Fuentes y el Dr. D. Julio Rincón, la interpretación de los triángulos de confort mensual de EVANS, es presentada a continuación.

En el mes de febrero y marzo, las condiciones de temperatura y oscilación están fuera del confort. Enero y diciembre, se encuentran dentro del confort de exteriores, y los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, las condiciones son adecuadas para circulaciones interiores. Ningún mes presenta condiciones de confort para actividades nocturnas, tampoco presentan condiciones adecuadas de confort para las actividades sedentarias, esto, dentro de los resultados del triángulo de confort (Ver figura 16).



Gráfica 16. Estrategias bioclimáticas mensuales

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

Con el objeto de obtener las estrategias de diseño bioclimático utilizando los parámetros de temperatura media y oscilación (Ver gráfica 15), se utilizaron los triángulos propuestos por John Martin Evans en el 2000. Con respecto a los triángulos de estrategias bioclimáticas (Ver gráfica 16), para los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, la combinación de la inercia térmica de los materiales y la ganancia solar directa e indirecta, son las principales estrategias a considerar. Para los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre, la inercia térmica es la principal estrategia a seguir; todo esto para lograr el confort adecuado dentro del edificio o la vivienda en la ciudad de Tepic, Nayarit. Es importante mencionar, que ningún mes requiere, en este caso, la ventilación cruzada ni la ventilación selectiva; las ganancias internas, están muy por debajo de las principales necesidades dentro de la Ciudad.

Definición de las principales estrategias bioclimáticas obtenidas

- 1) **Inercia Térmica:** Estrechamente relacionada con los puntos anteriores se encuentra la masividad de las estructuras o inercia térmica como la principal estrategia de diseño recomendable en el año, ya que ayudará a reducir las oscilaciones de temperatura y a controlar las variaciones de humedad.

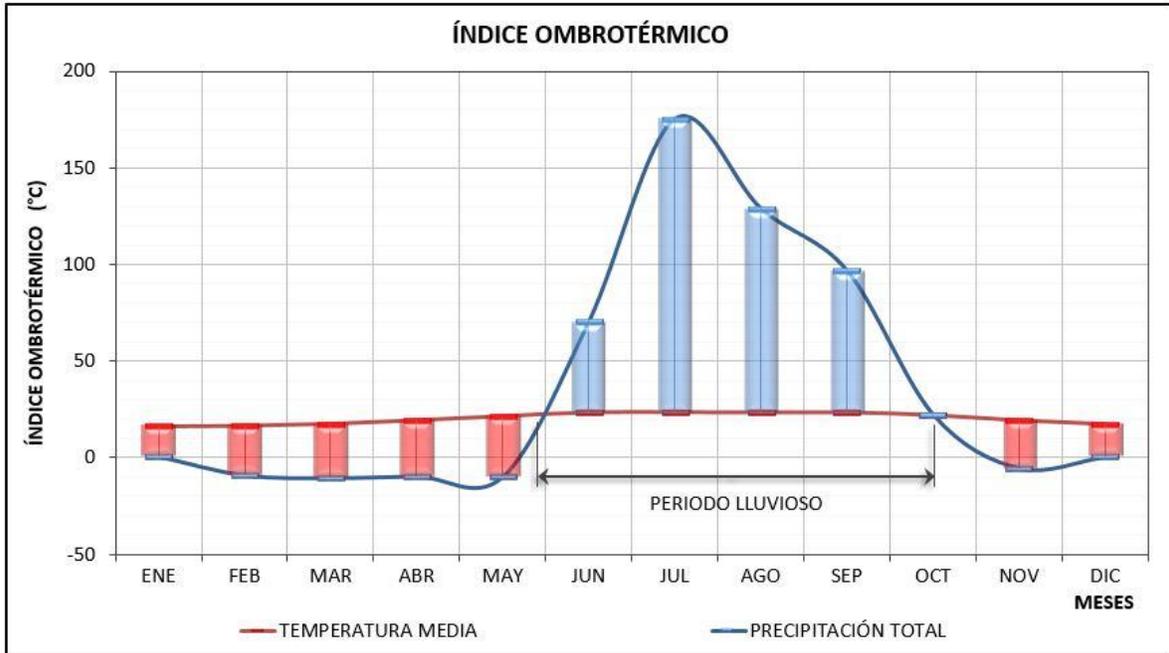
2) **Ganancia solar:** La Ganancia solar resulta ser una medida del calor obtenido por un cuerpo a resultas de ser expuesto a la radiación solar.

- a. Ganancia solar directa: La ganancia solar directa implica la utilización de ventanas, claraboyas y persianas para controlar la cantidad de radiación solar directa que llega al interior de una vivienda. Tradicionalmente, estos sistemas de ganancia solar directa no han sido bien considerados, sobre todo por el elevado coste que tenían los cristales bien aislados térmicamente, con valores-R comparables al aislamiento de los muros.
- b. Ganancia solar indirecta: La ganancia solar indirecta es la que se obtiene a través de la piel del edificio, que ha sido diseñada con una masa térmica (como un tanque de agua o un muro sólido recubiertos por un cristal). El calor acumulado por esta masa es cedido al interior del edificio indirectamente por conducción o convección. Ejemplos de esta técnica son: el muro trombe, paredes de agua, o la instalación de pequeños estanques sobre un tejado. La cubierta ajardinada también es un ejemplo representativo.

- **Índice ombrotérmico (Temperatura y precipitación)**

El diagrama de índice ombrotérmico consiste, esencialmente, en trazar a lo largo del año, la curva de temperaturas y precipitación medias mensuales, en una correspondencia de escalas tal que a 0° C de temperatura correspondan 29 mm de lluvia, en la ciudad de Tepic, Nayarit.

La *gráfica 17*, destaca un clima con régimen de lluvias en verano, en los meses de junio, julio, agosto septiembre y mediados de octubre. Julio es el mes con mayor lluvia al año, teniendo un promedio de 378.6 mm de precipitación total. Le sigue el mes de agosto, con un promedio de 285.6 mm de precipitación total. Septiembre es el tercer mes más lluvioso al año, con una precipitación total de 221.5 mm. Junio es el cuarto mes lluvioso del año, teniendo una precipitación mayor a los 169 El mes de octubre, a comparación de los demás meses, no llega a superar los 100 mm de precipitación total, pero es considerado uno de los meses con mayor lluvia al año. De tal forma que la época húmeda del año está comprendida entre principios de junio y a mediados de octubre. El resto del año existe déficit de precipitación y por lo tanto se clasifica como época seca. Estos meses son noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo.



Gráfica 17. Datos anuales del índice ombrotérmico

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

▪ **Tablas de Mahoney**

De acuerdo a los criterios definidos por Carl Mahoney, en el libro de Fuentes Fraixanet V. (2004). se identificaron dos distintos grados de humedad: marzo, abril y mayo tienen un grado de humedad media alta del 50%-70%. Los meses restantes tienen un alto grado de humedad la cual es mayor al 70%. Durante los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre son necesarios requerimientos térmicos diurnos. Los meses restantes no necesitan dichos requerimientos en el día, ya que se encuentran en confort. Todos los meses del año, a excepción de junio, julio, agosto y septiembre, demandan requerimientos térmicos nocturnos. (Ver tabla 9).

PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Grupo de Humedad		4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Confort diurno														
Rango superior	°C	27	27	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27.25
Rango inferior	°C	22	22	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22.25
Confort nocturno														
Rango superior	°C	21	21	23	23	23	21	21	21	21	21	21	21	21.5
Rango inferior	°C	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
ESTRÉS TÉRMICO														
Requerimiento Térmico diurno		Confort	Confort	Confort	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor	Calor
Requerimiento Térmico nocturno		Frío	Frío	Frío	Frío	Frío	Confort	Confort	Confort	Confort	Frío	Frío	Frío	Frío
INDICADORES DE MAHONEY														
Ventilación esencial	H1						1	1	1	1	1	1		6
Ventilación deseable	H2	1	1										1	3
Protección contra lluvia	H3						1	1	1	1				4
Inercia Térmica	A1			1	1	1								3
Espacios exteriores nocturnos	A2													0
Protección contra el frío	A3													0

Tabla 9. **Parámetros, estrés térmico e indicadores de Mahoney**

Fuente: Elaboración propia utilizando hojas de cálculo desarrolladas por Fuentes, V (2002).

De acuerdo a los indicadores anteriores, Carl Mahoney plantea las siguientes recomendaciones de diseño para lograr espacios más confortables.

Como podemos observar en la *tabla 10*, la orientación idónea para las edificaciones, debe ser Norte- Sur, eje largo Este Oeste. El espaciamiento debe de ser igual a 3 pero con protección de vientos. Los locales de una galería deben de tener ventilación constante. Los tamaños de las aberturas deben de ser medianas de 30% a 50% con respecto al muro. La ventilación cruzada debe de ser de Norte a Sur a la altura de los ocupantes. Las aberturas deben de tener un sombreado total y permanente, además de protección contra la lluvia. Se deben utilizar materiales constructivos en muros y techumbres que

ofrezcan un retardo térmico mayor a 8 horas. Es importante la incorporación de grandes drenajes pluviales, debido a los altos niveles de precipitación.

	1	2	3	4	5	6		no.	Recomendaciones
	6	3	4	3	0	0			
Distribución				1			1	1	Orientación Norte-Sur (eje largo E-O)
						1		2	
Espaciamiento								3	
	1						1	4	igual a 3, pero con protección de vientos
								5	
Ventilación	1						1	6	Habitaciones de una galería -Ventilación constante -
				1				7	
		1						8	
Tamaño de las Aberturas						1		9	
				1			1	10	Medianas 30 - 50 %
								11	
						1		12	
								13	
Posición de las Aberturas	1						1	14	En muros N y S. a la altura de los ocupantes en barlovento
		1						15	
Protección de las Aberturas						1	1	16	Sombreado total y permanente
			1					17	Protección contra la lluvia
Muros y Pisos								18	
				1			1	19	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Techumbre								20	
				1			1	21	Ligeros, bien aislados
	1			1				22	
Espacios nocturnos exteriores								23	
			1				1	24	Grandes drenajes pluviales

Tabla 10. Recomendaciones de Mahoney

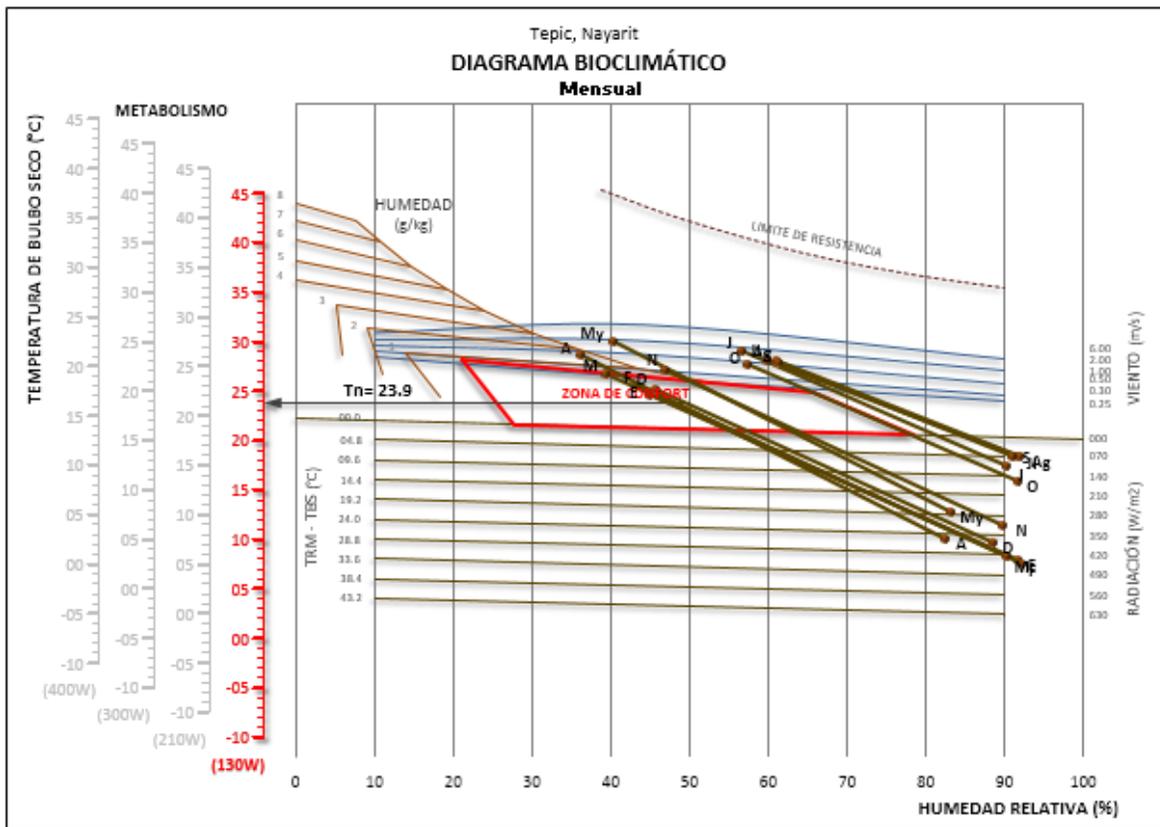
Fuente: Elaboración propia utilizando hojas de cálculo desarrolladas por Fuentes, V. (2002).

▪ **Carta bioclimática**

Para definir una zona de confort con fines arquitectónicos, Victor Olgyay fue el primero en hacerlo a partir de una gráfica de temperaturas y humedades. Después, ésta fue ajustada por Arens, y por último por Szokolay, con ajustes a la temperatura neutra.

La carta bioclimática contempla cuatro estrategias de diseño para establecerla zona de confort, que son: calentamiento, control solar o sombreado, ventilación natural y humidificación. Está hecha para un arropamiento de 1 clo. Se puede utilizar para distintos grados de metabolismo (130, 210, 300 y 400W). Consiste en graficar a partir de líneas, los meses con sus temperaturas y humedades máximas y mínimas, para definir porcentajes correspondientes a las estrategias, según Fuentes Freixanet, V. (2004).

En la *gráfica 18*, podemos observar la carta bioclimática mensual de la ciudad de Tepic, Nayarit. En ella se identifican las estrategias bioclimáticas que se requieren a lo largo del año.



Gráfica 18. Carta bioclimática de la Cd. De Tepic, Nayarit.

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

Confort: Como podemos observar en la *gráfica 18*, la estrategia bioclimática para la ciudad de Tepic Nayarit consiste en que los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril son los meses que prevalecen en la zona de confort durante sus temperaturas máximas (entre 2 y 5 de la tarde). Sin embargo, los meses que tienen un periodo más largo de confort a lo largo del día son junio, octubre y diciembre

Calentamiento: Los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril requieren medidas correctivas de radiación solar entre 350 y 420 W/m² por la mañana y por la noche (a partir de las 8:00 am hasta las 12:00 pm, y de 7:00 pm y lo que resta de la noche), presentando el valor máximo en marzo con 420 W/m². Los meses de junio a septiembre, de acuerdo a sus temperaturas mínimas presentan los menores requerimientos de radiación solar (entre 0.70 y 140 W/m²) ya que son los meses más calurosos del año.

Sombreado: Todos los meses del año requieren sombreados durante el día, algunos más que otros. Junio, julio, agosto y septiembre, son los meses que necesitan más protección del sol iniciando desde las 11:00 am hasta la noche, y coinciden con el periodo de verano. Abril, mayo y octubre requieren menor sombreado que los meses anteriores. Diciembre, enero y febrero casi no requieren sombreado.

Ventilación natural: Casi todos los meses requieren medidas correctivas de ventilación con requerimientos entre 0.50 a 2 m/s, excepto diciembre, enero y febrero porque sus temperaturas máximas se localizan en la zona de confort. Julio, agosto y septiembre son los meses que más requieren ventilación por más tiempo hasta alcanzar los 0.50 m/s, entre las 11:00 am hasta las 10:00 pm

Mayo y junio, requieren los valores máximos de ventilación pues son los que contienen las temperaturas más altas del año.

Humidificación/Deshumidificación: Los únicos meses que requieren humidificación son marzo y abril, ya que presenta valores de casi los 2 g/kg de aire (entre 2:00 y 5:00 pm aproximadamente) según la carta bioclimática, así como de medidas de ventilación de casi 0.50 m/s. Los meses que requieren deshumidificación según la carta bioclimática y las humedades relativas horarias, son de mayo a noviembre, sobretodo junio, julio, agosto, septiembre y octubre (entre las 9:00 pm hasta las 11:00 am), pues son los que presentan mayor humedad durante el año, y algunos de ellos contienen los más altos valores de precipitación. El resto de los meses mencionados, necesitan a partir de la medianoche hasta las 10:00 am aproximadamente.

La gráfica bioclimática demuestra, que mientras más altas sean las temperaturas de los meses, existe una humedad menor en comparación con las temperaturas más bajas que resulta ser más elevada.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Confort	%	30	32	30	29	30	37	0	0	0	39	32	34	24
Calentamiento	%	70	68	64	57	48	35	32	31	32	42	58	66	50
Ventilación	%	0	0	6	14	22	28	68	69	68	19	10	0	25
Humidificación	%	0	0	6	14	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Sombreado	%	30	32	36	57	52	65	68	69	68	58	42	34	51

Tabla 11. **Estrategias de diseño de Carta Bioclimática.**

Fuente: Carta bioclimática obtenida por herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).



Gráfica 19. **Requerimientos de estrategias en porcentajes. Carta Bioclimática**

Fuente: Carta bioclimática obtenida por herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

**CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY (revisada por Szokolay)
TEMPERATURA NEUTRA**

FUENTE	PARÁMETROS	U	MESES												ANUAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
a	LÍMITE SUPERIOR DE LA ZC (ZCs)	°C	25.2	25.2	25.6	26.1	26.7	27.3	27.4	27.3	27.3	26.9	26.1	25.5	26.4
a	TEMPERATURA NEUTRA (Tn)	°C	22.7	22.7	23.1	23.6	24.2	24.8	24.9	24.8	24.8	24.4	23.6	23.0	23.9
a	LÍMITE INFERIOR DE LA ZC (ZCi)	°C	20.2	20.2	20.6	21.1	21.7	22.3	22.4	22.3	22.3	21.9	21.1	20.5	21.4

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Confort	Tmax	C	C	C	C	C	C				C	C	C	C
	Tmed													
	Tmin													
Radiación (W/m2)	Tmax													
	Tmed	385	420	385	350	280	140	105	105	105	175	315	350	
	Tmin	350-420	420	350-420	350	280	140	70-140	70-140	70-140	140-210	280-350	350	350-420
Sombreado	Tmax	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Tmed													
	Tmin													
Ventilación	Tmax			V	V	V	V	V	V	V	V	V		V
	Tmed													
	Tmin													
Humidificación	Tmax			H	H									
	Tmed													
	Tmin													

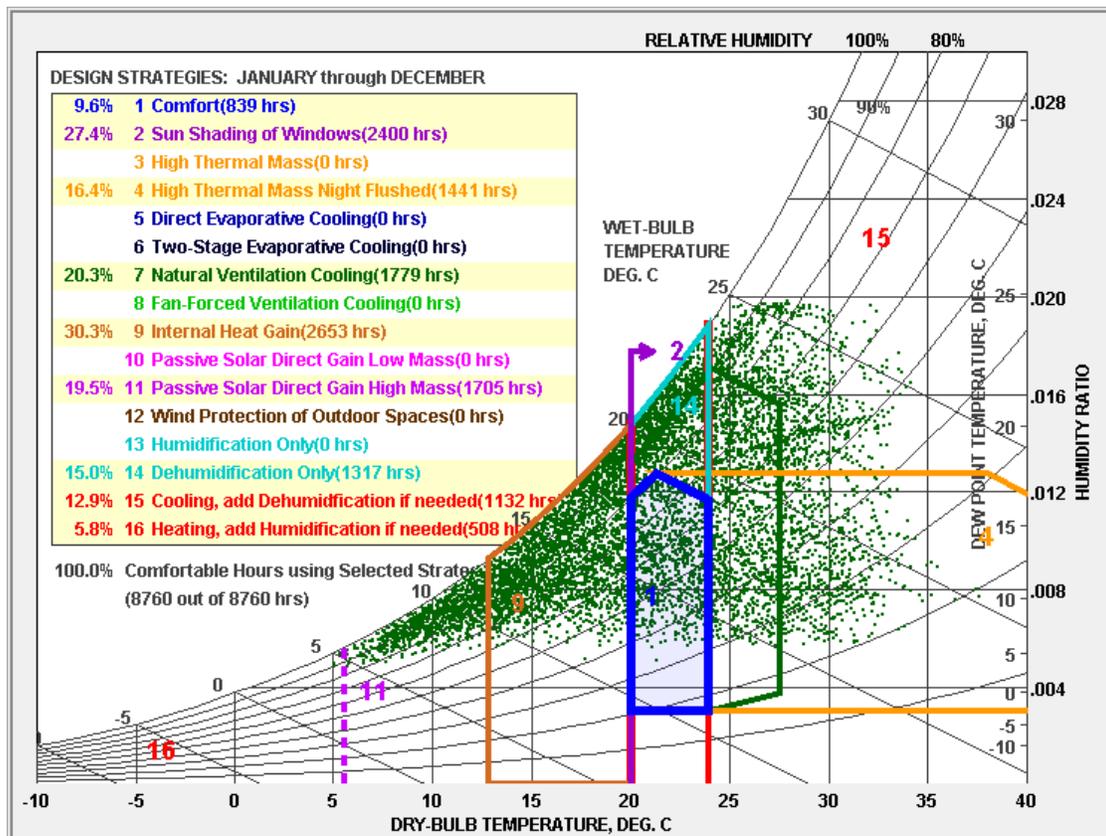
Tabla 12. Estrategias de diseño. Carta bioclimática de Olgay

Fuente: Software Climate Consultant 6.0 con datos climáticos de Tepic, Nayarit (BAT).

▪ **Diagrama psicrométrico (Szokolay)**

La carta psicrométrica fue utilizada por primera vez por **Baruch Givoni** para definir una zona de confort con fines arquitectónicos, y proponer distintas estrategias de diseño, como: calentamiento, ventilación, humidificación, enfriamiento evaporativo, masa térmica con ventilación nocturna y sistemas activos o convencionales de acondicionamiento del aire. La Psicometría se encarga de medir el contenido de humedad del aire. Tiene la función principal de definir y relacionar parámetros psicrométricos del aire húmedo, ya sea como la temperatura del bulbo seco y bulbo húmedo, presión de vapor de agua y humedad absoluta, humedad relativa, volumen específico y la entalpía, según Fuentes Freixanet, V. (2004).

La presente carta psicrométrica que podemos observar en la *gráfica 20*, fue realizada con base en el Software *Climate Consultant 6.0* con los datos climáticos de la ciudad de Tepic Nayarit, estableciendo 16 estrategias de diseño las cuáles algunas de ellas fueron requeridas por el clima de la ciudad.



Gráfica 20. Diagrama Psicrométrico de la Cd. De Tepic, Nayarit.

Fuente: Software *Climate Consultant 6.0* con datos climáticos de Tepic, Nayarit

Confort: Los meses que presentan mayor grado de confort según la carta psicrométrica, se localizan desde noviembre hasta mayo, incluyendo el periodo de invierno y primavera. Los meses que presentan valores de confort más altos, son diciembre y febrero. Los meses más incómodos son junio, julio, agosto y septiembre, y coinciden con las temperaturas y humedades medias más altas anuales.

Sombreado de ventanas: Durante todo el año se requiere el sombreado de ventanas, sin embargo los meses de marzo a agosto presentan los mayores requerimientos, ya que en estos meses existe el mayor grado de radiación solar y de insolación durante el año. Los meses que menos requieren sombreado, es diciembre, enero y febrero (invierno).

Alta masa térmica: Casi no es presentado este requerimiento durante el año, excepto el mes de enero porque muestra las temperaturas más bajas, así con muy pocos requerimientos en junio.

Alta masa térmica nocturna: La mayor parte del año requiere alta masa térmica nocturna, excepto de junio a septiembre (verano). Los meses que presentan los valores más altos son marzo, abril y mayo, pues contienen mayor grado de radiación solar.

Enfriamiento por ventilación natural: Los meses como febrero, abril, mayo, junio, noviembre y diciembre, presentan requerimientos de enfriamiento por ventilación natural, coinciden con la temporada de invierno, primavera e inicio del verano.

Enfriamiento de ventilación forzado: Los requerimientos de enfriamiento de ventilación forzada son presentados durante los meses de julio a octubre, que contienen las temperaturas más elevadas durante el año (con mayor intensidad entre las 2:00 y 5:00 pm), así como de mayor humedad.

Ganancia de calor interno: Estos requerimientos se solicitan durante todo el año, pero con mayor intensidad durante los meses de noviembre hasta abril, que coincide con los meses más fríos del año (temperaturas más bajas anuales).

Ganancia solar pasiva directa de alta masa: La gran parte del año se requiere ganancia solar pasiva de alta masa, sobre todo durante los meses de marzo y abril porque contienen los valores de radiación más altos anuales. Los meses que casi no requieren

se encuentran de junio a octubre, ya que tienen menor radiación solar y mayor humedad anual.

Únicamente Deshumidificación: La mitad del año requiere deshumidificación, presentándose en los meses de mayor precipitación y humedad, es decir, desde junio a noviembre (aproximadamente desde las 9:00 pm hasta las 11:00 am).

Refrigeración, añadir deshumidificación si es necesario (1132 horas): Casi la mitad del año requiere refrigeración (entre la 1:00 pm y las 6:00 pm aproximadamente), coincidiendo con los del punto anterior agregando mayo, meses que tienen altas temperaturas anuales y más humedad. Incluir deshumidificación desde las 9:00 pm hasta las 9:00 am y 11 am).

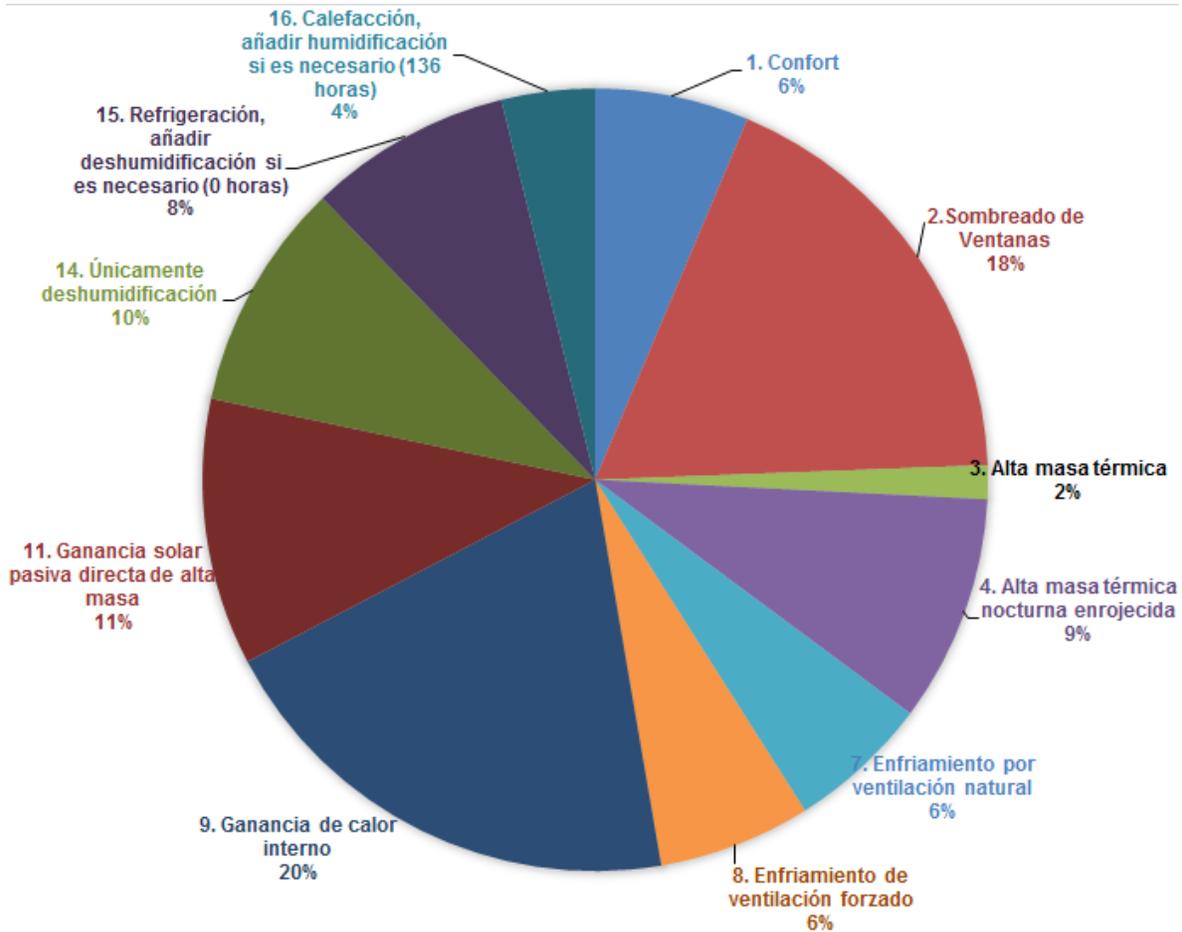
Calefacción, añadir humidificación si es necesario (508 horas): Este requerimiento se necesita muy poco durante el año, sin embargo los meses de invierno (diciembre a febrero) presentan los valores más altos anuales (desde las 9.00 pm hasta las 11:00 pm) y no requiere humidificación.

Estrategias de diseño según diagrama psicrométrico realizada por el software *Climate Consultant*

ESTRATEGIAS DE DISEÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
1. Confort	15.90%	16.70%	15.50%	14.40%	15.60%	1.70%	0.10%	0.90%	0.30%	3.90%	13.80%	16.70%	9.63%
2. Sombreado de Ventanas	21.80%	22.30%	28.50%	30%	32.50%	31%	30.20%	29.40%	27.60%	27.20%	26.10%	21.80%	27.37%
3. Alta masa térmica	21.10%	0	0	0	0	4.20%	0	0	0	0	0	0	2.11%
4. Alta masa térmica nocturna	0	20.20%	27.40%	29.70%	39.10%	0	0	0	0	9.40%	22.40%	22.30%	14.21%
5. Enfriamiento por evaporación directa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
6. Dos etapas de enfriamiento evaporativo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
7. Enfriamiento por Ventilación natural	0	11.20%	0	16.10%	20%	26.70%	0	0	0	0	21.30%	11%	8.86%
8. Enfriamiento de ventilación forzado	0	0	0	0	0	0	29.80%	25%	26.80%	32.90%	0	0	9.54%
9. Ganancia de calor interno	35.20%	36.90%	36.80%	35.60%	32.90%	23.60%	17.10%	16.90%	18.50%	28.60%	41.70%	40.20%	30.33%
10. Ganancia solar pasiva directa de baja masa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
11. Ganancia solar pasiva directa de alta masa	25.70%	24.90%	31.50%	30%	19.80%	0	9.10%	0	7.40%	0	26.50%	25.40%	16.69%
12. Protección contra el viento de espacios al aire libre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
13. Únicamente humidificación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
14. Únicamente deshumidificación	0	0	0	0	0	28.50%	35.20%	34.40%	38.20%	27.70%	7.80%	0	14.32%
15. refrigeración, añadir deshumidificación si es necesario (1132 horas)	0	0	0	0	0.30%	28.80%	34.50%	34.90%	31.30%	20.40%	2.20%	0	12.70%
16. Calefacción, añadir humidificación si es necesario (508 horas)	18.30%	15.90%	7.50%	6.90%	4.00%	0.80%	0	0.40%	0.10%	0.30%	5.10%	10.80%	5.84%

Tabla 13. Estrategias de diseño. Diagrama Psicrométrico

Fuente: Software Climate Consultant 6.0 con datos climáticos de Tepic, Nayarit (BAT).

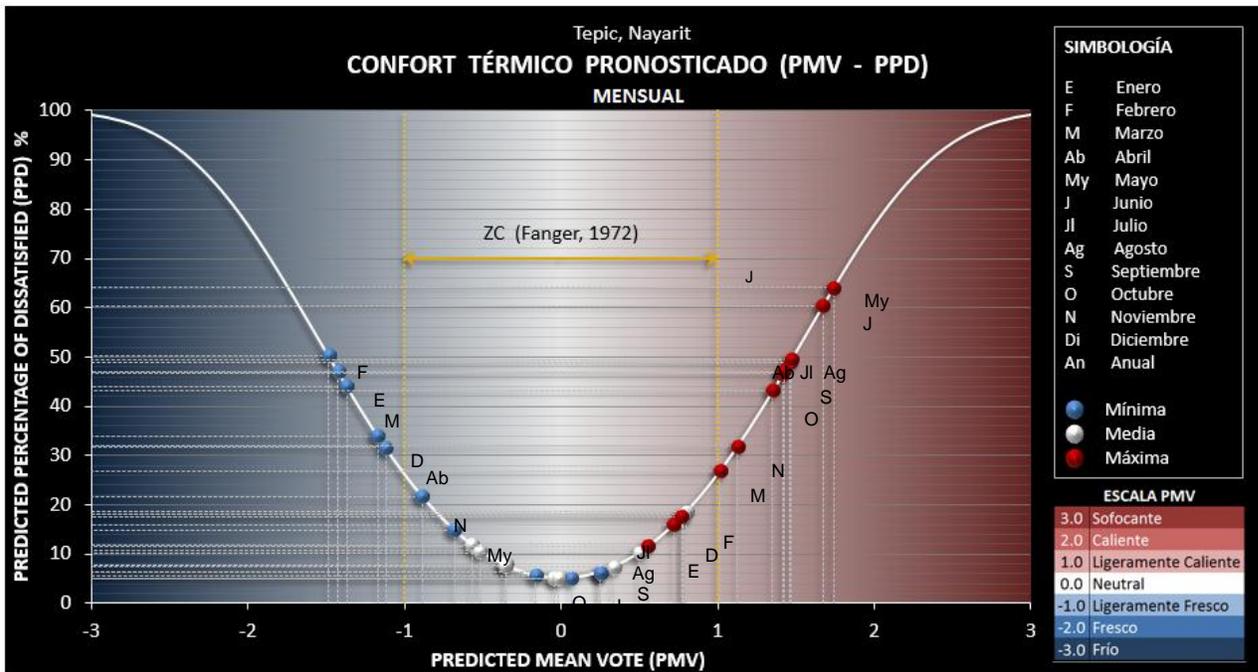


Gráfica 21. **Requerimientos de estrategias en porcentaje. Diagrama Psicrométrica**

Fuente: Software *Climate Consultant 6.0* con datos climáticos de Tepic, Nayarit (BAT).

▪ **Opinión media estimada (PVM-PPD) Fanger**

El método de Fanger estima el confort térmico a partir de la información relativa de: vestimenta, tasa metabólica, temperatura (mínima, media y máxima), velocidad del aire y humedad relativa. De esta manera, calcula dos índices denominados: opinión media estimada (PMV-predicted mean vote) que da la escala de frío hasta sofocante; y porcentaje de personas insatisfechas o descontentas. (PPD-predicted percentage dissatisfied).



Gráfica 22. Confort térmico pronosticado por Fanger

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Bioclimatic Analysis Tool (BAT).

La *gráfica 22*, muestra claramente tres zonas: fría, confort y caliente. De acuerdo a esto, es posible distinguir los meses que se encuentran en disconfort en relación con temperatura y humedad relativa (considerando los valores máximos). En este rango se encuentran 9 meses del año: marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Destacando mayo y junio como los más cálidos, situados muy próximos a la escala PMV 2.0 caliente y con un 60 y 65% de personas que se encuentran en disconfort. Mientras que en el período de diciembre hasta abril, el nivel de disconfort se presenta con valores mínimos de temperatura y humedad relativa, con una sensación térmica ligeramente fresco a frío, y un porcentaje de personas insatisfechas del 50 al 30%.

Contrastan los meses que se encuentran en la zona de confort, porque al mismo tiempo están ubicados a los extremos, es decir, en disconfort. Lo que sucede es que al presentarse las temperaturas más altas en la época de invierno, favorecen para alcanzar confort térmico; mientras que en los meses más cálidos, el porcentaje de disconfort aumenta. Esta misma situación sucede con los valores de temperatura mínima. Por ejemplo, temperaturas de 17°C en el mes de junio está excelente en cuanto a sensación térmica, sin embargo, ese es el promedio de temperatura mínima que podría presentarse en el mes. Por tanto, es más importante estar atentos a las temperaturas máximas que nos van a llevar a un estado disconfort térmico durante los meses más cálidos y de mayor

humedad. De esta forma, durante los meses más fríos el foco de atención son los índices mínimos, ahí es donde se encontrará el porcentaje predominante de insatisfacción térmica en esta época.

De esta manera, es posible generar estrategias de diseño que cubran las situaciones extremas que pudieran presentarse en los períodos más cálidos y fríos del año, con el objeto de aproximarse o estar dentro de la zona de confort en todos los meses.

4.1.3.2 Requerimientos de climatización mensual

Enero: De acuerdo a los datos analizados del clima, el mes de enero presenta una temperatura media de 16.3°C, siendo uno de los dos meses con mayor frío en todo el año; presentando mínimas extremas de 1.5°C. Es conveniente la combinación de la inercia térmica de los materiales para la regulación de las oscilaciones de temperatura y la ganancia solar directa e indirecta, como estrategia de climatización. Por ser uno de los meses de mayor frío, al ser un mes invernal, se requiere de estrategias de calentamiento en la mayor parte del día.

Los vientos dominantes en enero surgen en el noroeste y ahí se mantienen todo el mes. La ventilación según los resultados del análisis climático es deseable y casi no requiere de sombreado. La precipitación es baja, la humedad relativa es media y el índice ombrotérmico lo cataloga como seco, presentando una elevada amplitud de oscilación de temperatura diaria.

Febrero: Es el segundo mes más frío de todo el año, presentando una temperatura media de 16.6°C; pero a diferencia de enero, este mes presenta temperaturas mínimas extremas aún más bajas llegando hasta los -0.4°C. Para este mes se recomienda la combinación de la inercia térmica de los materiales para la regulación de las oscilaciones térmicas y la ganancia solar directa e indirecta, como estrategia de climatización.

La radiación se incrementa ligeramente, pero las estrategias de calentamiento se siguen requiriendo sobre todos en las horas iniciales y finales del día. Los vientos conservan la misma dirección dominante, el noroeste. La humedad relativa disminuye ligeramente junto con la probabilidad de precipitación, por lo tanto el índice ombrotérmico es aún más seco en el mes de febrero.

Marzo: En éste mes termina el invierno y comienza la primavera. La temperatura sigue en aumento, y la humedad relativa disminuye ligeramente. Al ser el mes con la mayor

radiación solar, y el segundo en el parámetro de mayor insolación, la necesidad de las estrategias de sombreado son a mayor escala. La posibilidad de precipitación sigue en aumento, pero continúa en el rango de meses con escasa probabilidad de lluvia, por lo tanto el índice ombrotérmico sigue siendo seco. La oscilación térmica sigue aumentando y la dirección de los vientos se sigue manteniendo en el noroeste.

Al aumentar las temperaturas, marzo es el primer mes de año en requerir estrategias de enfriamiento, esto en las horas centrales del día. Sigue dentro del rango de estrategias que requieren la inercia térmica de los materiales y estrategias de ganancia solar directa e indirecta. Los requerimientos de calentamiento disminuyen, pero sigue requiriendo medidas correctivas de radiación solar, en horas iniciales y finales del día.

Abril: El mes en donde se presenta la transición entre las temperaturas más frías del año y las cálidas, caracterizándose por tener una temperatura templada. El horario de discomfort por altas temperaturas se sitúa a partir de la 1pm hasta las 6pm, debido a que abril es uno de los meses con mayor radiación solar e índices de humedad más bajos durante el día. Considerando además, que las probabilidades de precipitación son bajas durante esta temporada. Sin embargo, las temperaturas durante la noche llegan a bajar hasta los 10°C, en relación con los vientos dominantes, se dirigen del Noroeste. Bajo estas características climáticas, es preciso enfocar las estrategias bioclimáticas principalmente en la inercia térmica de los materiales, humidificación y protección solar.

Mayo: Aquí inicia la época más cálida, donde se alcanzan temperaturas hasta de 30°C después de mediodía. La humedad durante el día continúa siendo baja, al igual que los valores de precipitación. La radiación solar, presenta valores altos que van descendiendo al final del mes. Sin embargo, el porcentaje de insolación es el más alto de todo el año. Es decir, durante este mes la cantidad de horas de sol directo con respecto a la duración del día son mayores.

Los vientos conservan su dirección dominante dentro del rango del Noroeste.

Con la interpretación de estos valores climáticos, se definen las estrategias de diseño bioclimático que se necesitan para lograr confort higrotérmico. Éstas son: inercia térmica, ventilación (aprovechar los vientos dominantes) y sombreado (protección solar).

Junio: Se sitúa como el segundo mes más cálido, definiendo su zona de discomfort a partir de las 13hrs hasta las 18hrs, con rangos de temperatura de 27°C a 29°C. A

diferencia de los meses anteriores, la humedad es relevante, con presencia en las mañanas y durante las noches. A partir de junio, se considera el periodo de lluvias, con precipitaciones altas. Por ello, la radiación solar e insolación baja considerablemente.

La dirección de los vientos cambia, y se reciben del Noroeste-Sur.

Para ello, es necesario la aplicación de soluciones bioclimáticas como: ventilación, sombreado, protección contra la lluvia e inercia térmica de los materiales.

Julio: En este mes las temperaturas siguen siendo altas, alcanzando los 28° C. Se perciben altos índices de humedad por la noche y mañana oscilando entre el 60% y 90%. Julio es el mes con mayor precipitación en todo el año. La radiación e insolación solar disminuye por la nubosidad.

Debido a las condiciones anteriores, se recomiendan estrategias de enfriamiento para mejorar el confort térmico. 1) Minimizar la ganancia de calor por medio de protecciones solares; 2) Minimizar el flujo conductivo, utilizando materiales aislantes; 3) Promover el amortiguamiento por medio de materiales con inercia térmica; 4) Promover la ventilación natural, inducida o forzada. 5) Promover la protección contra la lluvia; Este mes presenta requerimientos mínimos de calentamiento por la noche.

Agosto: Éste mes es muy parecido al mes de julio, ya que las temperaturas siguen estando elevadas. Sin embargo es el mes que presenta mayor porcentaje de humedad relativa. La radiación solar se considera media, mientras la insolación es baja. Los vientos dominantes al noroeste tienden a moverse ligeramente al oeste. La precipitación en este mes es alta por debajo del mes anterior.

La principal estrategia que se debe de utilizar es el enfriamiento y la deshumidificación. Esta técnica se puede lograr a través del sombreado (protección solar); Promoviendo la ventilación natural (vientos dominantes) o ventilación inducida; Utilizando materiales aislantes y de alta inercia térmica.

Septiembre: Las condiciones climáticas de este mes son similares al mes anterior, sin embargo la humedad relativa desciende ligeramente. Este es el último mes que presenta alta precipitación llegando a los 221mm. Debido a las condiciones anteriores, se recomienda utilizar estrategias de enfriamiento y deshumidificación las cuales consisten en: Promover el sombreado (protección solar), utilizar materiales de alta inercia térmica o aislante y generar ventilación cruzada o inducida.

Octubre: En este mes, la temperatura disminuye 1.4° C en comparación con el mes anterior, mostrando también reducción en la humedad. El valor de la insolación incrementó notoriamente en relación a septiembre, sin embargo la radiación solar permanece similar. Según el índice ombrotérmico, este mes indica el fin de la temporada lluviosa. Por último, los vientos bajan su frecuencia y velocidad. Las estrategias requeridas para este mes según el análisis bioclimático, son:

Para promover calentamiento, se requiere promover parcialmente las ganancias internas durante la noche. El enfriamiento, es otra estrategia que se necesita parcialmente durante el día para minimizar la ganancia solar; promover la ventilación cruzada durante el día, minimizar el flujo conductivo de calor por aislamiento, amortiguamiento a través de inercia térmica y en casos extremos la ventilación forzada.

Noviembre: La temperatura y la humedad descienden a comparación con el mes anterior. De acuerdo a la insolación, noviembre aumentó 7 horas, al mismo tiempo que la radiación total. La precipitación disminuye considerablemente y los vientos que provienen generalmente del noroeste incrementan su frecuencia y velocidad a diferencia de octubre. Las estrategias bioclimáticas requeridas para este mes, son las siguientes:

En noviembre se requiere promover el calentamiento a través de ganancias internas durante la noche, así como el enfriamiento a través de la ventilación natural o cruzada, así como deshumidificar parcialmente a través de la ventilación natural o inducida.

Diciembre: Las temperaturas de este mes descienden casi 2°C en comparación de noviembre, donde también presenta una disminución de humedad. De acuerdo a la insolación, se presenta una disminución en comparación con el mes anterior, presentando el mismo caso para la radiación total. La precipitación es más elevada que en noviembre y se mantiene parecida hasta enero. Los vientos disminuyen su frecuencia y su velocidad, presentando el viento dominante por el noroeste. Las estrategias de diseño de este mes son:

Se necesita promover el calentamiento a través de la ganancia solar directa durante el día, al mismo tiempo por ganancias internas por la noche y ganancia solar indirecta a través de inercia térmica durante todo el día.

4.1.3.3 Requerimientos de climatización anual

La ciudad de Tepic, Nayarit, presenta un clima semicálido subhúmedo del grupo C. El verano es cálido con régimen de lluvia, mientras en invierno las lluvias son escasas. El período más cálido del año es de mayo a septiembre, alcanzando temperaturas promedio máximas hasta 30°C. Debido a esto, se identifica una zona de discomfort de las 13:00hrs y las 18:00hrs. Sin embargo, se pueden alcanzar los niveles de confort a través de estrategias bioclimáticas de enfriamiento como: sombreado, ventilación (cruzada o inducida) y amortiguamiento térmico.

Para optimizar la estrategia de ventilación, es preciso considerar que los vientos dominantes en la ciudad de Tepic provienen del Noroeste, con variación al Noroeste-Sur. En torno a lo estrategia de sombreado (protección solar), es importante considerar los meses con mayor radiación solar, siendo abril y mayo el período con índices más altos. Teniendo en cuenta que la inclinación del Sol se acerca más al Norte.

Mientras que durante los meses más fríos (diciembre, enero y febrero) el Sol está inclinado hacia el Sur. En esta época las temperaturas ya han descendido hasta 8°C como promedio mínima durante la noche, y durante el día oscilan entre los 10°C y 24°C. Por ello, es conveniente la combinación de inercia térmica de los materiales y la ganancia solar directa e indirecta durante el día, como estrategias de climatización.

El período de precipitación alta inicia en el mes de junio y finaliza en los primeros días de octubre. Reconociendo este ciclo como el más húmedo, debido a las lluvias y por consiguiente la evaporación. Las estrategias que se necesitan implementar en esta época son: deshumidificación y protección contra la lluvia.

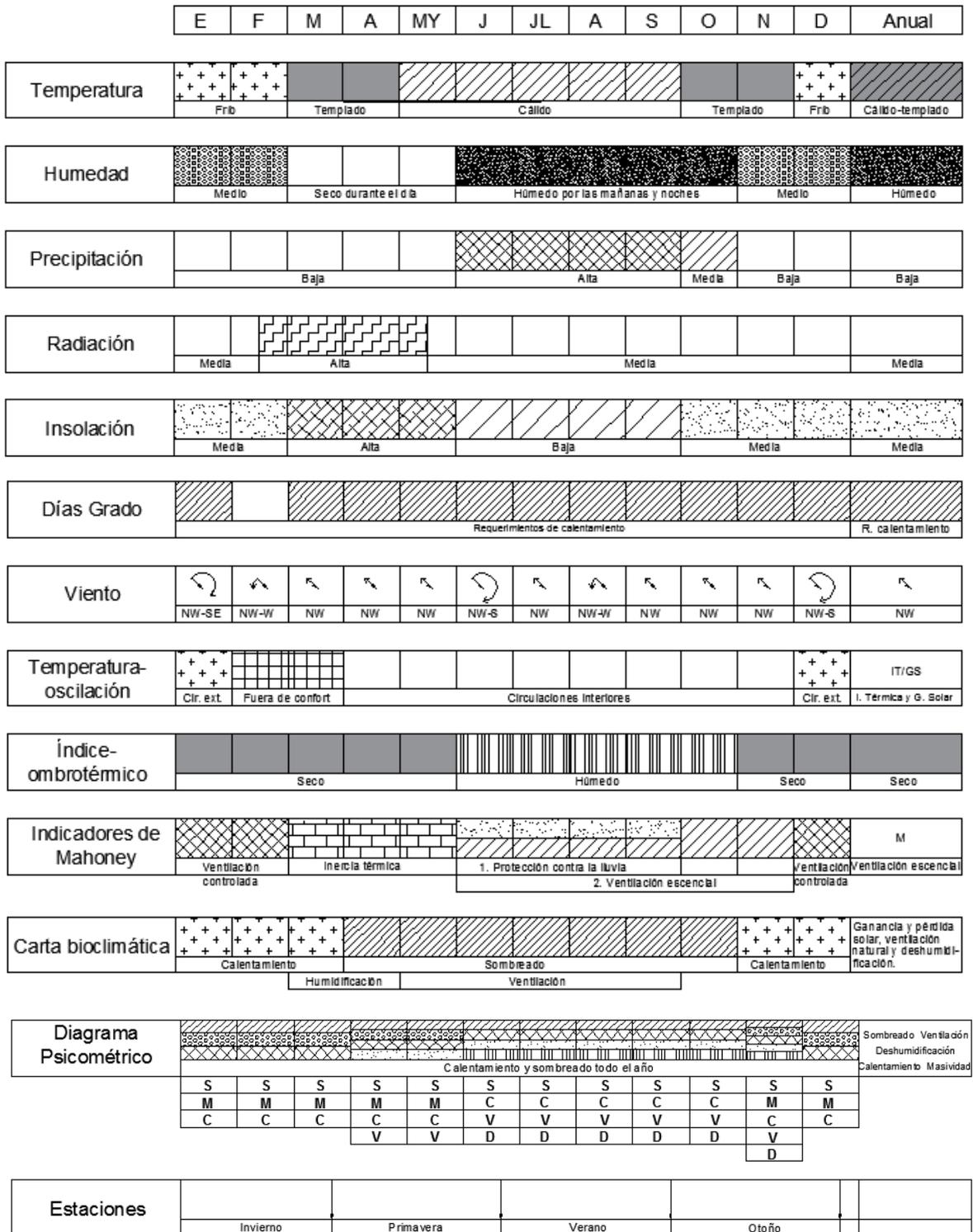


Tabla 14. Ciclos estacionales

Fuente: Elaboración propia utilizando datos del análisis bioclimático de la ciudad de Tepic.

4.1.3.4 Estrategias de Climatización

- **Definición de estrategias básicas de diseño**

La matriz de clima es presentada como un diagrama de resumen donde se definen estrategias y elementos de regulación, en función del análisis climático y de los mecanismos de transferencia de calor. El llenado es adecuado a las características del proyecto y del análisis climático

La ciudad de Tepic Nayarit, presenta en gran parte requerimientos bioclimáticos de enfriamiento directa e indirectamente, seguido de deshumidificación indirecta y de calentamiento directo e indirecto. Para lograr el enfriamiento directo, se requiere Minimizar la ganancia solar, la ventilación natural y en poca medida el enfriamiento evaporativo; para ello se proponen dispositivos de control solar volados, aleros, partesoles, pérgolas, celosías, lonas, vegetación, etc. También Ventilación cruzada, fuentes y estanques. Estas estrategias no deberán ser empleadas durante la temporada de invierno, acentuarlas más en los meses de radiación solar alta (marzo y abril) así como los meses de verano.

Para lograr el enfriamiento indirecto, se requiere minimizar el flujo conductivo de calor, amortiguamiento térmico y promover la ventilación forzada o pre-tratada. Para el primero, será muy necesario el uso de materiales aislantes, para el segundo utilizar la inercia térmica de los materiales, (de preferencia para todo el año) y para el tercero implementar turbina o extractores de aire, torres eólicas, muro trombe, colectores de aires, etc. (solo para julio, agosto, septiembre y octubre).

La deshumidificación indirecta para la ciudad de Tepic, se puede lograr promoviendo la ventilación natural o inducida, a través de ventilación natural, captadores eólicos, colectores de aire, muro trombe, invernaderos secos, etc. Será parcialmente necesario para los meses de marzo, abril, octubre y noviembre, y muy necesario para los meses de mayo hasta septiembre.

La estrategia para promover el calentamiento directo del edificio, es promover la ganancia solar directa a través de elementos acristalados, ventanas, tragaluces, lucernarios, etc..., iniciando desde el mes de diciembre hasta abril durante el día. Para promover el calentamiento directo se quiere promover la ganancia solar indirecta, tanto en el día como en la noche los meses ya mencionados, por lo que será necesario implementar Inercia térmica, radiación reflejada, muro trombe, invernaderos, sistemas aislados, etc...

A continuación se muestra en resumen la matriz de climatización con todas las estrategias de diseño que se requieren para la ciudad de Tepic Nayarit. (*Ver tabla 15*).

CONDICIONANTE CLIMÁTICA													MATRÍZ DE CLIMATIZACIÓN													CIUDAD: TEPIC, NAYARIT.		Simbología		
													SISTEMAS PASIVOS				OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO								LATITUD: 21°30'00" N		Estrategia básica			
																	INVIERNO		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		LONGITUD: -104°52'58" W					
CÁLIDO SECO	CÁLIDO	CÁLIDO HÚMEDO	TEMPLADO SECO	TEMPLADO	TEMPLADO HÚMEDO	SEMI-FRÍO SECO	SEMI-FRÍO	SEMI-FRÍO HÚMEDO	ESTRATEGIAS	SISTEMA	MECANISMOS	TANS	ESTRATEGIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ELEMENTOS REGULADORES	OBSERVACIONES			
					●				CALENTAMIENTO	Directa	R		Promover la ganancia solar directa	Día	□	□	□	□									□	Elementos acristalados, ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.	Con base en los meses fríos del año, comparados con el calentamiento que requiere la carta bioclimática y triángulo de Evans.	
													Promover las ganancias internas	Día	△	△	△	△	△	△	□	□	□	□	△	△	Personas, lámparas, equipos, chimeneas, etc.	Con base en los requerimientos de la carta psicométrica.		
					●					Indirecta	Cd		Promover la ganancia solar indirecta	Día	□	□	□	□									□	Inercia térmica, radiación reflejada, muro trombe, invernaderos, sistemas aislados, etc.	Con base en los meses fríos del año, comparados con el calentamiento que requiere la carta bioclimática y triángulo de Evans.	
													Minimizar el flujo conductivo de calor	Día															Materiales aislantes, contraventanas, etc.	
											Cv			Minimizar el flujo de aire externo	Día													Protección contra el viento (barreras vegetales o arquitectónicas), esclusas o hermeticidad.		
														Minimizar la infiltración	Noche														Esclusas térmicas, hermeticidad.	
					●				ENFRIAMIENTO	Directo		R	Minimizar la ganancia solar	Día			△	△	□	□	□	□	□	□	□	□		Dispositivos de control solar volados, aleros, partesoles, pérgolas, celosías, lonas, vegetación, etc.	Con base en meses de radiación solar y temperatura más elevada, así con los requerimientos de la carta bioclimática, carta psicométrica y tablas de Mahoney.	
					●								Cv	Promover la ventilación natural	Día	×	×	□	□	□	△	△	△	△	△	□	□	×	Ventilación cruzada	Con base en los meses de radiación solar más elevada, así también con los requerimientos de la carta bioclimática, psicométrica y tablas de Mahoney
					●								E	Promover el enfriamiento evapotativo	Día			□	□										Vegetación, fuentes, estanques, etc.	Con base en los datos de radiación solar más elevada, durante el día. Carta psicométrica dice que no se requiere.

CONDICIONANTE CLIMÁTICA								SISTEMAS PASIVOS				OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO												CIUDAD: TEPIC, NAYARIT.	Simbología				
												INVIERNO				PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		LATITUD: 21°30'00" N		LONGITUD: -104°52'58" W			
CÁLIDO SECO	CÁLIDO	CÁLIDO HÚMEDO	TEMPLADO SECO	TEMPLADO	TEMPLADO HÚMEDO	SEMI-FRÍO SECO	SEMI-FRÍO	SEMI-FRÍO HÚMEDO	ESTRATEGIAS	SISTEMA	MECANISMO TANS	ESTRATEGIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ELEMENTOS REGULADORES	OBSERVACIONES			
									ENFRIAMIENTO	Indirecto	R	Promover el enfriamiento radiante	Día Noche													Uso de materiales radiantes, "cubierta estanque", etc.			
					●						Cd	Minimizar el flujo conductivo de calor	Día Noche			△	△	△	△	△	△	△	△	△	■			Materiales aislantes, contraventanas, etc.	Con base en los datos de radiación solar, temperaturas horarias, carta bioclimática y tablas de Mahoney.
					●			Amortiguamiento					Día Noche			△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	■			Inercia térmica de los materiales
												Promover enfriamiento terrestre	Día Noche																Sumideros de calor casa enterrada o con taludes
					●			Cv				Promover la ventilación forzada o pre-tratada	Día Noche								△	△	△	△	△			Turbina o extractores de aire, torres eólicas, muro trombe, colectores de aires, etc.	Con base en los meses más calurosos del año, con los requerimientos de mayor ventilación por la carta bioclimática, psicométrica y tablas de Mahoney.
					●						E	Promover el enfriamiento evapotativo indirecto	Día Noche			■	■											Losa húmeda, muros húmedos, riego por aspersión, etc.	Con base solamente en la carta bioclimática lo aprueba, así como los meses de radiación solar anual más elevada.
								DESHUMIDIFICACIÓN	Dir.	R	Promover el calentamiento directo	Día Noche														Ganancia solar directa por acristalamiento			
										Indirecto	Cd	Promover el calentamiento indirecto	Día Noche														Inercia térmica de los materiales, muro trombe, invernaderos adosado o seco, chimeneas o radiadores de alta eficiencia, etc.		
					●						Cv	Promover la ventilación natural o inducida	Día Noche	×	×	■	■	△	△	△	△	△	△	△	■	■	×	Ventilación natural, captadores eólicos, colectores de aire, muro trombe, invernaderos secos, etc.	Con base en los requerimientos de las tablas de Mahoney, por los requerimientos de ventilación y deshumidificación de la carta bioclimática y psicométrica.
					●			HUMIDIFICACIÓN	Dir.	E	Promover sistemas evaporativos	Día Noche			■	■										Espejos de agua, fuentes, cortinas de agua, albercas, lagos, ríos, mar, etc.	Con base en la carta bioclimática y a los meses de radiación más elevada, sin embargo el diagrama psicométrico dice que no se requiere.		
					●					Indir.	Cv	Promover la ventilación inducida	Día Noche			■	■										Captadores eólicos o colectores de aire con estanques o fuentes, invernaderos húmedos, etc.	Con base en la carta bioclimática y a los meses de radiación más elevada, sin embargo el diagrama psicométrico dice que no se requiere.	

Tabla 15. Matriz de climatización

Fuente: Elaboración propia utilizando datos del análisis bioclimático de la ciudad de Tepic.

4.1.3.5 Especificaciones de diseño para Bioclima templado- húmedo

Según el Código de Edificación de Vivienda (2010), establece una serie de especificaciones para el proyecto arquitectónico en: Bioclima templado -húmedo, correspondiente a la ciudad de Tepic. Dichas especificaciones son comparadas con los requerimientos obtenidos del análisis bioclimático que comprende.

- Temperaturas horarias en Gráfica Solar
- Triángulo de Evans
- Índice ombrotérmico
- Tablas de Mahoney
- Carta Bioclimática
- Diagrama Psicométrico
- Confort Térmico Pronosticado (Fanger)

A continuación, la tabla 16, muestra el listado de especificaciones del CEV, en comparación con los requerimientos del análisis bioclimático:

SEGÚN CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDA (2010)		SEGÚN ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO	MAYOR APROXIMACION CONDICIONES CLIMÁTICAS DE TEPIC
ESPECIFICACIONES PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO			
Ubicación en el lote	Separada de las colindancias		
Configuración	Abierta, máxima exposición a los vientos		
Orientación de la fachada más larga	Sur-este	Orientación Norte-Sur (eje largo E-O), según tablas de Mahoney	El análisis bioclimático es más acertado
Localización de las actividades	Sala, comedor, recámara al sur-este. Guardarropa, cocina y circulaciones al nor-oeste		
Tipo de techo	Inclinado, cubierta con fuerte pendiente	Las techumbres deberán ser ligeras y bien aisladas, según tablas de Mahoney	Coincide más con el análisis bioclimático en que deban ser ligeras y aisladas, pero pueden ser inclinadas o planas
Altura de piso a techo	Máxima posible 2.70 metros		

SEGÚN CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDA (2010)		SEGÚN ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO	MAYOR APROXIMACION CONDICIONES CLIMÁTICAS DE TEPIC
ESPECIFICACIONES PARA EL CONTROL SOLAR			
Remetimientos y saliente en fachadas	Evitarlos		
Patios interiores	No se requiere		
Aleros	En todas las fachadas para proteger del sol y la lluvia	Se pretende proteger del sol y de la lluvia, según tablas de Mahoney. Se recomienda proteger las ventanas en la temporada de lluvias de los vientos que vienen del Noroeste (NW), especialmente en el mes de junio, julio y agosto, según la caracterización climática mensual y datos del Atlas de Agua de la República Mexicana.	Coincide en ambos, siempre y cuando se requiera proteger
	Fachada sur para protección solar en primavera y verano	Fachada sur y sur-oeste protección en primavera y otoño, según la tabla de temperaturas horarias y gráfica solar.	Coinciden ambos en protección de fachada sur en primavera. En las demás fachadas se acerca más al análisis bioclimático.
	Fachada norte control solar de 9 a 15 hrs. dejando pasar vientos	Protección de fachada nor-oeste en verano a partir de las 13 hrs., según la tabla de temperaturas horarias y gráfica solar.	Amos coinciden en proteger a medio día, sin embargo concuerda más con el análisis bioclimático.
	Al sur-oeste, oeste, nor-oeste completar con árboles de hoja perenne	Proteger al oeste: orientación con mayor radiación solar, según la tabla de temperaturas horarias y gráfica solar.	Amos concuerdan
Pórticos, balcones, vestíbulos	Se recomienda en accesos		
	Pórticos en fachadas donde da el viento		
Tragaluces	Orientados al norte con protección solar en verano		
	Evitar los horizontales		
Parteluces	Cuidando de no obstruir vientos		
Vegetación	Árboles de hoja caduca para sombrear en verano y asolear en invierno, de hoja perenne al sur-oeste, oeste y noroeste.	Se requiere utilizar vegetación para promover el enfriamiento evaporativo, en marzo y abril por ser los meses con mayor radiación solar. Se recomienda ubicarlos al sur-oeste, oeste y noroeste, según diagrama psicrométrico y matriz de climatización.	Amos concuerdan en protección solar y enfriamiento evaporativo a través de vegetación.
	Arbustos para protección solar		
	No bloquear vientos		

SEGÚN CÓDIGO DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDA (2010)		SEGÚN ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO	MAYOR APROXIMACION CONDICIONES CLIMÁTICAS DE TEPIC
ESPECIFICACIONES PARA VENTILACIÓN			
Unilateral	A cualquier orientación	La disposición de las ventanas se recomienda en muros norte y sur, a la altura de los ocupantes.	Ambos coinciden en que la disposición de las ventanas se recomienda a cualquier orientación, siempre y cuando tengan protección solar.
Cruzada	Con ventanas a los vientos dominantes, operables a ambos lados	Aprovechamiento de los vientos dominantes por el nor-oeste con protección solar.	El CEV y el análisis bioclimático coinciden en que la mejor disposición de las ventanas debe de ser hacia los vientos dominantes, que en este caso es hacia noroeste.
Otras		La ventilación de las ventanas debe ser de constante. Promover ventilación inducida en primavera y verano.	
ESPECIFICACIONES PARA LAS VENTANAS			
Ubicación en fachadas según dimensión	Máxima de donde viene el viento	Aberturas medianas, entre 30 y 50% de la proporción del muro.	Las especificaciones del CEV y del análisis bioclimático son factibles para la ciudad de Tepic.
	Operables		
	De la mayor dimensión posible		
	El área de la ventana de salida 25% de entrada		
	Mínima en fachadas nor-oeste, oeste y sur-oeste		
Ubicación según nivel de piso interior	En la parte media baja del muro	Las ventanas deben tener una altura al nivel de los ocupantes	El CEV y el análisis bioclimático coinciden en que la posición de las ventanas debe de estar al nivel de los ocupantes.
	Que el aire pase al nivel de los ocupantes		
Formas de abrir	Abatibles, corredizas, de proyección, persianas	Podrán ser abatibles, corredizas, de proyección, etc.	
Protección	Mostiqueros	Ventanas con protección de lluvia	Ambas recomendaciones, son factibles para la ciudad de Tepic.
ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES Y ACABADOS			
Techumbre	Masivos con aislamiento térmico en la cara exterior	Ligeros con aislamiento exterior	Ambos coinciden
Muros exteriores	Masivos	Deberán de ser masivos arriba de 8 hrs de retardo térmico.	Ambos coinciden
Muros interiores y entrepiso	Masivos	Deberán de ser masivos arriba de 8 hrs de retardo térmico.	Ambos coinciden
Pisos exteriores	Antiderrapante con buena pendiente		
	Cerámicos, pétreos		
Color y textura de acabados exteriores	No hay requerimientos especiales		

Tabla 16. Especificaciones de diseño para Bioclima templado- húmedo. Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Análisis del usuario

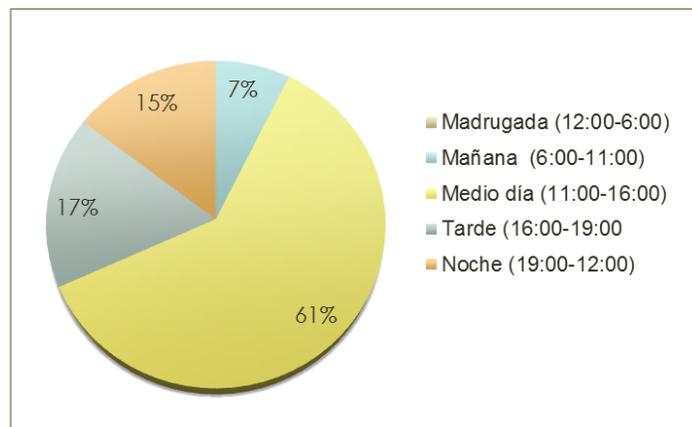
4.1.4.1 Bienestar y confort de los usuarios

Para conocer el estado de bienestar y confort del usuario en relación al comportamiento térmico de sus viviendas, fue necesario realizar encuestas. Dichas encuestas permitieron conocer su opinión con respecto al confort térmico dentro de sus viviendas, el gasto energético que se genera en ellas y la disponibilidad para llevar a cabo modificaciones. Los resultados son los siguientes.

- **Confort**

El 88% de los encuestados se encuentra insatisfecho con las dimensiones de su vivienda, así como la ventilación natural y la temperatura interior que se genera.

Se identificó que el 91% de los habitantes encuestados consideran que su vivienda sí presenta problemas de altas temperaturas en alguna época del año. De los cuales el 61% considera que las altas temperaturas se registran al medio día entre las 11:00 y las 16:00 hrs. Esto lo podemos observar en la *gráfica 23*.



Gráfica 23. Hora del día donde se presenta mayores problemas de altas temperaturas en la vivienda

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la *gráfica 24*, el 76% de los encuestados consideran que el espacio en donde presentan mayores problemas de altas temperatura en el hogar, es en las recamaras. El área de la sala-comedor es el segundo más caliente con un 16%.

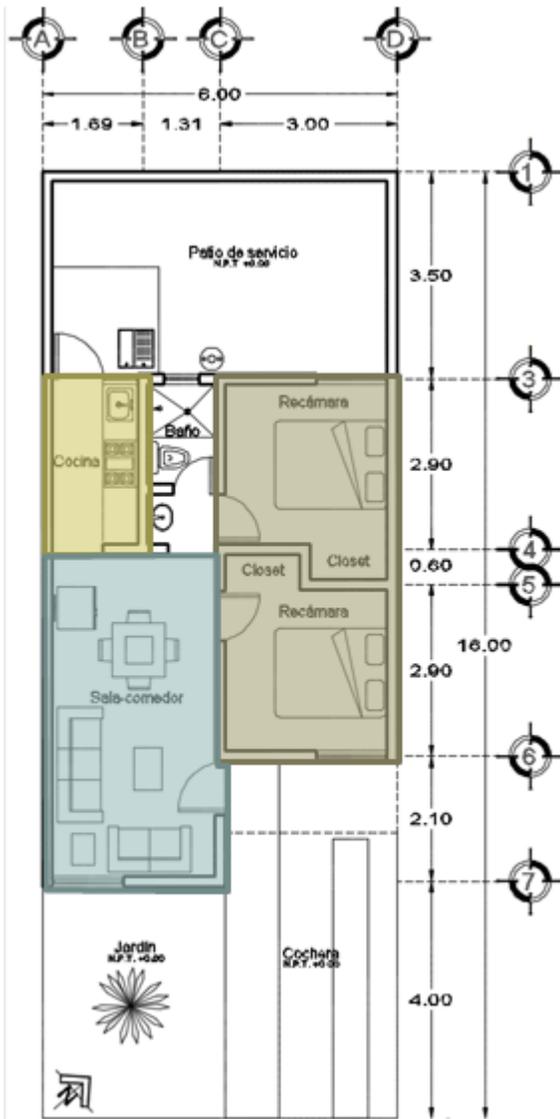
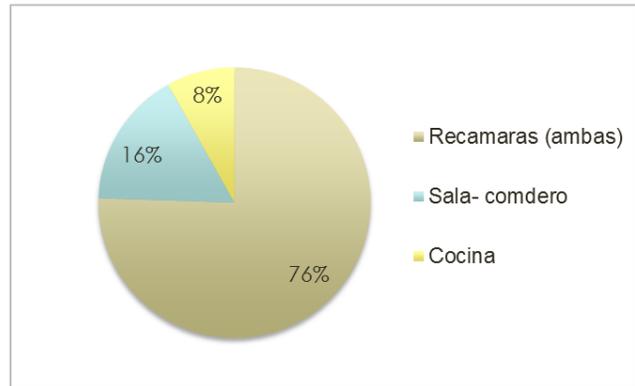


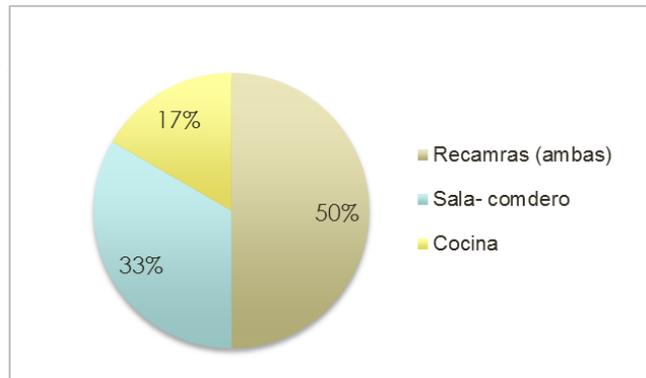
Figura 6. Espacios de la vivienda con mayores problemas de confort térmico

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 24. Espacios de la vivienda con mayores problemas de altas temperaturas durante el día

Fuente: Elaboración propia



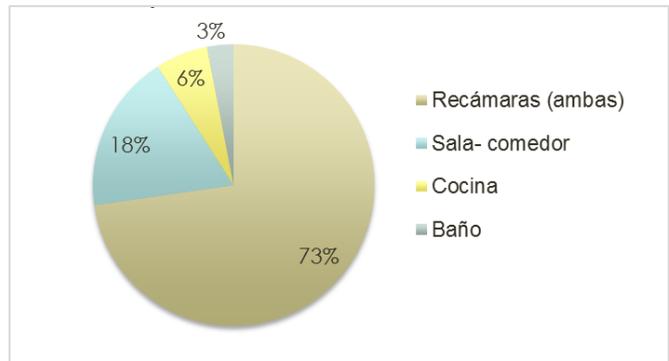
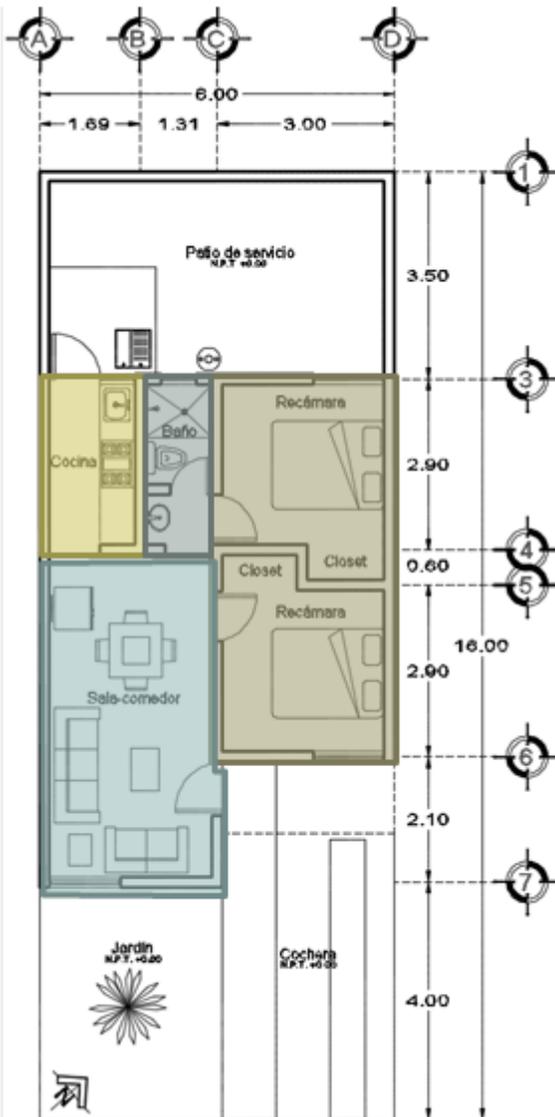
Gráfica 25. Espacios de la vivienda con mayores problemas de bajas temperaturas durante el día

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que las viviendas, no presentan graves problemas de confort térmico en la época de invierno, ya que el 70% de los encuestados mencionaron que su hogar, no presenta problemas de bajas temperaturas. Sin embargo, el 30% mencionó que sí existe dicho problema, detectando las temperaturas más bajas durante la noche y madrugada, mayormente en el área de recámaras.

- **Ventilación**

En cuanto al tema de ventilación natural en la vivienda. Encontramos que el 67% de los encuestados consideran que su vivienda sí presenta problemas de ventilación, considerando el área de las recámaras como las más afectadas. Esto lo podemos observar en la *gráfica 26*.



Gráfica 26. Espacios de la vivienda con mayores problemas de ventilación natural

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Espacios de la vivienda con mayores problemas ventilación natural

Fuente: Elaboración propia.

- **Gasto energético**

En cuanto al tema de gasto energético. El 59% de la población encuestada, considera que su gasto mensual en energía eléctrica es bajo. Gastando en promedio \$200 mensuales. Sin embargo, mencionan que en los meses de verano, si notan un mayor consumo de energía.

Más del 90% de las viviendas no cuentan con dispositivos ahorradores como calentadores solares, llaves ahorradoras, sanitarios ecológicos e incluso focos ahorradores.

- **Modificaciones en vivienda**

El 70% de los encuestados opinan que, sí estarían dispuestos a realizar algún tipo de modificación a su vivienda, si ellos obtuvieran algún beneficio como: el ahorro energético o el mejoramiento de las condiciones de temperatura en el interior de su vivienda. La principal razón por la cual se motivarían los encuestados a realizar modificaciones a su vivienda. Sería principalmente para mejorar las condiciones de temperatura al interior de sus viviendas. Seguido del cuidado al medio ambiente.



Gráfica 27. Motivación por la cual los usuarios modificarían su vivienda

Fuente: Elaboración propia

Si se desea conocer los resultados de todas las preguntas de la encuesta, véase anexo 3. Resultados de encuestas.

4.1.5 ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

En esta sección del trabajo, describiré el estado actual de las viviendas y de su entorno, puntualizando las características del fraccionamiento y de las viviendas analizadas.

4.1.5.1 Características del fraccionamiento Valle del Country

El fraccionamiento Valle del County se encuentra ubicado al Sur-oriente de la ciudad de Tepic. Este fraccionamiento alberga 543 viviendas de interés social, con una población aproximada de 1,362 habitantes. (INEGI, 2015). Dicho fraccionamiento fue construido a finales de los años 90's.

El fraccionamiento cuenta con servicios, infraestructura y equipamiento básicos que dan servicio a la población. Las calles y avenidas del fraccionamiento son de pavimento asfáltico, sin embargo, se encuentran en malas condiciones presentando problemas de inundación, encharcamiento y baches. Las banquetas suelen ser muy angostas, y algunas de ellas suelen estar dañadas.

Se puede observar vegetación en banquetas y camellones, las cuales suelen ser plantas de ornato y árboles pequeños tipo ficus benjamina. La vegetación del lugar suele ser escasa y la que existe suele estar muy descuidada a falta de mantenimiento.

A continuación se muestran algunas fotos del estado actual del fraccionamiento Valle del Country (zona de estudio):



Fotografía 1. Falta de mantenimiento en áreas verdes
Fuente: Propia.



Fotografía 2. Calles y avenidas en mal estado
Fuente: Propia.



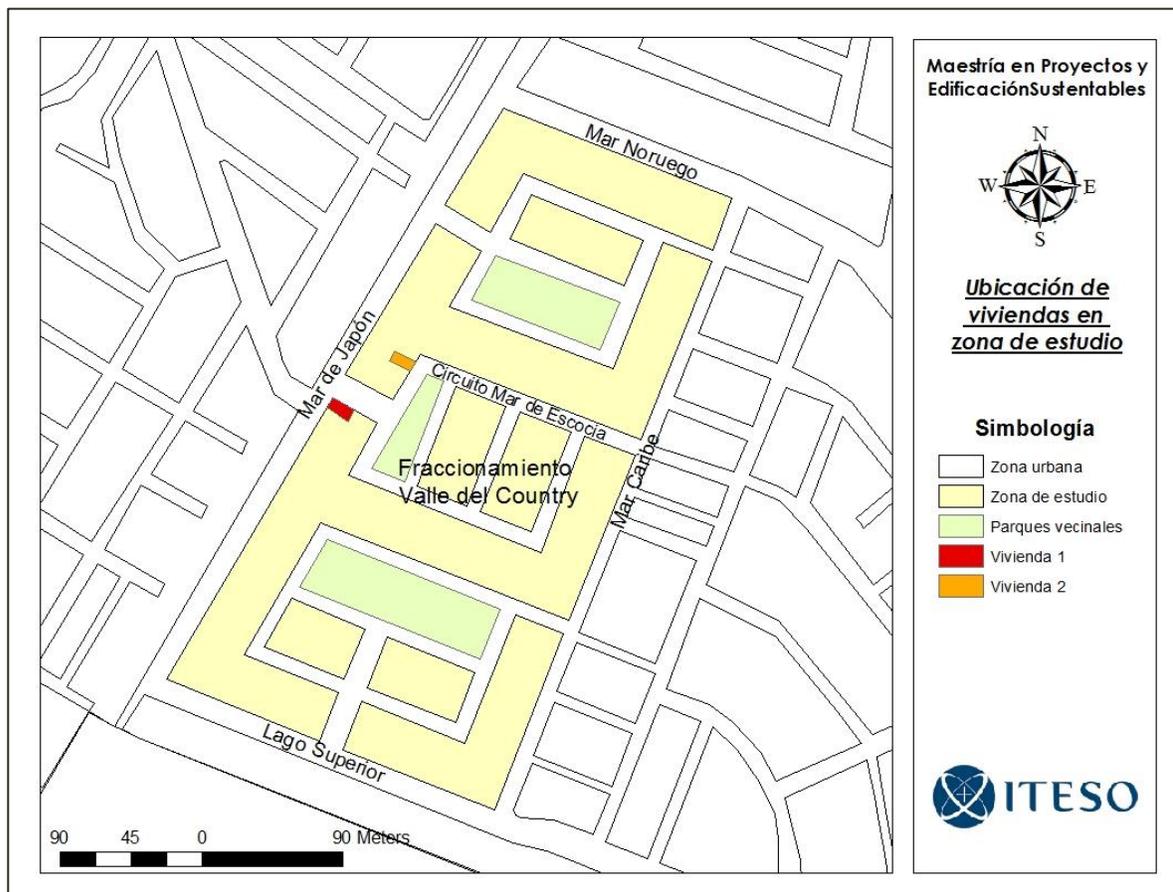
Fotografía 3. Estancamiento de agua en calles
Fuente: Propia.

4.1.5.2 Características de las viviendas

▪ Ubicación de las viviendas

Para desarrollar el proyecto de investigación, fue necesaria la selección de dos viviendas de interés social dentro del fraccionamiento Valle del Country; con la intención de analizar el comportamiento térmico y determinar adecuaciones que mejoren el confort térmico dentro de la vivienda. Así mismo se analizaron los aspectos arquitectónicos y constructivos de cada una de ellas.

Cada vivienda comparte características similares excepto la orientación. La vivienda 1 se encuentra orientada al noroeste, ubicada en calle Mar de Japón # 92. Mientras la vivienda 2, se encuentra orientada al sureste, ubicada en circuito Mar de Escocia # 56. En el mapa 5, se observa la ubicación de las viviendas en la zona de estudio.



Mapa 5. **Ubicación de viviendas en el fraccionamiento Valle del Country**

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta ARGIS. Datos de INEGI

▪ **Distribución de la vivienda**

Como se muestra en la *figura 8*, las viviendas están compuesta por una sola planta, y cinco espacios: Sala comedor, cocina, dos recamaras, baño, patio de servicio y cochera. En frente, cada vivienda tiene una pequeña área de jardín, además una banqueta que permite la entrada a la vivienda.

Las viviendas analizadas poseen las mismas características arquitectónicas, ya que aún no ha sufrido modificaciones.

1. Sala-comedor: Área común de la vivienda de pequeñas dimensiones, la cual tiene problemas de ventilación.
2. Cocina: Área de pequeñas dimensiones, la cual cuenta con ventana y puerta dirigidas al patio de servicio. Esto proporciona al espacio ventilación constante.
3. Recamaras: La vivienda cuenta con dos recamaras de dimensiones similares las cuales se encuentran espejeadas. Además, cuentan con closet y una ventana (1.20mx1.40m).
4. Baño: Es de dimensiones mínimas. Tiene una pequeña ventana para la ventilación, la cual da al patio de servicio.
5. Patio de servicio: No se encuentra techado, lo cual permite asoleamiento y ventilación en la vivienda, además, no cuenta con árboles o vegetación alguna.
6. Cochera: No se encuentra techada, con dimensiones para un solo automóvil. Ésta se encuentra en la parte frontal de la vivienda
7. Jardín: Se encuentra a un costado de la cochera, en la parte frontal de la vivienda.

A continuación presento los planos arquitectónicos y algunas fotos de las viviendas.



Fotografía 4. **Vivienda de interés social 1.**
Fuente: Propia.



Fotografía 5. **Vivienda de interés social 2.**
Fuente: Propia.

• Planos arquitectónicos de la vivienda

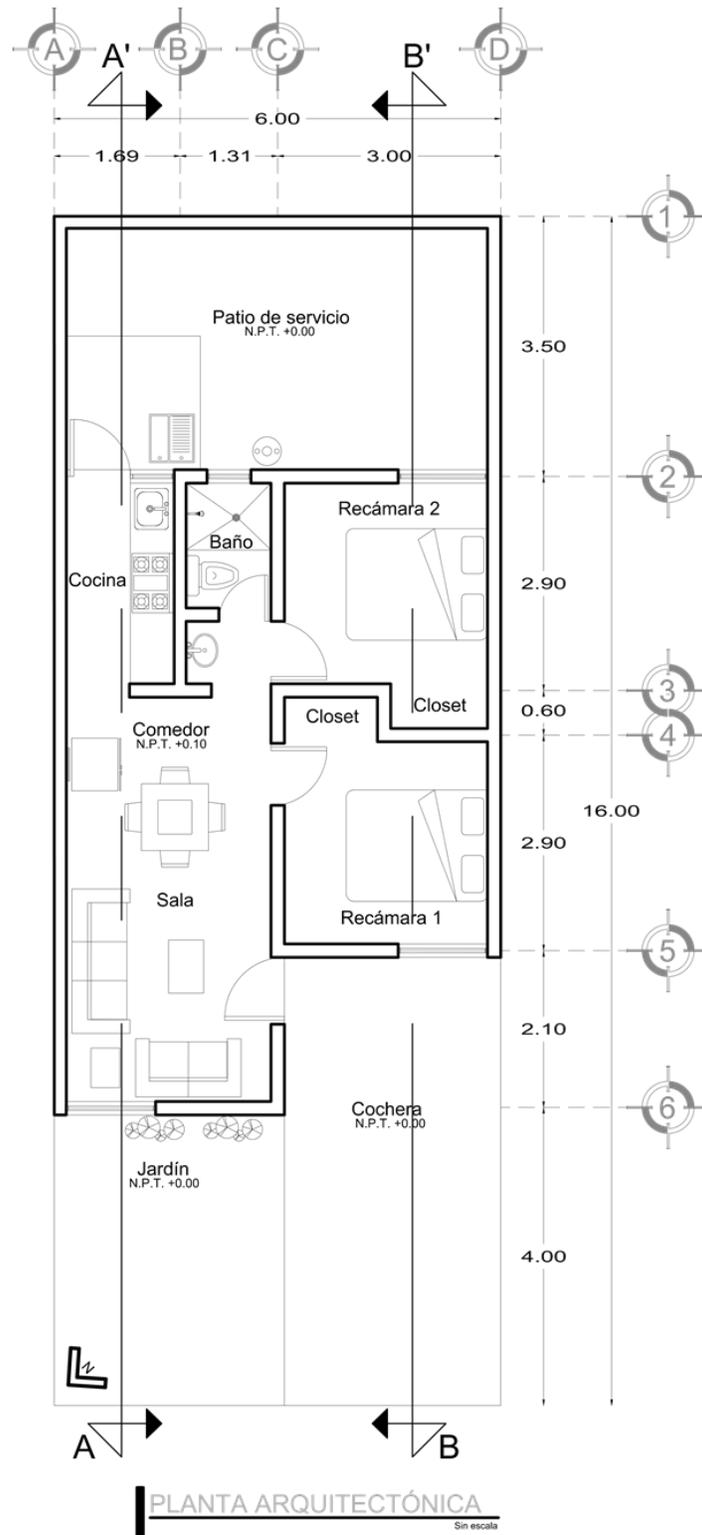


Figura 8. *Planta arquitectónica vivienda* Fuente: Elaboración propia.

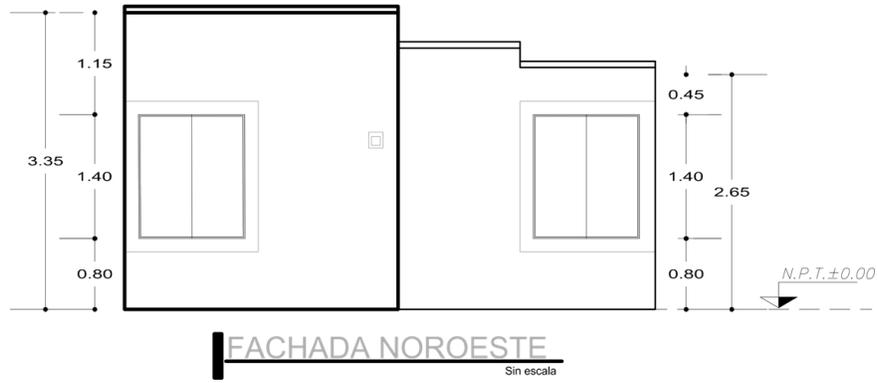


Figura 9. *Fachada noroeste* Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 10. *Fachada sureste* Fuente: *Elaboración propia.*

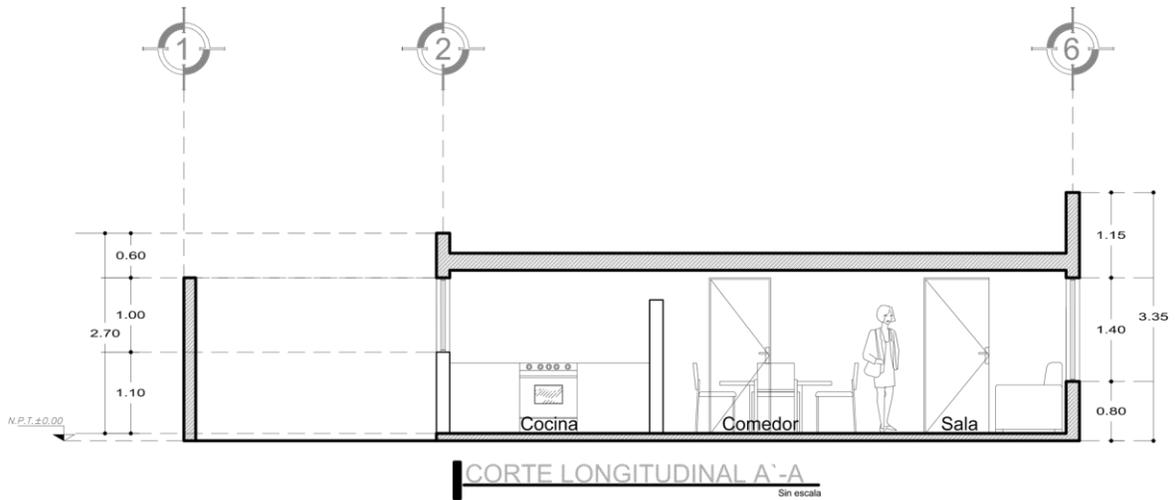


Figura 11. *Corte longitudinal A'-A* Fuente: *Elaboración propia.*

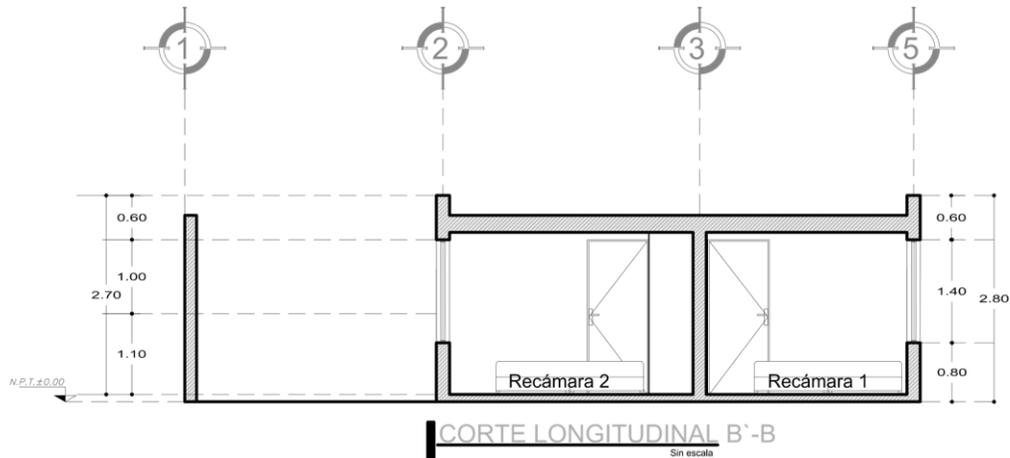


Figura 12. **Corte longitudinal B'-B** Fuente: *Elaboración propia.*

- **Estado de conservación de la vivienda**

Las viviendas presentan problemas de humedad, principalmente en las recámaras, incluso algunos vecinos se quejan de la mala calidad en las ventanas, ya que en tiempo de lluvia se suele meter el agua. El cableado de la luz eléctrica es deficiente, provocando altos consumos en la factura eléctrica. Muchas viviendas suelen estar en buenas condiciones, ya que suelen ser pintadas periódicamente y tiene mantenimiento en áreas verdes.

A continuación se muestran algunas fotografías del estado de conservación de las viviendas.



Fotografía 6. **Fachada y áreas verdes en buen estado**
Fuente: *Propia.*



Fotografía 7. **Problemas de humedad en techos y muros**
Fuente: *Propia.*

- **Materiales y sistemas constructivos**

Los muros de la vivienda, están constituidos a base de blocks de jal de 10x14x28 cm. sentados a soga con mortero. El aplanado al exterior es repellado a base de mortero cemento y arena, con un espesor de 2mm. El aplanado interior es pulido a base de yeso. La altura de piso terminado a losa, es de 2.15m. La losa está compuesta por el sistema llamado vigueta y bovedilla. Las viguetas son de concreto armado, mientras la bovedilla es de poliestireno de 12cm de espesor; la malla electro-soldada de 6x6 y una capa de compresión de 4cm de espesor. La cimentación utilizada en la vivienda es a base de losa de cimentación, la cual está constituida por una plantilla de 3cm de espesor; y una capa de compresión armada de 10cm de espesor.

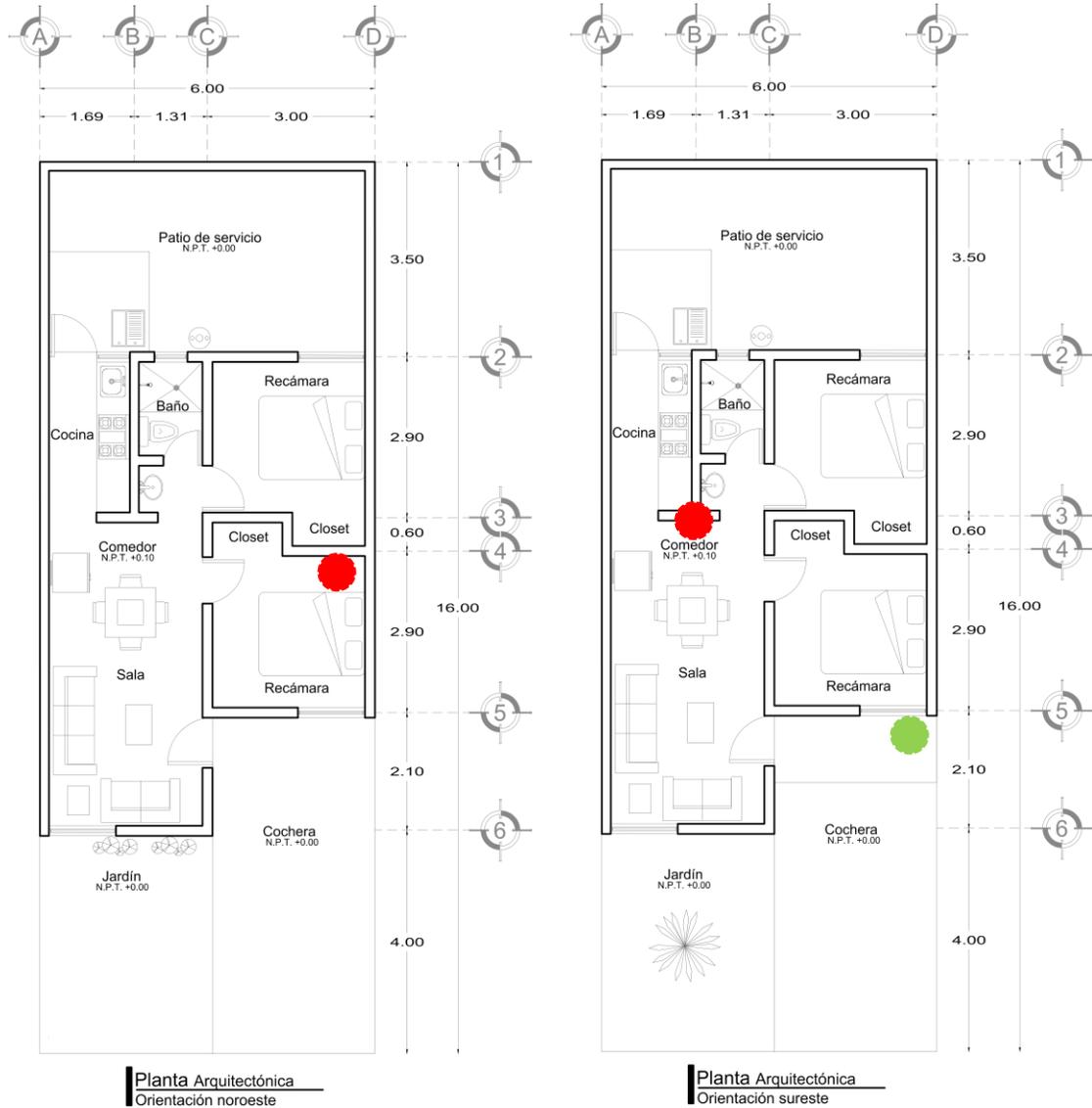
4.1.5.3 Comportamiento térmico de la vivienda

- **Monitoreo climático en viviendas**

Para realizar el monitoreo climático en las viviendas seleccionadas, fue necesario utilizar sensores llamados Data logger, marca Extech modelo RHT10. Dichos sensores permitieron conocer las condiciones climáticas al interior y exterior de las viviendas. Los Data loggers registraron los datos de temperatura y humedad relativa a cada 15 minutos durante una semana, del 21 al 27 de junio. Comprendiendo algunos de los días de verano en donde se registran mayores problemas de altas temperaturas en todo el año.

Se colocó un Data logger al interior de cada vivienda y uno al exterior. El sensor ubicado en la vivienda 1, se instaló en la recámara frontal. El segundo sensor ubicado en la vivienda 2, se situó en el comedor. El último sensor fue colocado al exterior, de la vivienda 2; este se instaló debajo de un alero en la cochera, ya que debía estar protegido por la radiación directa y las lluvias. Los registros de este último sensor permitieron dar referencia más acertada sobre las condiciones exteriores del sitio. Los tres sensores fueron colocados a una altura promedio de 1.70 metros sobre el piso, altura promedio de una persona.

A continuación se muestra la ubicación de los data logger al interior y exterior de las diferentes viviendas.



Planta Arquitectónica
Orientación noroeste

Planta Arquitectónica
Orientación sureste

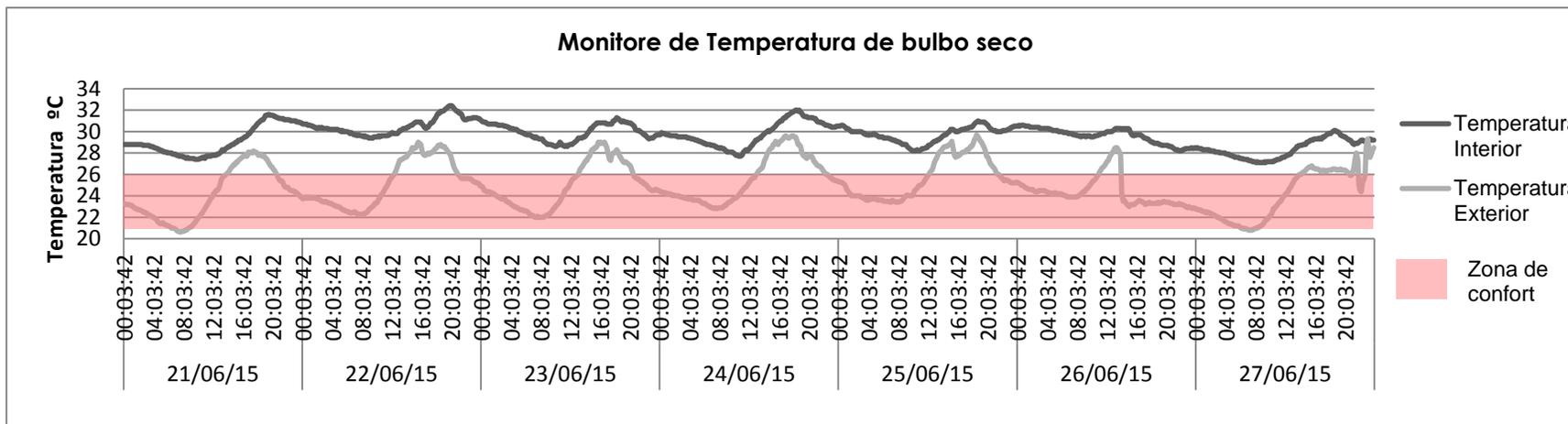
Simbología	
	Data logger interior
	Data logger exterior

Figura 13. Ubicación de instrumentos de obtención de datos climáticos (Data logger)

Fuente: Elaboración propia.

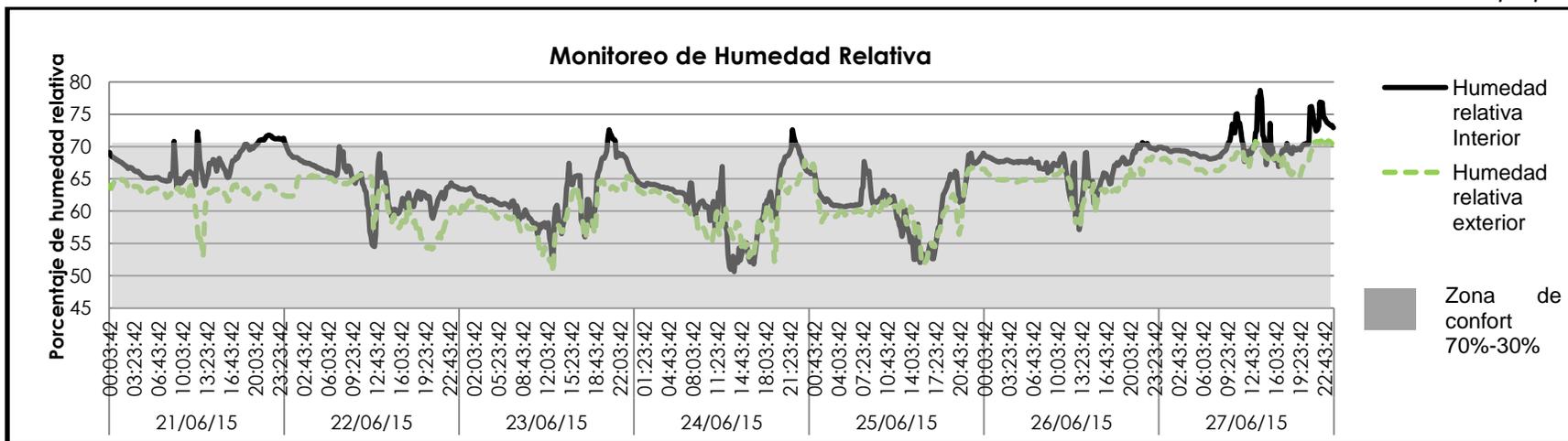
Vivienda 1.

En la gráfica 28, podemos observar los resultados del monitoreo de temperatura realizado en la vivienda 1, en ella se compara la temperatura exterior con la temperatura interior del lugar. Además se determina la zona de confort para que esta sea comparada. En la gráfica 29, se muestra el monitoreo de humedad relativa de la misma vivienda, ésta de igual manera se compara con la humedad relativa del exterior y la zona de confort.



Gráfica 28. Registro de Temperatura de bulbo seco en Vivienda 1.

Fuente: Elaboración propia

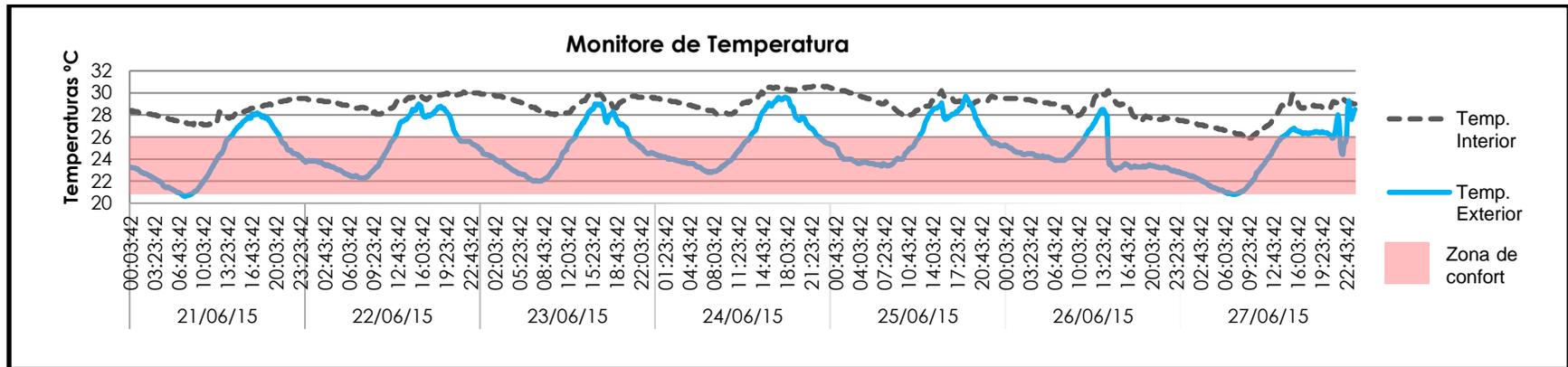


Gráfica 29. Registro de Humedad Relativa en Vivienda 1.

Fuente: Elaboración propia

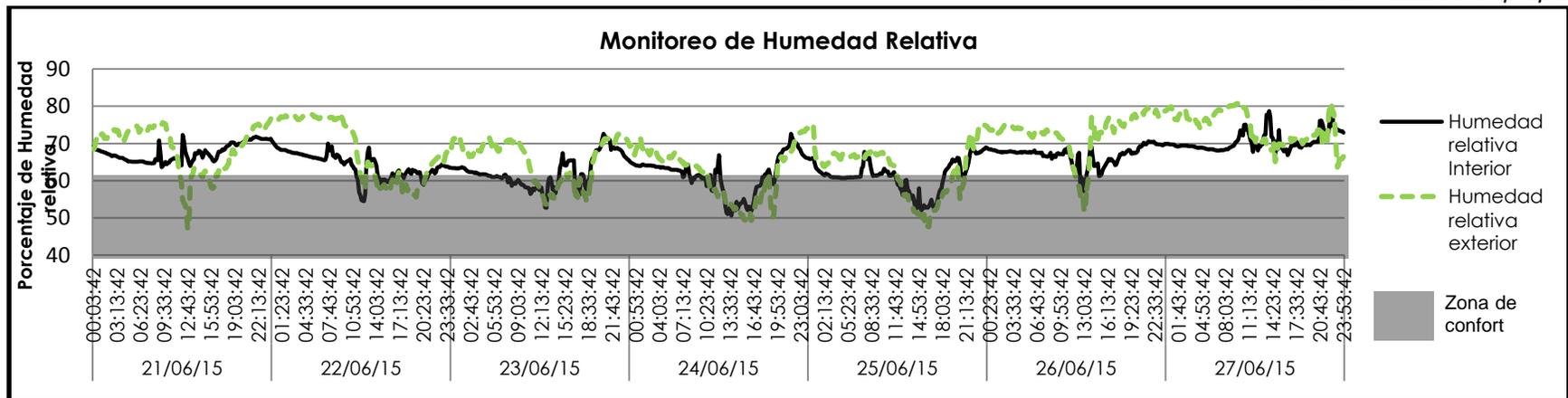
Vivienda 2.

La gráfica 30, nos muestra el monitoreo de temperatura de la vivienda 2, comparándolas con la temperatura del exterior. La gráfica 31, muestra el registro del monitoreo de humedad relativa en la misma vivienda.



Gráfica 30. Registro de Temperatura de bulbo seco en Vivienda 2.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 31. Registro de Humedad Relativa en Vivienda 2.

Fuente: Elaboración propia

- **Diagnóstico de monitoreo climático en viviendas 1**

Como podemos observar en la *gráfica 28*, la temperatura al interior de la vivienda tiende ser más elevada que la temperatura exterior, llegando a tener una oscilación hasta de 5°C. La temperatura al interior oscila entre los 27° y 30°C, mientras la temperatura exterior varía en el transcurso del día. Por la mañana la temperatura exterior oscila entre los 24° y 22° C, sin embargo, la temperatura interior se encuentra entre los 29° y 30°. Alrededor de las 9:00 de la mañana la temperatura exterior comienza a ascender llegando a alcanzar los 30° entre las 14:00 y las 16:00 hrs. Alrededor de las 20:00 hrs. la temperatura comienza a descender, sin embargo la temperatura interior se mantiene en los 30°.

En la *gráfica 29*, observamos que el comportamiento de la humedad relativa al interior de la vivienda tiende ser mayor en comparación a la humedad relativa exterior, teniendo una oscilación en 5 y 10%.

- **Diagnóstico de monitoreo climático en viviendas 2**

En la *gráfica 30*, se observa que la temperatura registrada al interior de la vivienda suele ser más elevada que la temperatura exterior, registrando una diferencia hasta de 5°C. Lo que indica que la vivienda conserva el calor de todo el día y nunca se mantiene fresca. La temperatura de la vivienda siempre se mantiene alrededor de los 30° C. mientras que la temperatura exterior tiene cambio durante el día. En la *gráfica 31*, se observa que la humedad relativa al exterior de la vivienda es mucho menor que la humedad del interior.

De acuerdo a las similitudes encontradas en el monitoreo climático en ambas viviendas, se determinó utilizar sólo una de ellas para el análisis de asoleamiento, ventilación y comportamiento térmico. De esta manera agilizar los resultados para determinar las adecuaciones bioclimáticas.

- **Análisis de Asoleamiento**

El asoleamiento que recibe una edificación, en gran medida es responsable de las condiciones microclimáticas en su interior, por ello, es esencial aprovecharlo o evitarlo dependiendo de clima y época del año.

Como ya sabemos, el sol es la base de toda manifestación climática, por lo tanto, permitir su ingreso al interior de algún espacio elevará las temperaturas, mientras que su obstrucción ayudará a bajarlas, permitiendo alcanzar confort higrotérmico a sus ocupantes.

La evaluación del asoleamiento, reconoce las horas y los días del año en que un vano permite el acceso directo de la radiación solar al interior del edificio. Esta evaluación se puede realizar mediante: a) **Graficas solares estereográficas**; b) **Requerimientos de climatización** (Datos temperatura horarias mensual); c) **Mascarilla de sombra**; las cuales se utilizan simultáneamente.

- **Gráfica solar (estereográfica)**

Esta herramienta es utilizada para el diseño de aleros² y partesoles³ En ella se muestra para cada latitud, la posición del sol sobre la bóveda celeste, tanto en altura como en azimut, para cada mes y hora del año. La gráfica solar utilizada para este trabajo es la estereográfica, la cual es proporcionada por el programa *Ecotect Analysis*.

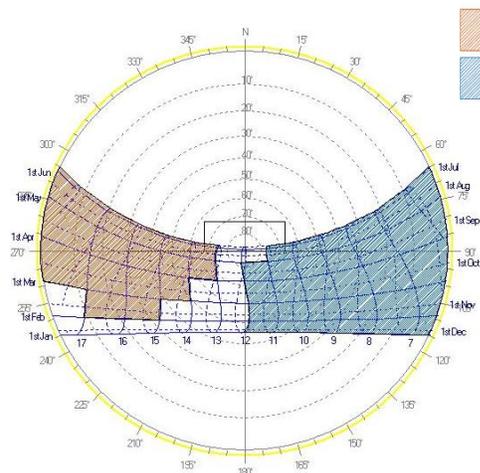
- **Requerimientos de climatización**

Es fundamental tomar en cuenta los requerimientos de climatización para la latitud en que se está trabajando, ya que en ella se indican las horas, días y meses del año en que se tiene sobrecalentamiento o enfriamiento. De esta manera se determina si se necesita obstruir o dejar pasar la radiación directa.

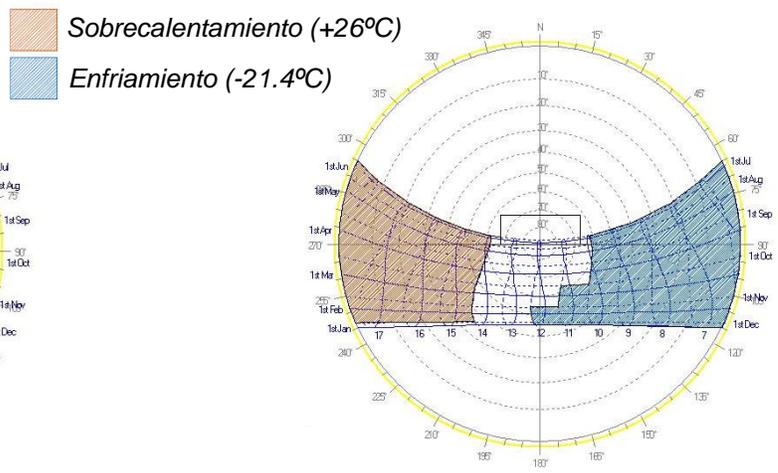
La gráfica solar y los requerimientos de climatización se empatan para obtener las siguientes gráficas solares. En la *gráfica 32 y 33*, se muestran las gráficas solares por semestre para la ciudad de Tepic, con los requerimientos de climatización semestral.

² Aleros: Elemento horizontal que sobresale de la fachada, con fines de protección solar

³ Partesoles: Elemento vertical saledizo de la fachada que bloquea los rayos solares.

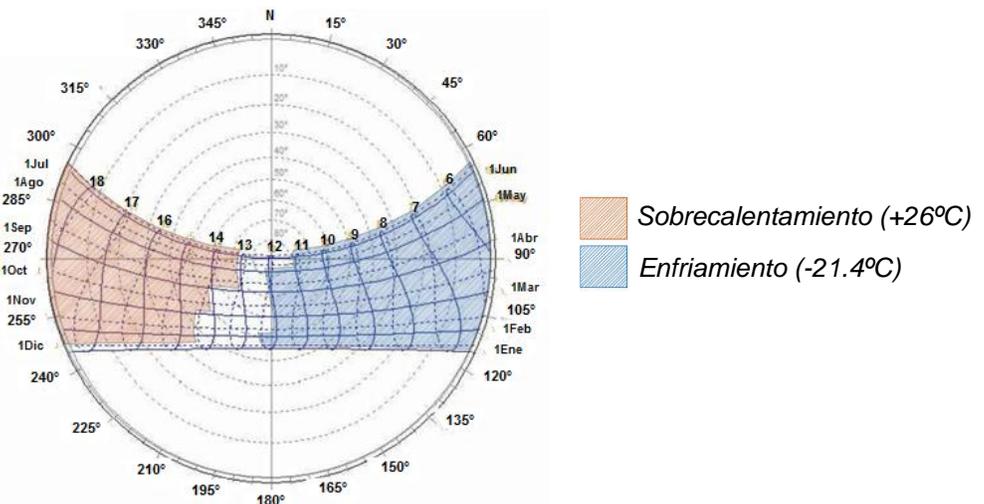


Gráfica 32. Gráfica solar con requerimientos de climatización (enero-junio)
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 33. Gráfica solar con requerimientos de climatización (julio-diciembre)
Fuente: Elaboración propia

Para simplificar la información referente a los requerimientos de climatización anual, se decidió agrupar en una sola gráfica solar, las dos gráficas anteriores. De esta manera, integrar los requerimientos de climatización en una gráfica solar anual.

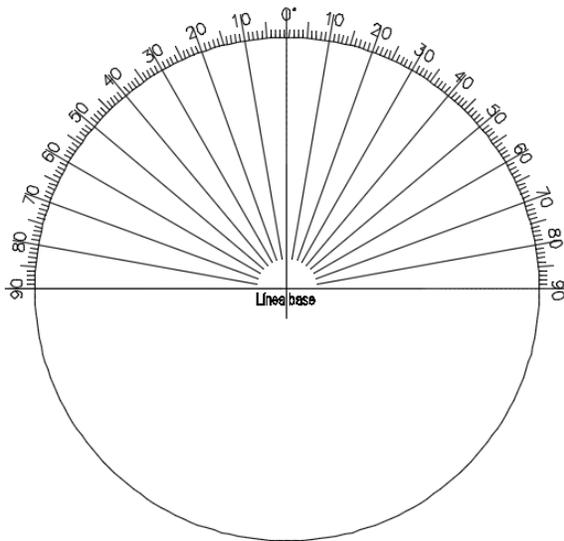


Gráfica 34. Gráfica solar con requerimientos de climatización anual
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis

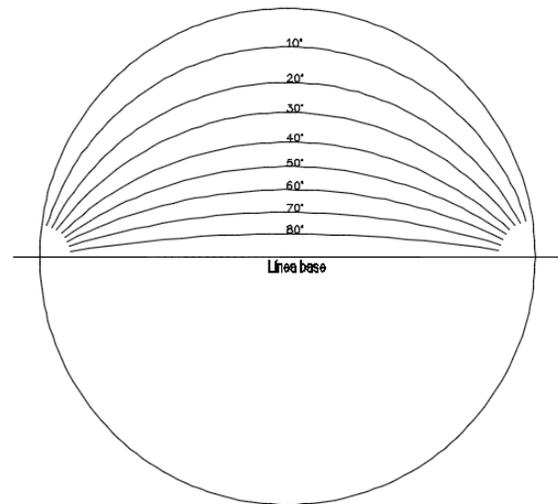
- **Mascarilla de sobras**

Esta herramienta permite definir las sombras que provocan elementos como partesoles o aleros sobre el vano que se analiza. La mascarilla de sombras se traspasa a la gráfica solar, y mediante las sombras obtenidas por la altura solar y el azimut se precisan horas y días en que existe radiación solar durante el año.

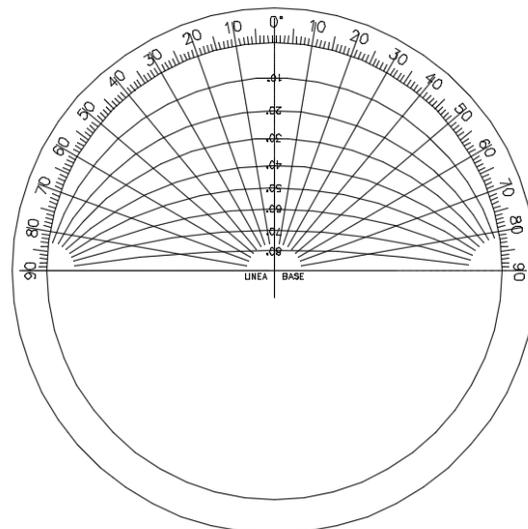
La **altura solar** (ver gráfica 36) en la mascarilla de sombras, permite realizar el diseño de aleros o protecciones horizontales. Esta se compone de círculos concéntricos, espaciados a cada 10° , el círculo externo corresponde a 0° y representa el horizonte, mientras que el punto central corresponde a 90° y representa el cenit. El **azimut solar** (ver gráfica 35) permite el diseño de partesoles o protecciones verticales. Se compone de líneas radiales que parten del centro hacia la periferia, espaciadas a cada 10° .



Gráfica 35. Líneas de azimut solar
Fuente: Elaboración propia



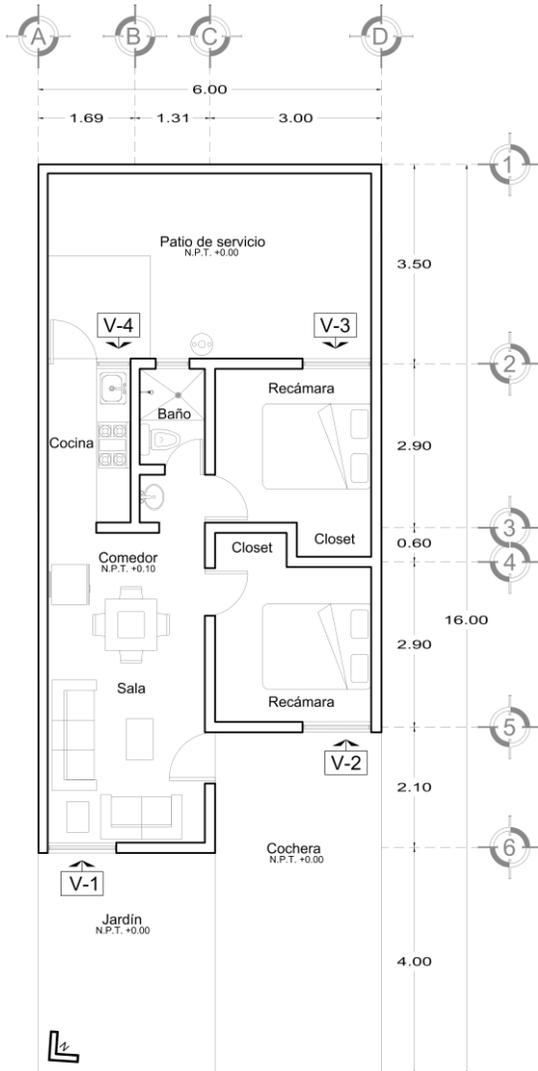
Gráfica 36. Líneas de altura solar
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 37. Mascarilla de sombras estereográfica
Fuente: Elaboración propia

• **Análisis de asoleamiento en ventanas**

Para comenzar el análisis de asoleamiento en las ventanas, es necesario ubicar cada una de ellas en un plano, (Véase figura 14) de esta manera identificar su orientación y ubicación en el proyecto.



A continuación presento el análisis de cuatro vanos de la vivienda analizada, dos vanos con orientación noroeste y dos con orientación sureste. No se toma en cuenta el vano del baño, ya que no requiere análisis.

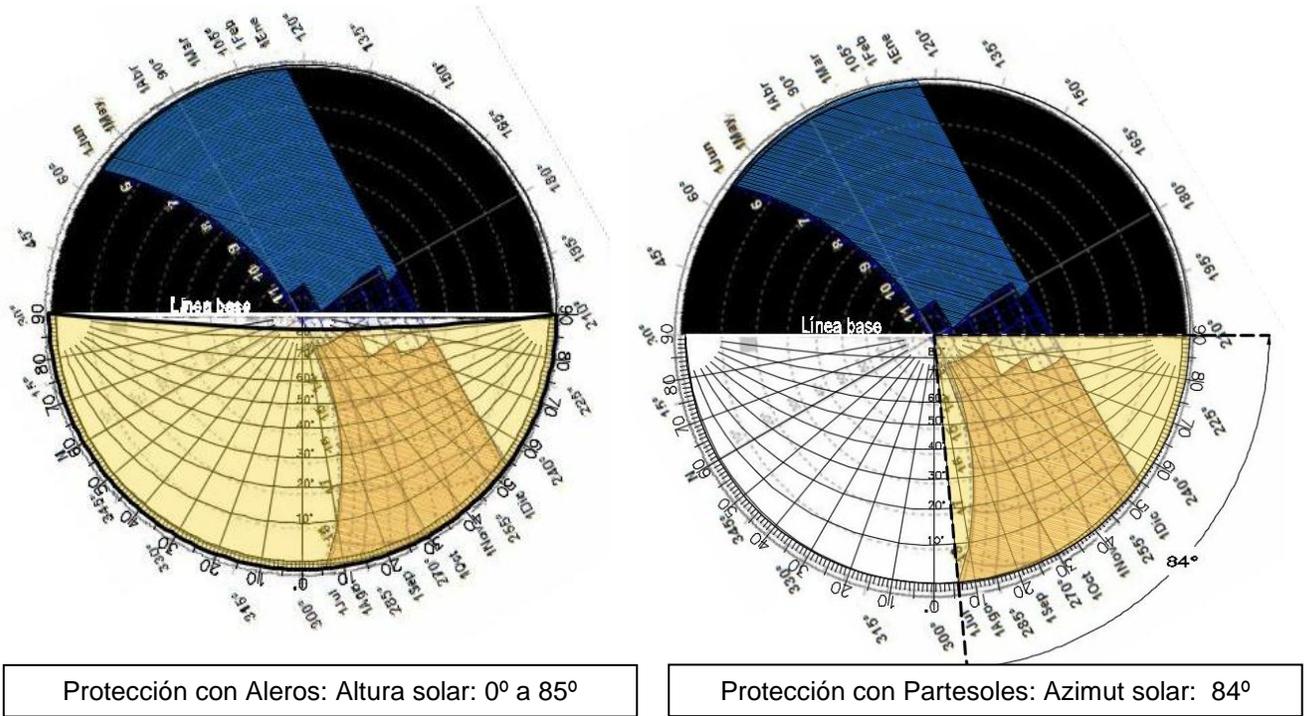
En el análisis se muestran las gráficas solares con los requerimientos de climatización anual, empataadas con la mascarilla de sombras, De esta manera se determinan los ángulos que se necesitan para diseñar elementos que permitan dar sombra a cada vano. Este análisis se realizó con datos del 20 de mayo a las 17:00 hrs. ya que se considera uno de los días más cálidos para la ciudad de Tepic, Nayarit.

A continuación se muestran los resultados del análisis.

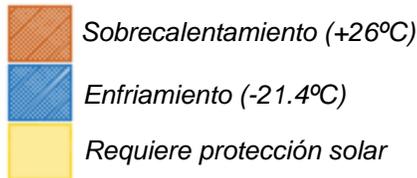
Figura 14. **Ubicación de ventanas en vivienda**

Fuente: Elaboración propia

V-1. Ventana 1. Requiere protección solar

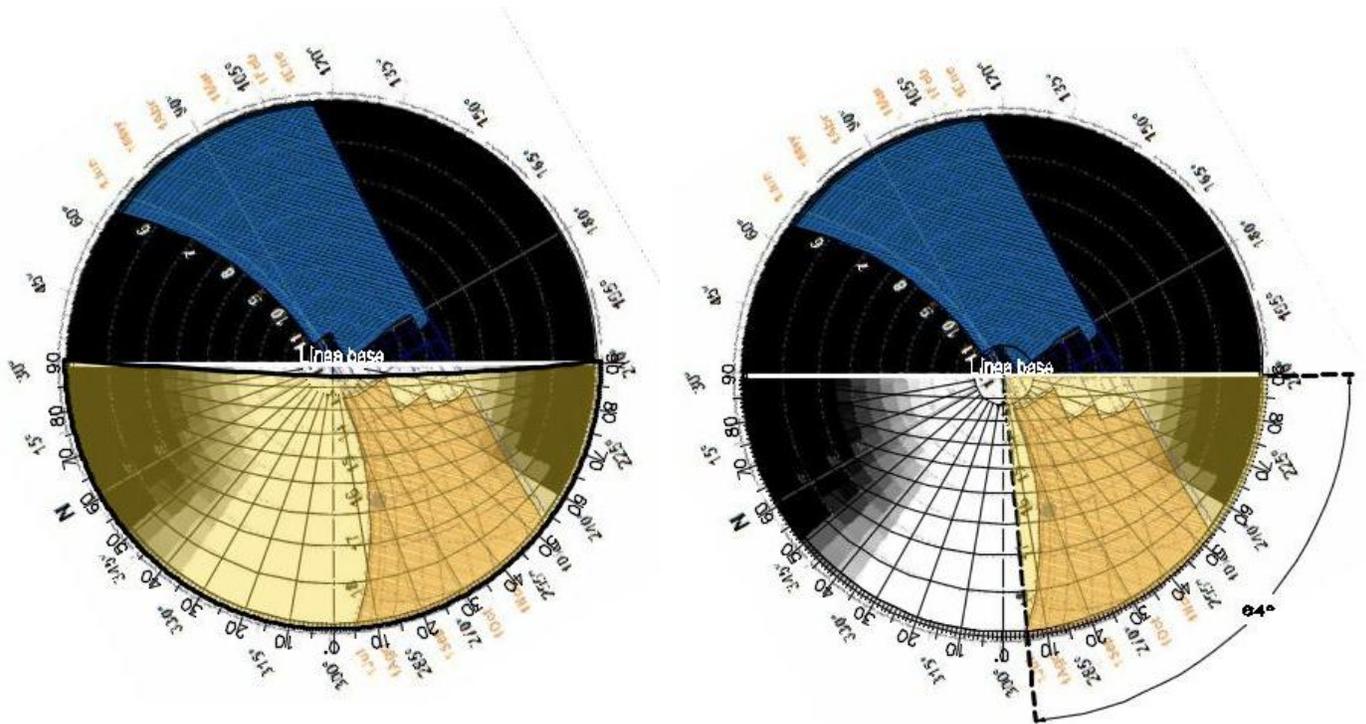


Gráfica 38. Ventana 1. (V-1) Orientación noroeste
 Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis



En la *gráfica 38*, se observa que la ventana 1 (V-1) necesita protección solar de las 12:00 horas en adelante, durante los meses de abril, mayo, junio, julio agosto y septiembre (los meses con mayores requerimientos de enfriamiento). El mes de enero, es el único mes que no necesita protección solar. Para proteger la ventana de asoleamiento, la mascarilla de sombra indica que se necesitan 84° de azimut solar para el diseño de partesoles o 10° de altura solar para el diseño de aleros. A partir de estos grados se pueden determinar las propuestas.

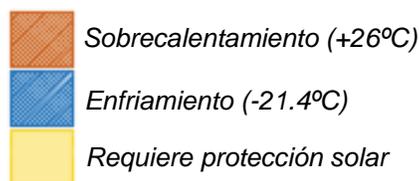
V-2. Ventana 2. Requiere protección solar



Protección con Aleros: Altura solar: 0° a 85°

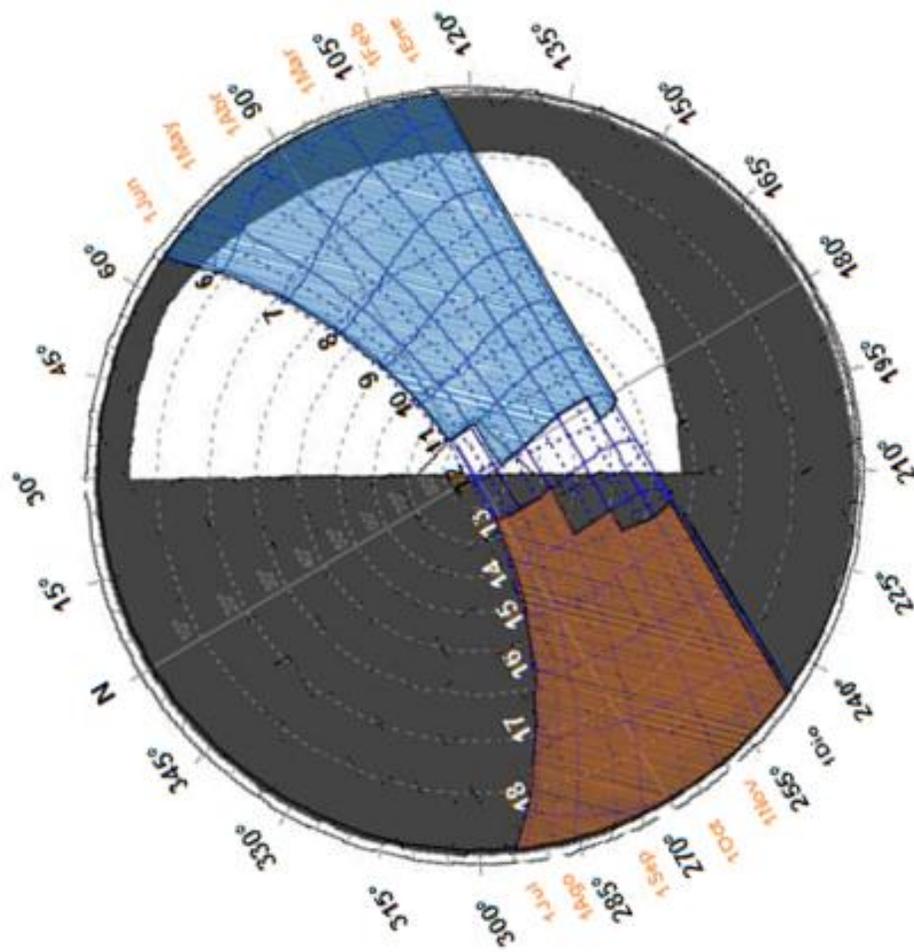
Protección con Partesoles: Azimut solar: 84°

Gráfica 39. Ventana 2. (V-2) Orientación noroeste
 Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis

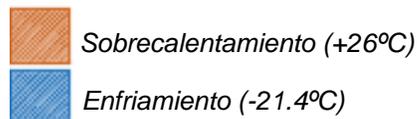


Como podemos observar en la gráfica 39, la ventana 2 (V-2) presenta sobrecalentamiento en los meses de primavera y verano, a partir de las 12:00 y 1:00 P.M. en adelante, por lo tanto, se necesita protección solar para impedir el paso del sol al interior. Al igual que la gráfica anterior, se necesita 84° a partir del muro de la ventana para cubrir la zona de sobrecalentamiento o 10° de altura solar. Debido a que ambas ventanas se encuentran orientadas al noroeste, las propuestas podrán ser las mismas.

V-3. Ventana 3. No requiere protección solar

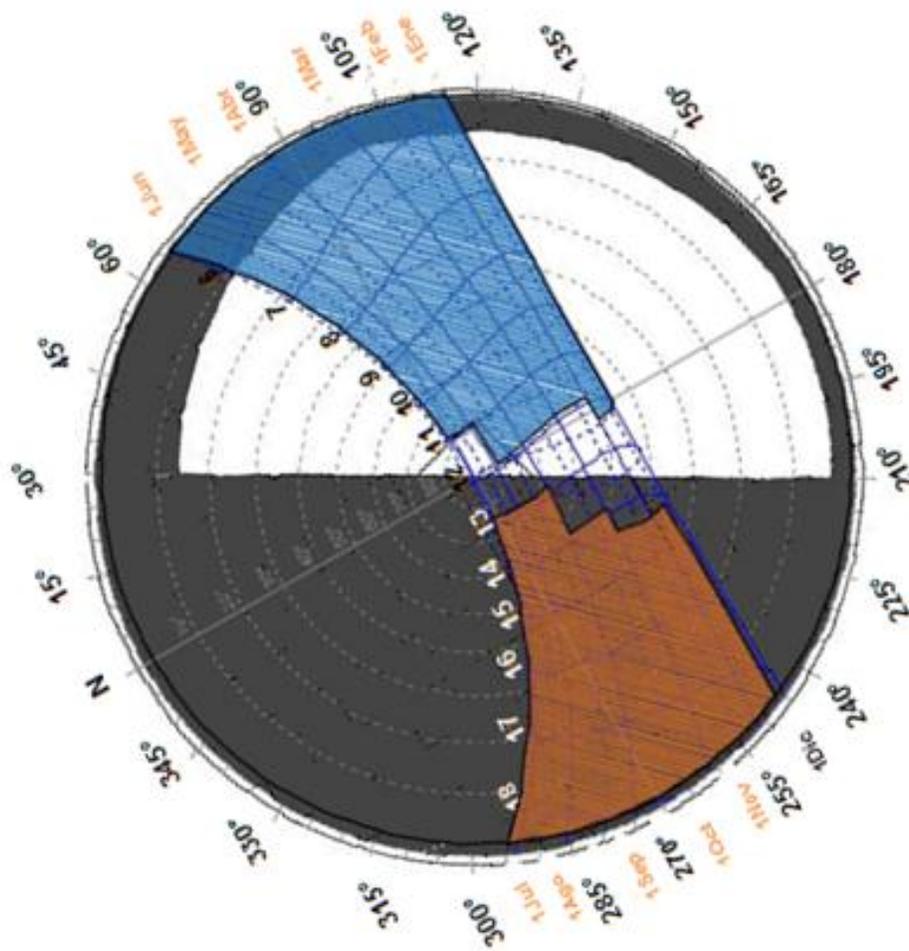


Gráfica 40. Ventana 3. (V-3) Orientación sureste
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis

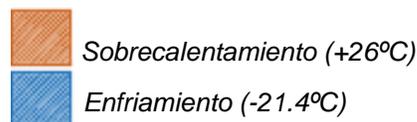


En la *gráfica 40*, podemos observar que la ventana 3 (V-3), no necesita alguna protección solar, ya que por las mañanas necesita incidencia solar, y por las tardes no presenta problemas de sobrecalentamiento. Por lo tanto la ventana no requiere alguna propuesta de asoleamiento.

V-4. Ventana 4. No requiere protección solar



Gráfica 41. Ventana 4 (V-4) Orientación sureste
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis



En la *gráfica 41*, se observa un caso muy similar a la ventana anterior, debido a que ambas ventanas poseen la misma orientación. Por lo tanto, dicha ventana no requiere alguna propuesta de protección solar.

▪ **Análisis de ventilación**

El movimiento del aire es un factor importante en las edificaciones, ya que de ella depende la renovación del aire interior por aire exterior, permitiendo cambiar las condiciones del interior y la sensación térmica de sus ocupantes. Así lo menciona Serra, R. (1999). Además sugiere, que el movimiento del aire puede ser un factor positivo en el caso de los climas cálido-húmedos; como es el caso de la ciudad de Tepic.

Por lo anterior, es fundamental realizar un análisis de ventilación que permita conocer el comportamiento del viento al interior de las viviendas. En caso de no ser eficiente, será necesario implementar estrategias de diseño bioclimático que mejoren las condiciones higrotérmicas y evitar el uso de aparatos eléctricos como ventiladores o aires acondicionados.

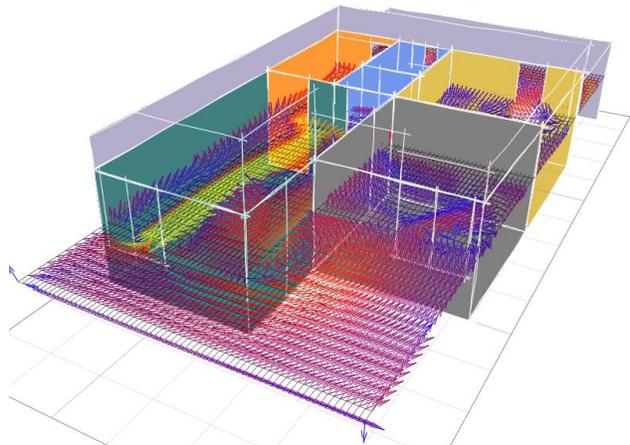


Figura 15. Análisis de ventilación (isométrico)
 Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta *Ecotect Analysis*

Para este trabajo de investigación fue necesario realizar un análisis de ventilación a una vivienda del fraccionamiento Valle de del Country. Este se realizó por medio del software de diseño *Ecotect Analysis*, y un *plug in* llamado *WinAir*. Dicho programa permite la simulación y comportamiento del viento dentro de las viviendas y de esta manera definir estrategias de diseño bioclimático que permitan mejorar el comportamiento térmico por medio de la ventilación. Es importante considerar que este programa nos ayuda a simular la trayectoria del viento de manera hipotética, lo cual nos indica que no es del todo real, sin embargo, nos proporciona criterios muy útiles para diseñar o realizar modificaciones arquitectónicas.

A continuación, se presenta el análisis de ventilación en donde se muestra a velocidad y dirección del viento al interior de la vivienda.

- **Análisis de ventilación**

La vivienda presenta una velocidad del viento entre 0 y 2.00 (m/s). Estas velocidades cambian dependiendo de la orientación de las áreas y la dirección del viento. En la *figura 16*, se aprecia el comportamiento del viento con puertas cerradas.

- a) **Sala-comedor:** Al analizar esta área se observa que existe una fuerte corriente de viento (2.00 m/s) que ingresa por la ventana de la sala, cruzando el comedor y la cocina. El viento se logra dispersar por esta área, alcanzado una velocidad de favorables para la ventilación.
- b) **Cocina:** Esta área posee muy buenas condiciones de ventilación, ya que el viento que ingresa por la ventana de la sala, sale por la ventana de la cocina, permitiendo la ventilación cruzada, alcanzando los 2.00 m/s (ventilación aceptable para climas cálidos).
- c) **Recámaras noreste:** Se observa que en ambas recámaras, el viento ingresa por las ventanas a una velocidad de 1.00 m/s (velocidad agradable para el usuario), sin embargo, a medida que el viento se dispersa en la habitación la velocidad disminuye hasta los 0.00m/s (provocando sensación de sofocación). Esto se debe a la falta de ventilación cruzada, ya que no existe otra salida de viento, a menos que se tenga abierta la puerta de acceso. Esto a su vez genera problemas de humedad y discomfort térmico en los usuarios.
- d) **Recámara sureste:** Esta habitación es la que posee mayores problemas de ventilación, ya que la ventana por donde ingresa el viento está orientada al lado contrario de los vientos dominantes. Provocando poca ventilación, alcanzando 0.70 (m/s). Cuando se mantiene la puerta abierta de la recámara, la circulación mejora, sin embargo, se pierde la intimidad de la habitación.

Las áreas exteriores y el baño no son analizadas, ya que no requieren ventilación.

En la *figura 16*, se puede apreciar la velocidad del viento (m/s) y la circulación de la misma con las puertas cerradas. En la *figura 17*, se observa el comportamiento del viento pero con las puertas abiertas de las recámaras, la puerta principal y la puerta del patio.

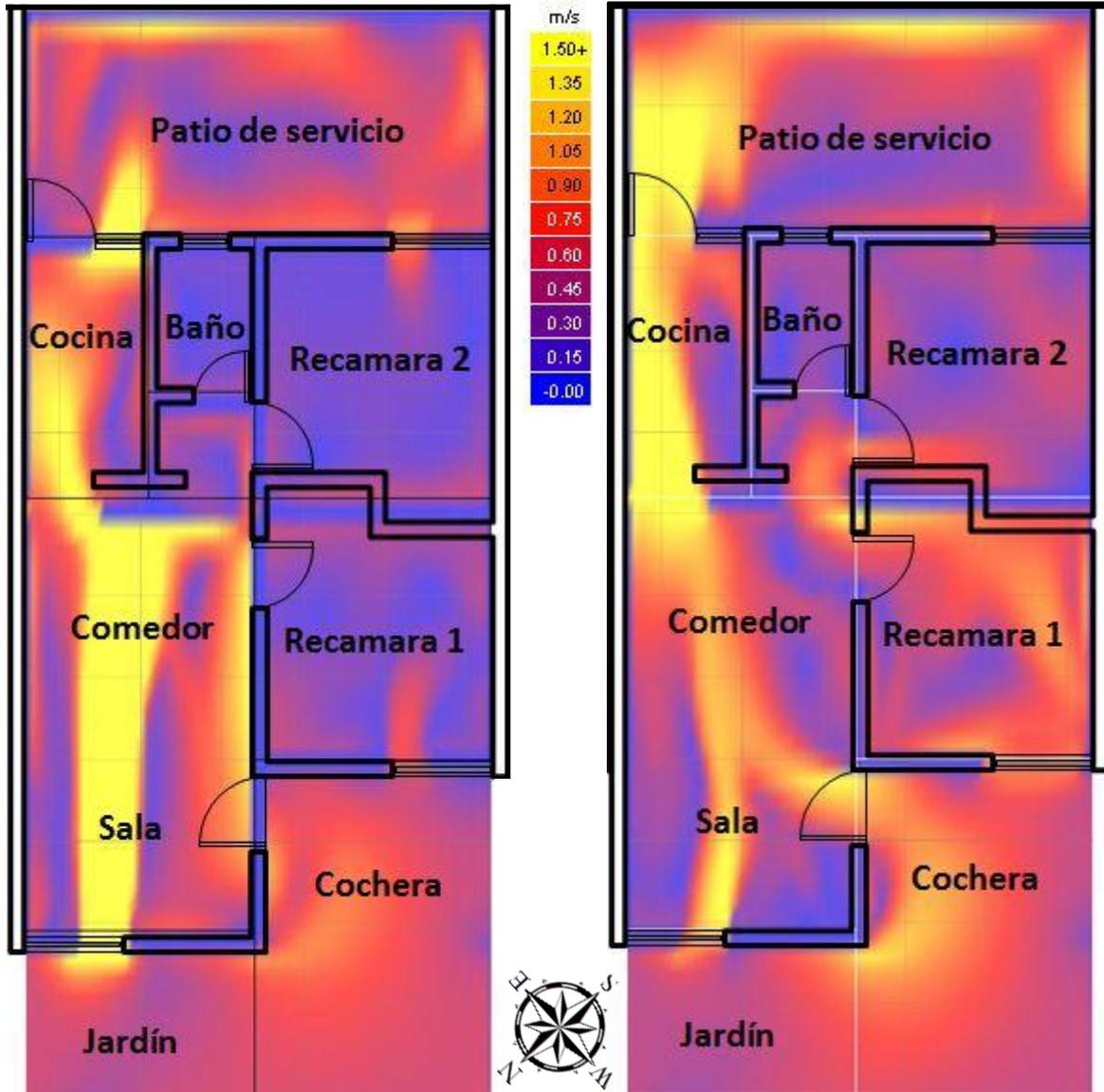


Figura 16. Análisis de ventilación
(Puertas cerradas)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta
Ecotect Analysis

Figura 17. Análisis de ventilación
(Puertas abiertas)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta
Ecotect Analysis

En la figura 18, se puede apreciar el flujo del viento por medio de flechas, las cuales indican el comportamiento del aire al interior de la vivienda. De esta manera se conoce el movimiento del viento a través de los espacios con las puertas cerradas. En la figura 19, se observa el flujo del viento pero con las puertas abiertas.

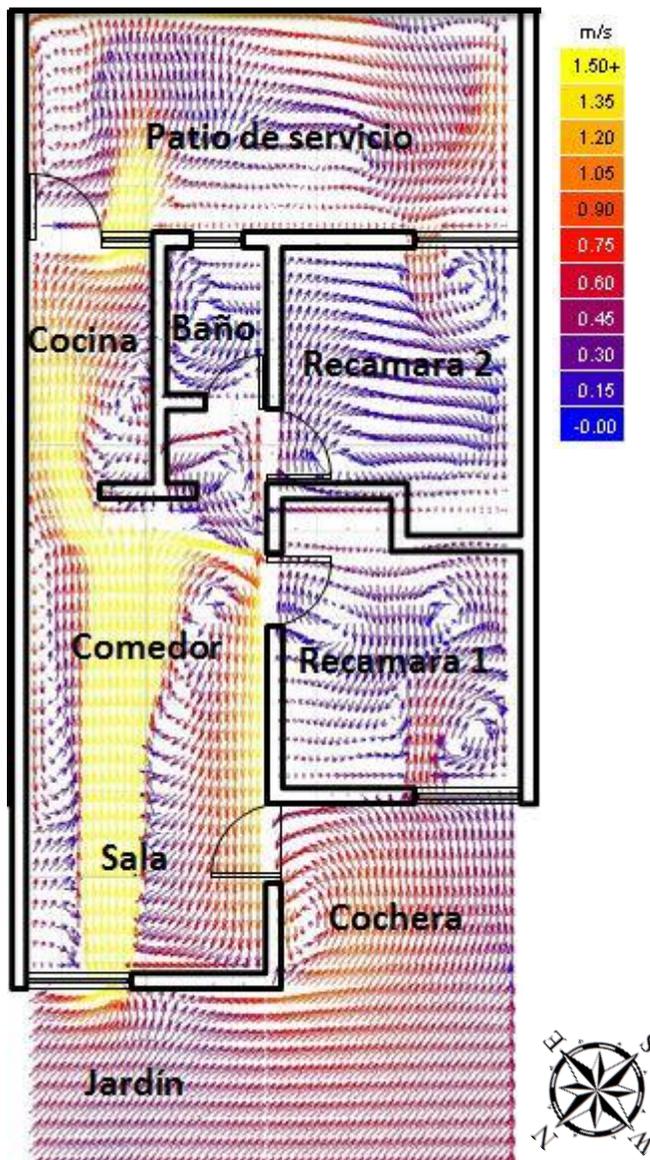


Figura 18. **Análisis de ventilación con flechas (puertas cerradas)**
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis

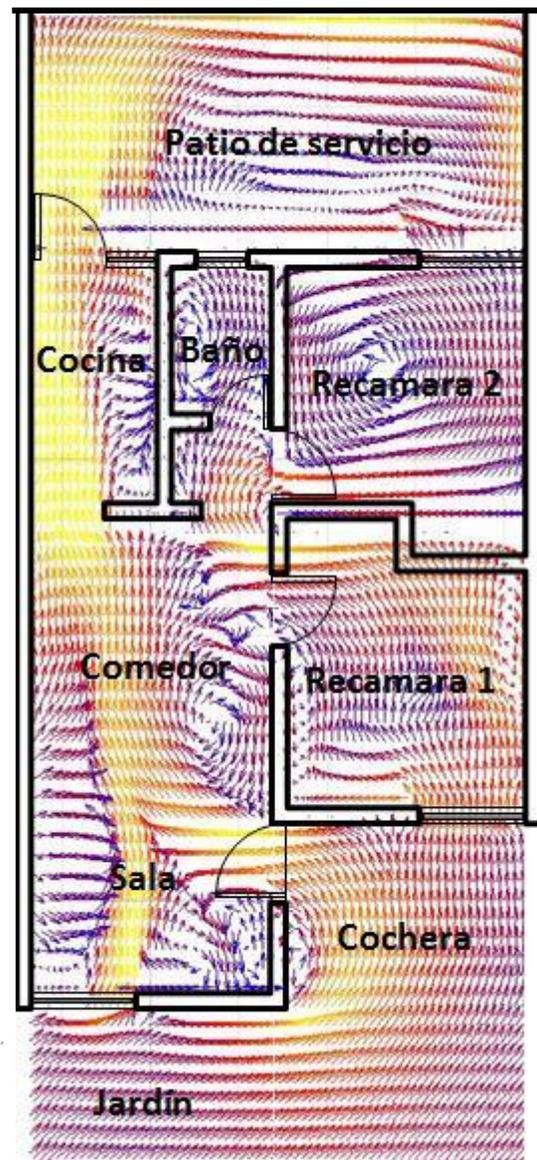


Figura 19. **Análisis de ventilación con flechas (puertas abiertas)**
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta Ecotect Analysis

La siguiente tabla presenta los rangos de velocidad del viento en espacios interiores y en relación con la percepción del usuario, según B.H. Evans (1957), esta tabla se encuentra citada en el libro de Fuentes Freixanet V. (2004).

Velocidades del viento en espacios interiores y su efecto en los usuarios							
Velocidad (m/s)	Efecto mecánico	Efecto en el usuario	Efecto de enfriamiento TBS °C				
			Piel seca				Piel húmeda
			15°	20°	25°	30°	30°
0.1	Mínimo a nivel doméstico	Se puede sentir sofocación	0	0	0	0	0
0.25	El humo del cigarro indica el movimiento	Hay movimiento imperceptible excepto a bajas temperaturas del aire	2	1.3	0.8	0.5	0.7
0.5	Flamear de una vela	Se siente fresco a temperaturas confortables pero incómodas a bajas temperaturas	4	2.7	1.7	1	1.2
1	Los papeles sueltos pueden moverse, lo que equivale a la velocidad al caminar	Agradable generalmente cuando el clima es confortable o caliente, pero causa sensación de movimiento patente. Nivel máximo aceptable de confort nocturno	6.7	4.5	2.8	1.7	2.2
1.5	Demasiado rápido para trabajos de oficina. Se vuelan los papeles	Incómodo a temperaturas confortables. Límite máximo de confort para actividades interiores	8.5	5.7	3.5	2	3.3
2	Equivale a la velocidad al caminar rápido	Aceptable solo en condiciones muy cálidas húmedas, cuando ningún otro alivio ambiental está disponible	10	6.7	4	2.3	4.2

Tabla 17. **Velocidad del viento**
Fuente: Fuentes Freixanet, V. (2004).

- **Comportamiento térmico de la envolvente (NOM-020-ENER-2011)**

Por último se analizará el comportamiento térmico de la envolvente, ya que esta es la parte de la edificación que tiene contacto directo con el exterior.

Para el análisis del comportamiento térmico dependen dos factores: La radiación solar que recibe el edificio (radiación) y las propiedades térmicas de los materiales con que está construida la envolvente (conducción). Estos factores determinan su comportamiento y de ellos depende su factibilidad.

Es importante mencionar que la radiación es un medio de transmisión de calor en forma de ondas electromagnéticas, por lo que permite la penetración del calor por medio de vanos, considerando que tiene cristal transparente. En cambio, la conducción permite la penetración del calor a través de muros o losas de azotea.

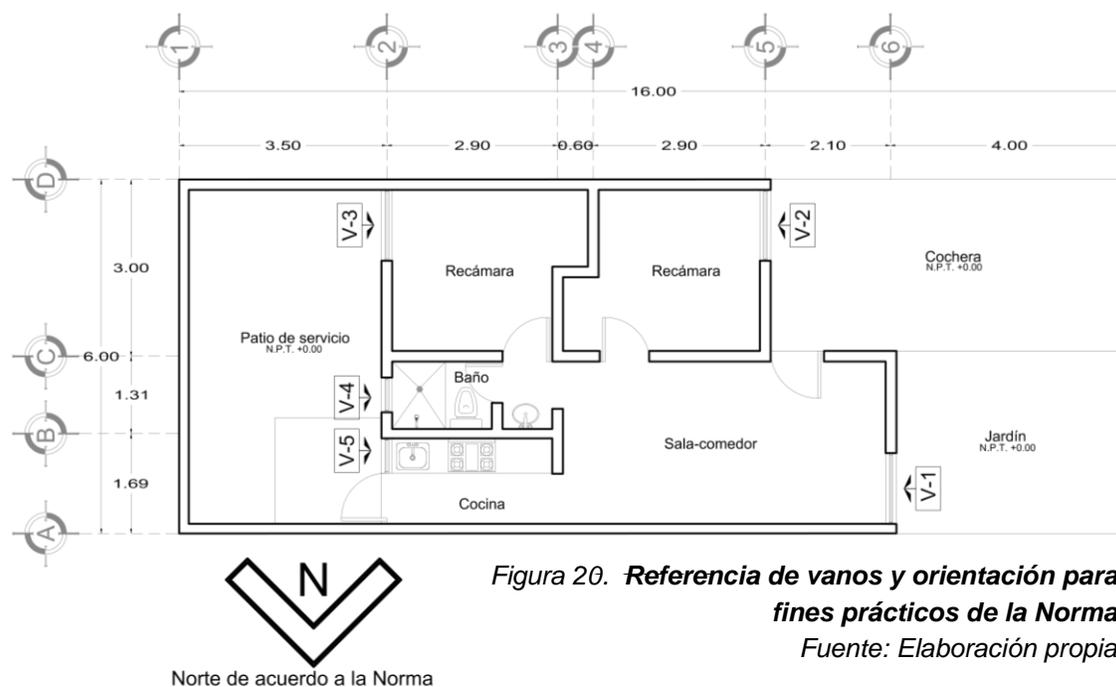
El análisis del comportamiento térmico se realizará por medio de la **NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional**. Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo: limitar la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Para este trabajo de investigación se optó por utilizar esta norma para el análisis del comportamiento, ya que es una norma oficial y persigue objetivos similares a la arquitectura bioclimática, que es lo que se busca en el proyecto.

El análisis de la norma se realizará por medio de formatos de información climática y especificaciones del edificio, además se tomará en cuenta las especificaciones de los sistemas constructivos y la conductividad y resistencia de los mismos. De esta manera se determinará si el edificio cumple o no con los requisitos de la norma.

Para la correcta aplicación de la Norma, se hacen las siguientes convenciones y aclaraciones:

1. Se usan solo cuatro orientaciones para los edificios y se definen de la siguiente manera:
 - Norte.-** el plano normal está orientado desde 45° al oeste y menos de 45° al este del norte
 - Este.-** el plano normal está orientado desde 45° al norte y menos de 45° al este del este
 - Sur.-** el plano normal está orientado desde 45° al este y menos de 45° al este del sur
 - Oeste.-** el plano normal está orientado desde 45° al sur y menos de 45° al este del oeste
2. A la residencia térmica (R) se le llama Aislamiento térmico (M) y a la transmitancia (U), Coeficiente global de calor (K).
3. Los vanos de edificio requieren de una numeración para su referencia, (ver figura 31)
4. Solo se aplican las ganancias de calor por conducción y radiación.
5. Los valores de temperatura equivalente, factor de ganancia solar y factor de corrección de sombreado exterior se obtienen o calculan con tablas incluidas en el documento de la Norma.
6. El valor del coeficiente de sombreado para los vidrios es proporcionado por el fabricante.



FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO

1.- Datos generales

1.1.- Propietario

Nombre	Diana Partida López		
Dirección	Ciucuito Mar de Japón		
Colonia	Valle del Country		
Ciudad	Tepic		
Estado	Nayarit		
Codigo Postal	63195		
Teléfono	311-110-53-57		

1.2.- Ubicación de la Obra

Nombre	Diana Partida López		
Dirección	Ciucuito Mar de Japón		
Colonia	Valle del Country		
Ciudad	Tepic		
Estado	Nayarit		
Codigo Postal	63195		
Teléfono	311-110-53-57		

1.3 Unidad de Verificación

Nombre	Ana Laura Herrera López		
Dirección			
Colonia			
Ciudad	Guadalajara		
Estado	Jalisco		
Codigo Postal		Nº de registro	
Teléfono	311-110-53-57	Fax	
Email	arg.lauraherrera@hotmail.com		

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones del envolvente

3.1 Descripción de la porción: Muro de block de jal de 14 cm Número (*) : 1

Componente de la envolvente:

Techo: _____ Pared: X

Material	(**)	Espesor (m) 1	Conductividad térmica (w/mK) h o l (***)	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o l)]
Convección exterior (****)		<u>1.0</u>	<u>13</u>	<u>0.0769</u>
Aplanado de Mort/cem/are		<u>0.0200</u>	<u>0.8720</u>	<u>0.0229</u>
Blocj de jal		<u>0.1400</u>	<u>0.4600</u>	<u>0.3043</u>
Aplanado de Mort/cem/are		<u>0.0200</u>	<u>0.3720</u>	<u>0.0538</u>
_____		_____	_____	_____
_____		_____	_____	_____
Convección interior (****)		<u>1.0</u>	<u>8.1</u>	<u>0.1235</u>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula M= Σ M]

M 0.5814 m² K/W

Coeficiente global de transferencia e calor de la porción (k)
[Fórmula K= 1/M]

K 1.7199 W/m²K

* Dar un número consecutivo (1,2, ...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

** Anotar los materiales que forman la porción, por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellido en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

*** Para los materiales se utilizan los valores l del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

**** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de l , calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones del envolvente

3.1 Descripción de la porción: Puerta exterior de poliuretano Número (*) : 2

Componente de la envolvente:

Techo: Pared: X

Material (**)	Espesor (m) 1	Conductividad térmica (w/mK) h o l (***)	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o l)]
Convección exterior (****)	<u>1.0</u>	<u>13</u>	<u>0.0769</u>
Hoja de madera de pino	<u>0.0020</u>	<u>0.1620</u>	<u>0.0123</u>
Panel de poliuretano	<u>0.0200</u>	<u>0.0220</u>	<u>0.9091</u>
Hoja de madera de pino	<u>0.0020</u>	<u>0.1620</u>	<u>0.0123</u>
Convección interior (****)	<u>1.0</u>	<u>8.1</u>	<u>0.1235</u>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \sum M$]

M 1.1342 m² K/W

Coeficiente global de transferencia e calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1/M$]

K 0.8817 W/m²K

* Dar un número consecutivo (1,2, ...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

** Anotar los materiales que forman la porción, por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

*** Para los materiales se utilizan los valores I del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

**** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de I , calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones del envolvente

3.1 Descripción de la porción: Puerta exterior de lámina de acero Número (*) : 3

Componente de la envolvente:

Techo: _____ Pared: X

Material (**)	Espesor (m) 1	Conductividad térmica (w/mK) h o l (***)	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o l)]
Convección exterior (****)	<u>1.0</u>	<u>13</u>	<u>0.0769</u>
Lámina de acero	<u>0.0300</u>	<u>52.3</u>	<u>0.0006</u>
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
Convección interior (****)	<u>1.0</u>	<u>8.1</u>	<u>0.1235</u>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \sum M$]

M 0.2010 m² K/W

Coeficiente global de transferencia e calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1/M$]

K 4.9763 W/m²K

* Dar un número consecutivo (1,2, ...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

** Anotar los materiales que forman la porción, por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

*** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

**** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h , calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones del envolvente

3.1 Descripción de la porción: Ventana de cristal claro de 6mm Número (*): 4

Componente de la envolvente:

Techo: Pared: X

Material (**)	Espesor (m) 1	Conductividad térmica (w/mK) h o l (***)	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o l)]
Convección exterior (****)	<u>1</u>	<u>13</u>	<u>0.0769</u>
Vidrio claro 6mm	<u>0.0060</u>	<u>0.9300</u>	<u>0.0065</u>
Convección interior (****)	<u>1.0000</u>	<u>8.1</u>	<u>0.1235</u>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \sum M$]

M 0.2068 m² K/W

Coeficiente global de transferencia e calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1/M$]

K 4.8349 W/m²K

* Dar un número consecutivo (1,2, ...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

** Anotar los materiales que forman la porción, por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

*** Para los materiales se utilizan los valores l del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

**** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de l, calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones del envolvente. (*)

3.1 Descripción de la porción NO homogénea^(a): Número (**):

Componente de la envolvente: Techo: Pared:

Área de la componente en m2 (A): = Alto X Ancho

Área que ocupa la componente no homogénea 1:

Fracción de la combinación (F1)^(b):

Área que ocupa la componente no homogénea 2:

Fracción de la combinación (F2):

3.2 Aislamiento térmico parcial.

Material	(**)	Espesor (m)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ	M Aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o l)]
Convección exterior (****)		1	13	0.0769
Impermeabilizante asfáltico		0.0030	0.1700	0.0176
Hormigón		0.0500	1.5000	0.0333
Concreto Armado		0.0400	1.7400	0.0230
Aplanado de yeso		0.0030	0.3720	0.0081
Convección interior (****)		1.0000	6.6	0.1515

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \sum M$]

M_{parcial} 0.3105 m² K/W

* Estos valores se obtienen del apéndice D

** Dar un número consecutivo (1,2, ...N) el cual será indicado en el inciso 4.3

*** Anotar los materiales que forman la porción homogénea. Por ejemplo un muro estructurado formado por: madera con triplay y mortero en la superficie exterior, tablero de yeso en la superficie interior y entre ambos una estructura de madera con polines verticales y aislante térmico. Sólo se debe poner los que forman la superficie exterior e interior, que

**** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes

***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

(a) Véase apéndice B, inciso B.2 de la norma

(b) El número de fracciones depende del número de materiales que se se quiere colocar entre la superficie exterior e interior

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las porciones del envolvente. (*)

3.2 Aislamiento térmico parcial. ($M_{parcial}$)

0.3105 m² K/W

Fracción (**)	Material (***)	Grueso (m) g (****)	Conductividad térmica (w/mK) h o λ	(g o λ)
F1.- 0.87	Bovedilla de poliestireno	0.12	0.04	3.00
			$\sum [g/\lambda_1]$	3.00
			$\sum = \frac{F_1}{M_{parcial} + g \frac{\lambda}{m}}$	0.26
F2.- 0.13	Concreto armado	0.12	1.740	0.07
			$\sum [g/\lambda_1]$	0.07
			$\sum = \frac{F_2}{M_{parcial} + g \frac{\lambda}{m}}$	0.34

$$\sum^{n,m} = \frac{F_l}{M_{parcial} + g \frac{\lambda}{m}} = \boxed{0.6054}$$

$$M = 1 / \left(\frac{F_1}{M_{parcial} + g_1 \frac{\lambda}{m}} + \frac{F_2}{M_{parcial} + g_2 \frac{\lambda}{m}} + \frac{F_n}{M_{parcial} + g_3 \frac{\lambda}{m}} \right) = \boxed{1.6518} \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (K)

[Fórmula $K = 1 / M$] K **0.6054** W / m² K

4.-Cálculo compartido de la Ganancia de Calor (continuación)

4.1 Edificio de Referencia

4.1.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de transferencia de Calor (W/m2K) [k]	Área del edificio proyectado (m2) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura Equivalente (°C)[te]	Temperatura Interior (°C) [t]	Ganancia por Conducción $\Phi_{pc}(\text{****})$ [KxAxFx(te-t)]
					Subtotal[1]	
					Subtotal[2]	
					Subtotal[3]	
Muro Norte	0.7140	18.66	1	26	24	27
Muro Este	0.7140	11.09	0.9	29	24	36
Ventana Este	5.3190		0.1	25	24	6
Muro Sur	0.7140	14.10	1	27	24	30
Muro Oeste	0.7140	16.66	0.9	27	24	32
Ventana Oeste	5.3190		0.1	25	24	9
Techo	0.7140	45.91	1	39	24	492
Tragaluz y domo	5.9520		0	23	24	0
Total (Φ_{rc})						631.05

4.1.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\sum_{i=1}^m \phi_{rsi} = \sum [A_{ri} \times CS_{ri} \times FG_i]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m2) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de calor (W/m2) [FG]	Ganancia por radiación $\phi_{rsi}(\text{*})$ [CS x A x F x GF]
Tragaluz y domo	1	45.91	0	274	0
Ventana norte	1.0	18.66	0.1	91	169.806
Ventana este	1.0	11.09	0.1	137	151.933
Ventana sur	1.0	14.10	0.1	118	166.38
Ventana oeste	1.0	16.66	0.1	146	243.236
Total (Φ_{rs})					731.36

4.-Cálculo compartido de la Ganancia de Calor (continuación)

4.2 Edificio Proyectado

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coeficiente Global de Transferencia de Calor (k)		Área (m ²) [A]	Temperatura Equivalente (°C)[te]	Ganancia por Conducción Φ_{pc} (****) [KxAx(te-t)]
	Numero de la porción (**)	Valor de calculo (W/m ² K)(***)			
				Subtotal[1]	
				Subtotal[2]	
				Subtotal[3]	
Muro Norte	1	1.7199	18.66	26	64
Muro Sur	1	1.7199	2.44	27	13
Muro Sur	1	1.7199	14.1	27	73
Puerta Sur	2	0.8817	1.89	34	17
Muro Este	1	1.7199	8.52	29	73
Ventana Este	4	4.8349	1.68	25	8
Ventana Este	4	4.8349	0.29	25	1
Ventana Este	4	4.8349	0.6	25	3
Puerta Este	3	4.9763	1.81	35	99
Muro Oeste	1	1.7199	6.65	27	34
Muro Oeste	1	1.7199	6.65	27	34
Ventana Oeste	4	4.8349	1.68	25	8
Ventana Oeste	3	4.8349	1.68	25	8
Techo	5	0.6054	45.91	39	417
				Subtotal(****) []	852.74
				Total(Suma todas las Φ_{pc})	852.74

* Abreviar considerando tipo : 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; y como orientación:1 techo. 2 norte, 3este, 4sur, 5 oeste y 6 superficie inferior. Por ejemplo 4.2 corresponde a un muro en la orientación norte.

**Numero consecutivo asignado en el inciso 3.1

***Valor obtenido en el inciso 3.1

****Si valores son negativos significan una bonificación, por lo que deben sumar algebraicamente

*****Cuando el numero de porciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en una hoja, utilice el subtotal 1 para la primer hoja, y así sucesivamente

4.-Cálculo compartido de la Ganancia de Calor (continuación)

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_j^m [K_j \times A_{ij} \times (t_e - t_i)]$$

Tipo y orientación de la porción de la de la envolvente (*)	Material (**)	Coeficiente de sombreado [CS] (***)	Área (m2) [A]	Ganancia de calor (W/m2) [FG]	Fracción sombreado exterior [SE] (****)		Ganancia por radiación ϕ_{rsi} (*)
					Numero	Valor	
Ventana Este	Vidrio claro 6mm	0.95	1.68	137		1	218.652
Ventana Este	Vidrio claro 6mm	0.95	0.29	137		1	37.7435
Ventana Este	Vidrio claro 6mm	0.95	0.6	137		1	78.09
Ventana Oeste	Vidrio claro 6mm	0.95	1.68	146		1	233.016
Ventana Oeste	Vidrio claro 6mm	0.95	1.68	146		1	233.016
Total(Suma todas las Φps)							800.52

* Abreviar considerando tipo : 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; y como orientación:1 techo, 2 norte, 3este, 4sur, 5 oeste y 6 superficie inferior. Por ejemplo 3.5 corresponde a una ventana en la orientación oeste

** Especifique la característica del material. Por ejemplo claro, entintado, etc.

*** Dato proporcionado por el fabricante

**** Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtiene del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado, se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1.0

5.-Resumen de Calculo

5.1 Presupuesto energetico

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 852.74	(Φ_{ps}) 800.52	(Φ_p) 1,653.26

pmt 10

5.2 Cumplimiento

Si ($\Phi_r > \Phi_p$) No ($\Phi_r < \Phi_p$)

4.1 6 Diagnóstico del estado actual

De acuerdo al monitoreo de temperaturas en donde se registró la temperatura y humedad relativa de las viviendas analizadas, se determinó que dichas viviendas tiene serios problemas de incomodidad térmica para los usuarios; ya que existe una diferencia de temperaturas hasta de 5°C de interior al exterior. Pareciera que la envolvente retiene y amplifica las temperaturas cálidas del exterior al interior.

Para cumplir con el objetivo planteado al inicio de este proyecto, es necesario saber qué es lo que ocasiona los problemas de discomfort térmico al interior de las viviendas. Por ello se realizaron los análisis de asoleamiento, ventilación y comportamiento térmico de la envolvente en su estado actual.

Análisis de asoleamiento

- a) Las ventanas de la fachada noroeste, reciben radiación solar durante todo el año a partir de las 12:00 hrs. hasta las 18:00 hrs. En este periodo los requerimientos de climatización marcan un sobrecalentamiento, por lo tanto es muy necesario la protección solar durante estas horas.
- b) Las ventanas de la fachada posterior, cuya orientación es sureste, reciben radiación solar durante la mañana, sin embargo, no se requiere protección solar ya que los requerimientos de climatización señalan enfriamiento por las mañanas.

Análisis de ventilación natural

- c) De acuerdo al análisis de ventilación realizado por el programa *Ecotect Analysis* señala que, existen buenas condiciones de ventilación natural en el área de sala, comedor y cocina ya que se muestra un movimiento del aire en esas áreas.
- d) En el área de recámaras, señala que existe un buen movimiento del aire, siempre y cuando las puertas de las recámaras se encuentren abiertas. Si se encuentran cerradas se generan problemas de ventilación ya que el movimiento es casi inexistente.
- e) En caso de que se quiera generar movimiento del aire en las recámaras manteniendo las puertas cerradas, será necesario realizar modificaciones a las ventanas.

Análisis del comportamiento térmico

- f) De acuerdo a los resultados obtenidos por la NOM-020-ENER-2011, referente al comportamiento térmico de los materiales, nos indica que la vivienda no cumple con los requerimientos que establece la Norma, ya que la ganancia total de la vivienda es mucho mayor que el proyecto, por lo tanto, no es eficiente su aplicación.

- g) Este análisis nos señala que el sistema constructivo del edificio no es adecuado para la ciudad de Tepic, en especial la losa de azotea. Ya que a ganancias de calor por conducción es mayor en la losa que en otras porciones.

- h) Es importante mencionar que la losa de azotea es de vigueta y bovedilla de poliestireno y a pesar de que este material es aislante, no cumple con la Norma Mexicana.

El diagnóstico final es:

- 1) Vanos con orientación noroeste, presentan altos índices de asoleamiento.
- 2) Escasa ventilación natural por falta de movimiento en ambas recámaras.
- 3) Falta de aislamientos térmicos en losa de azotea, lo cual permite altas ganancias de calor por conducción y falta de protección solar en ventanas noroeste, lo cual permite altas ganancias por radiación.

Por lo anterior, es necesario realizar adecuaciones bioclimáticas en cada uno de los factores analizados. A continuación presento las propuestas de adecuación.

4.2 DISEÑO APLICATIVO DE LA SOLUCIÓN

4.2.1 Proyecto de adecuación bioclimática

De acuerdo al diagnóstico anterior, se proponen diferentes soluciones para mejorar el confort higrotérmico de los usuarios. Se aplicarán soluciones en: a) Protección solar; b) Mejorar las condiciones de ventilación; c) Mejorar las condiciones de la envolvente. A continuación se muestran las adecuaciones que se podrán realizar en las viviendas.

“La arquitectura puede controlar los elementos del clima mediante paramentos y factores del confort (Arias Orozco, S. & Ávila Ramírez, D., 2004:17)

4.2.1.1 Protección solar

Siguiendo las consideraciones planteadas en el diagnóstico de asoleamiento del estado actual; se recomienda utilizar protección solar en dos ventanas, las cuales están orientadas hacia el noroeste. Dichas ventanas son las que reciben mayor radiación solar durante la tarde y las que necesitan mayor protección solar de acuerdo a los requerimientos de climatización. Las ventanas orientadas al sureste, no necesitan protección solar.

A continuación se muestran tres propuestas de protección solar, las cuales son simuladas en el programa *Ecotect Analysis* para conocer su factibilidad. Es importante mencionar que solo se analizará una ventana, ya que ambas son similares.

1. Partesoles móviles (Protecciones verticales)

Esta propuesta consiste en la colocación de tres partesoles, los cuales se pueden mover manualmente a la hora que se requiere. Por la mañana, los partesoles permanecen a 90° referente a la posición de la ventana, esto para permitir la entrada de la luz solar y el viento. Por la tarde, los partesoles se podrán mover a 36° con referencia a la ventana para proteger de la incidencia solar.

1.1 Características de los partesoles móviles

Estos partesoles podrán ser de diferentes materiales, de ello dependerá el gusto de los usuarios y el factor económico. El marco de los partesoles podrá ser de aluminio o tubular. Mientras que el partesol podrá ser de cintas plásticas o persianas de madera. La ventaja de usar perfiles de aluminio, es que no se necesita mantenimiento, en cambio los

perfiles de acero necesitan constante pintura. Los partesoles hechos con cintas plásticas, (tipo bejuco o enjuncado) son resistentes, duraderos y económicos. Los partesoles de madera, suelen ser muy estilizados y modernos, pero, son más costosos en comparación con las cintas plásticas, además necesitan constante mantenimiento.

1.2 Análisis de geometría solar con propuesta

En la *figura 21*, se observa el análisis solar con la propuesta de protección. Se indica en planta, alzado y sección el funcionamiento de los partesoles.

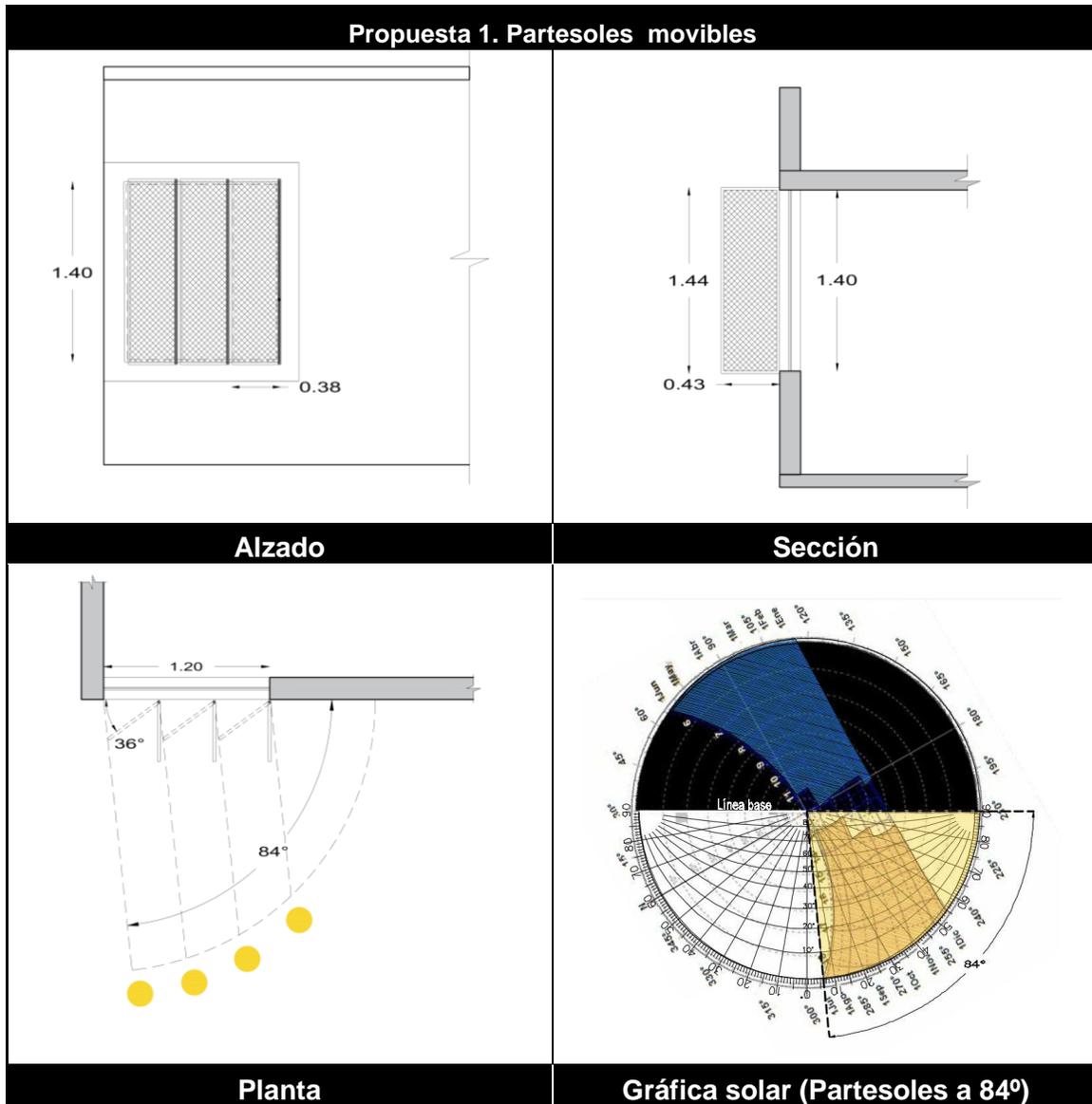


Figura 21. **Análisis de protección solar (Propuesta 1)**

Fecha: 21 de Mayo 16:00 horas

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta AutoCad y Ecotect Analysis

1.3 Factibilidad de partesoles móviles

En la *figura 22*, podemos observar el correcto funcionamiento de los partesoles móviles, ya que si protegen de la incidencia solar al mantenerse cerrados a 36° con respecto a la ventana. Incluso observamos que los partesoles a 90°, también brinda protección solar en otoño e invierno.

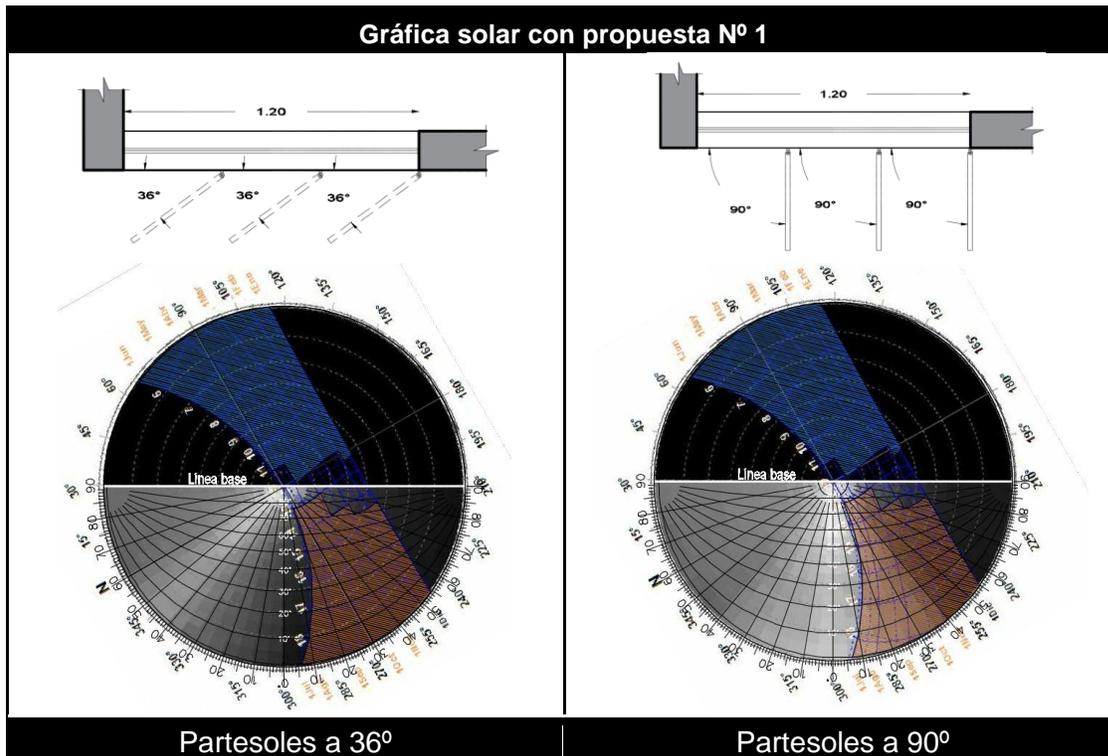


Figura 22. Gráficas solares con propuesta 1 Fecha: 21 de Mayo 16:00 horas Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

1.4 Costo de inversión

Marco de tubular de 1”: \$650.00

Marco de aluminio: \$900.00

Costo aproximado material y mano de obra

2. Aleros movibles (Persianas horizontales)

Esta segunda propuesta consiste en la colocación de un sistema de aleros movibles. Estos aleros tiene la función de proteger la ventana de la incidencia solar durante las tardes, a partir de las 13:00hrs hasta las 18:00hrs. Por las mañanas, no se requiere protección solar, permitiendo el paso de la luz y el viento. Estas persianas serán movibles manualmente, por lo que no se requerirá de algún dispositivo alterno que requiera energía eléctrica.

2.1 Características de los aleros movibles

Estos aleros suelen ser muy fáciles de utilizar, usuarios de todas las edades pueden hacer uso de él. Este sistema no requiere de algún dispositivo electrónico para su funcionamiento ya que funciona manualmente. Los materiales que se proponen para los aleros son madera o aluminio. La madera es que es un material de origen local y de fácil acceso, del cual se puede disponer sin problema. Sin embargo, este material requiere constante mantenimiento a lo largo de su vida útil. El aluminio por otro lado, es un material que suele tener mayor conductividad térmica en comparación con la madera, haciendo esto una desventaja, ya que, se podría calentar el aire que entra en la vivienda, sin embargo, es un material que no necesita mantenimiento a excepción de la limpieza. Ambos materiales son buenas opciones para implementar en la vivienda, sin embargo considero que la madera se adaptaría mejor a la solución del problema.

2.2 Análisis de geometría solar con propuesta

A continuación se presentan las gráficas solares en donde se muestra la propuesta de protección solar y su funcionamiento. En ella, se analiza en alzado, sección y planta la propuesta de protección solar.

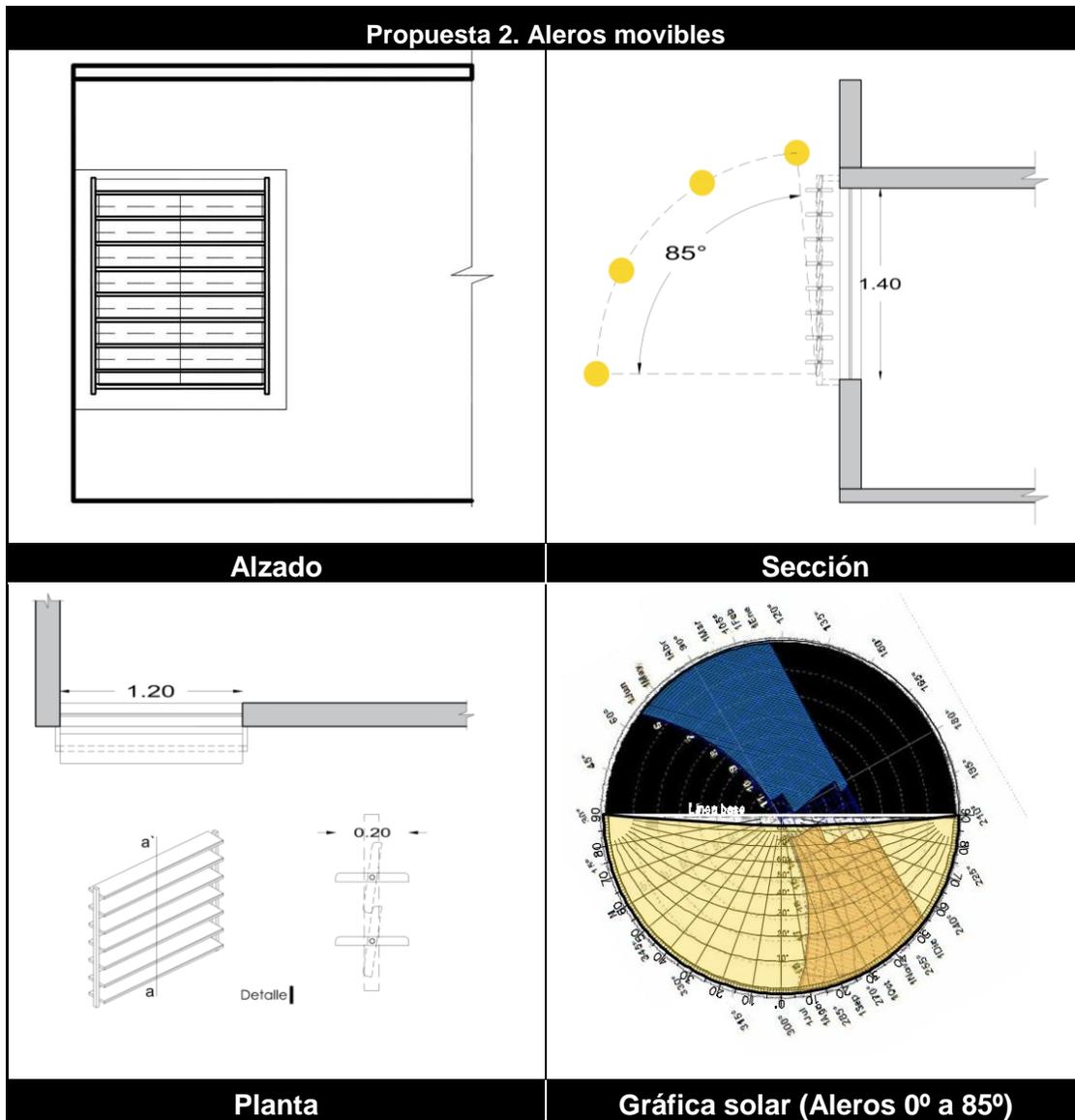


Figura 23. Análisis de protección solar (Propuesta 2) Fecha: 21 de Mayo 16:00 horas
 Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

2.3 Factibilidad de aleros moviles

En la *figura 24*, se observa la gráfica solar con el sombreado que arroja la protección solar de la propuesta 2. Analizamos que la protección solar si funciona correctamente, ya que si obstruye el paso del sol al interior, provocando sombreado en el área que requiere enfriamiento.

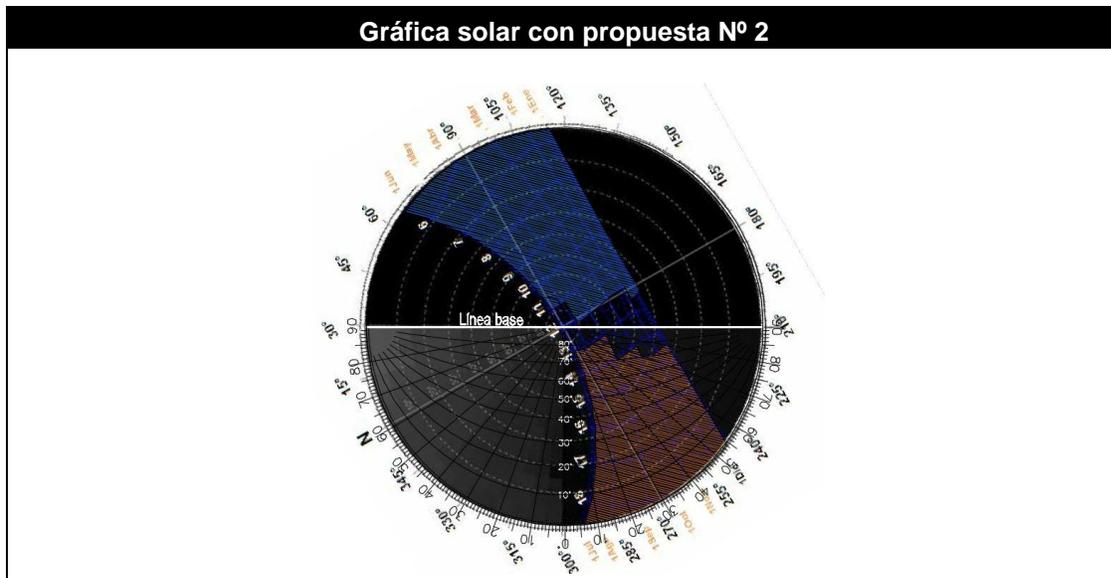


Figura 24. Gráficas solares con propuesta 2

Fecha: 21 de Mayo 16:00 horas

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

2.4 Costo de inversión

Persianas de aluminio: \$2900.00

Persianas de madera: \$4000.00

Costo aproximado material y mano de obra

3. Marquesina con persiana exterior

Esta última propuesta, consiste en la construcción de una marquesina de tabla-cemento o panel W, (0.30x1.50m), en la cual se colocará una persiana plástica para proteger la incidencia solar por las tardes. Esta persiana podrá ser controlable por los usuarios de manera sencilla, cuando lo requieran.

3.1 Características de marquesina con persianas exteriores

Estas persianas son muy fáciles de encontrar e instalar, su precio no es muy elevado y tiene una vida útil larga. Las persianas son a base de plástico, optando por las lonas vinílicas.

La marquesina se propone de tabla cemento o panel w, ya que suelen ser rápida su instalación y disminuye costos de instalación. La marquesina, tiene doble función, además de obstruir los rayos del sol a mediodía, también protegerán a la ventana de las lluvias (en temporada de lluvia).

3.2 Análisis de geometría solar con propuesta

Podemos observar en la figura 25, la propuesta de protección solar con la marquesina y la persiana exterior. De esta manera podemos saber si funciona correctamente.

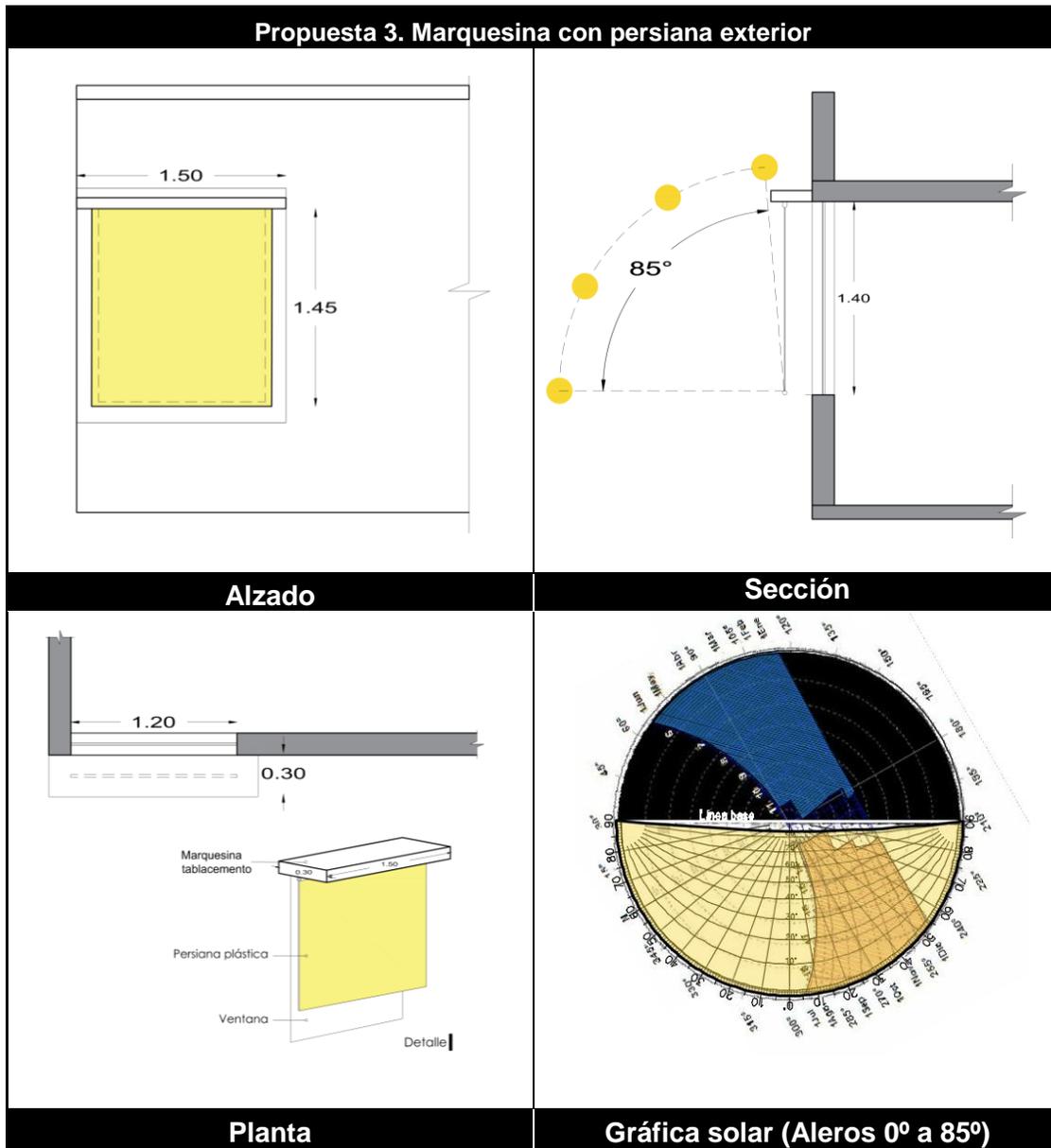


Figura 25. Análisis de protección solar (Propuesta 3)

Fecha: 21 de Mayo 16:00 horas

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

3.3 Factibilidad de marquesina con persianas exteriores

Como podemos observar en la *figura 26*, la persiana exterior funciona correctamente, ya que obstruye el paso del sol sin problema, arrojando un sombreado en el área que requiere protección solar por las tardes.

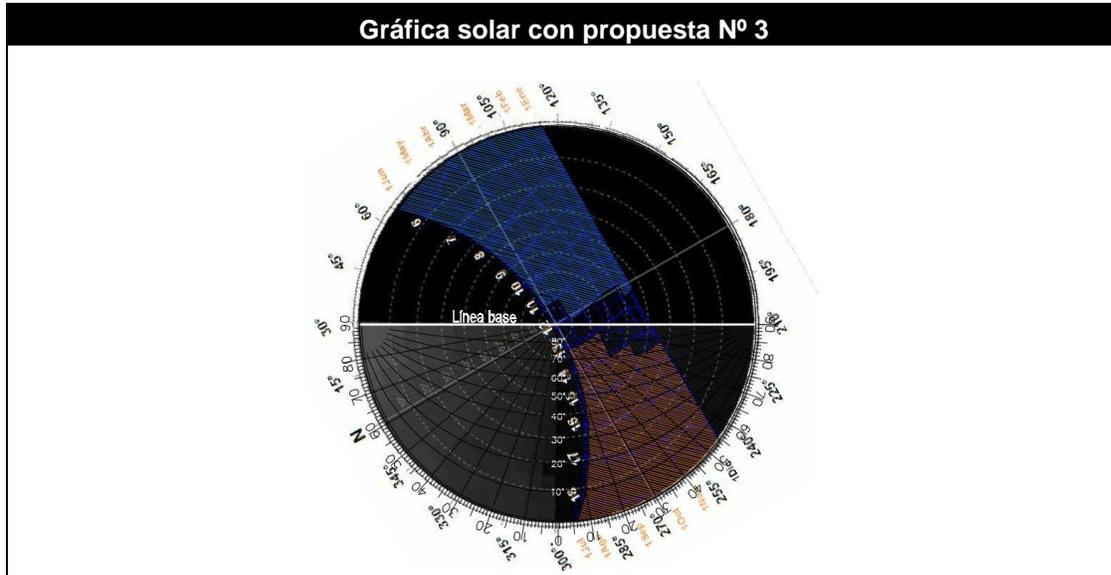


Figura 26. **Gráficas solares con propuesta 3**

Fecha: 21 de Mayo 16:00 horas

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

3.4 Costo de inversión

Costo de persianas: \$ 1500.00

Costo aproximado material y mano de obra

4.2.1.2 Ventilación

1. Ventilación cruzada

“Ventilación cruzada, que consiste en favorecer el movimiento del aire de un espacio o de una sucesión de espacios asociados, mediante la colocación de aberturas que abren hacia dos fachadas opuestas”. (Serra, R. & Coch H., 2001:311).

1.1 Objetivo de la ventilación cruzada (recámara noroeste)

La propuesta que realizo, busca incrementar la circulación del aire en los espacios que se requiere mediante la circulación cruzada. (Vista en el análisis de ventilación del estado actual). Para ello propongo mantener las puertas y ventanas de la vivienda abiertas y de esta manera inducir la circulación del viento del exterior al interior, y su salida.

Esta propuesta no implica hacer modificaciones arquitectónicas en la vivienda, sin embargo, por cuestiones de seguridad, se propone protecciones en la puerta de la entrada principal y la cocina. De esta manera se podrán mantener las puertas abiertas cuando sea necesario.

Existen varios beneficios por utilizar protecciones en puertas, por ejemplo la baja inversión comparada con los grandes resultados de ventilación. Además, es muy fácil encontrar a un especialista (herrero) en la ciudad.

Algunos residentes del fraccionamiento, han optado por utilizar esta medida, sin embargo, ellos dicen no sentirse del todo protegidos al dejar las puertas abiertas, además se pierde la intimidad del hogar.

Por lo anterior, propongo dos propuestas más, que ayudan a mejorar la circulación del viento manteniendo las puertas cerradas: efecto chimenea y torre de viento. Estas medidas se implementarán en las recamaras, ya que son las áreas que tienen mayores problemas de ventilación.

2. Efecto chimenea

Efecto chimenea: “se produce al crear una extracción de aire por aberturas que hay en la parte superior del espacio, conectadas a un conducto de extracción vertical. La propia

diferencia de densidad del aire, en función de la temperatura hace que el aire caliente menos denso salga por estas aberturas al exterior”. (Serra, R. & Coch H., 2001:311).

2.1 Objetivo del efecto chimenea (recámara noroeste)

Esta propuesta busca incrementar la circulación del aire en espacios en donde no se pueda tener ventilación cruzada. En este caso se propone una chimenea en la recámara noroeste, en donde se pretende promover la circulación del aire manteniendo las puertas cerradas. De esta manera, se buscará mantener circulación en la habitación, sin dejar de perder intimidad.

2.2 Funcionamiento del efecto chimenea (recámara 1. orientación noroeste)

Para ello, se pretende hacer una perforación de 0.50mx0.50m en la azotea, lugar en donde se construirá la chimenea. Ésta chimenea podrá ser de panel w o tabla-cemento, ya que el material es muy ligero y de rápido ejecución. La chimenea constará de una ventana, que inducirá la salida del aire al exterior, provocando ventilación en la recámara. Ésta ventana será de tipo persiana y tendrá un cristal de 6mm de espesor. La ventana ya existente, será la captadora de los vientos dominantes, mientras la chimenea solar, será la encargada de inducir la salida para generar circulación.

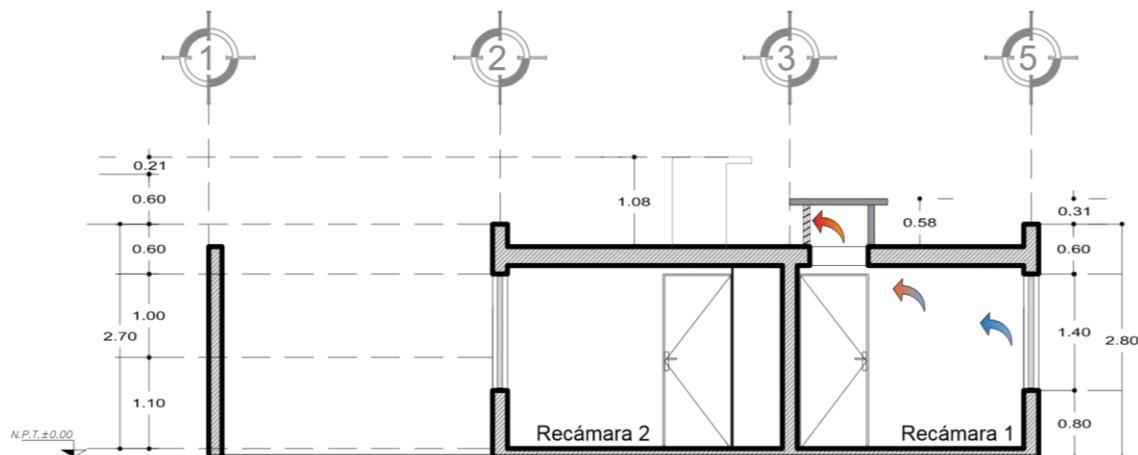


Figura 27. Funcionamiento efecto chimenea (corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

2.3 Factibilidad del efecto chimenea (Recámara 1. orientación noroeste)

Como podemos observar en la *figura 33*, la recámara con orientación noroeste, tiene una mejor ventilación con el efecto chimenea, ya que los vientos dominantes provenientes del

noroeste, entran por la ventana (estado actual) y salen por la chimenea. De esta manera se alcanza una velocidad del viento entre 1.00m/s y 0.50m/s, velocidad recomendada para áreas interiores. En la *figura 35*, se observa el comportamiento del viento en la recámara 1, identificando una notoria mejoría en el flujo del viento.

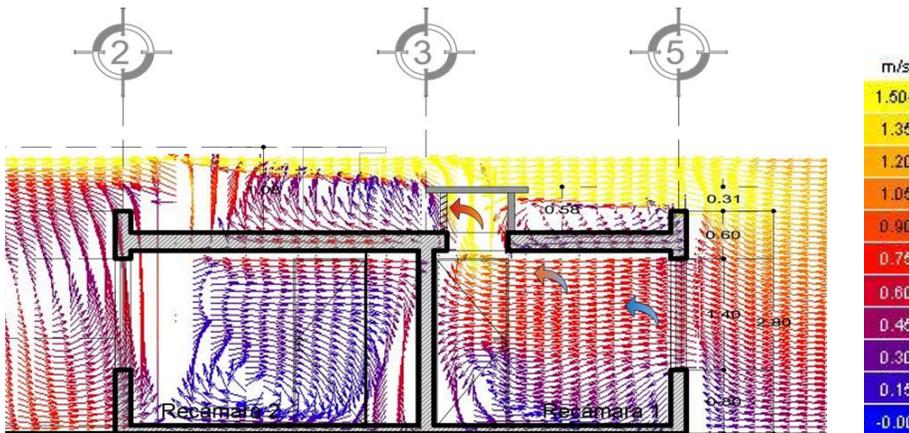


Figura 28. Factibilidad del efecto chimenea (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

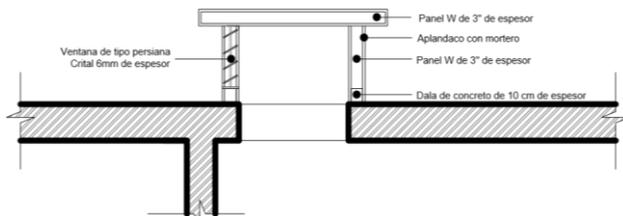


Figura 29. Detalle constructivo (chimenea)

Fuente: Elaboración propia

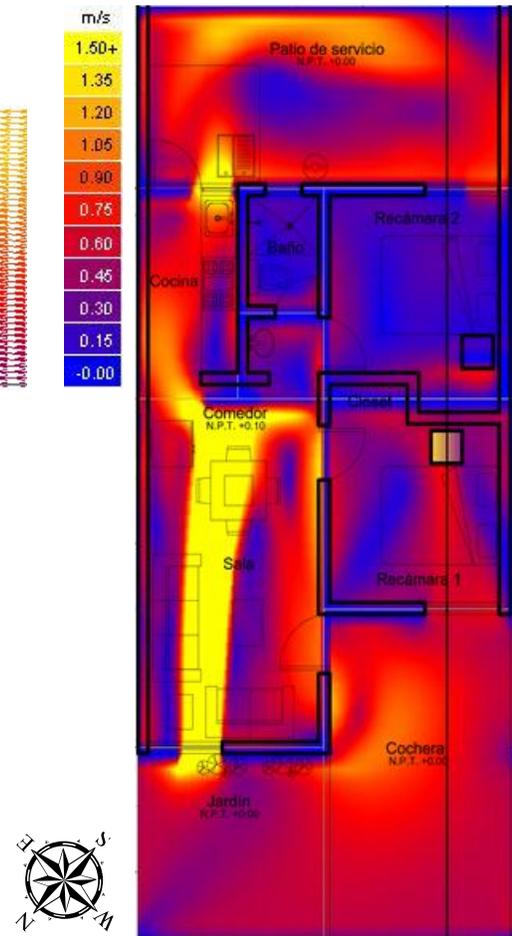


Figura 30. Análisis de ventilación con Efecto chimenea (Recámara 1)

Fuente: Elaboración propia

3. Torre de viento

3.1 Objetivo de la torre de viento (recámara 2. orientación sureste)

El objetivo de la torre de viento es captar e introducir el viento proveniente del noroeste (vientos dominantes) e introducirlos al interior del espacio. La torre capta el viento que no está obstaculizado por elementos naturales o urbanos y los introduce a la recámara, para posteriormente generar su salida por la ventana ya existente.

3.2 Funcionamiento de la torre de viento (recámara 2. orientación sureste)

La torre de viento tendrá una altura superior a los pretilos de la vivienda (altura aprox. de 0.70 a 1m). Será construida de panel w o tabla cemento, ya que son fáciles y rápidas de hacer. Esta torre tendrá una ventana orientada hacia los vientos dominantes (noroeste) para captarlos e introducirlos al área de la recámara.

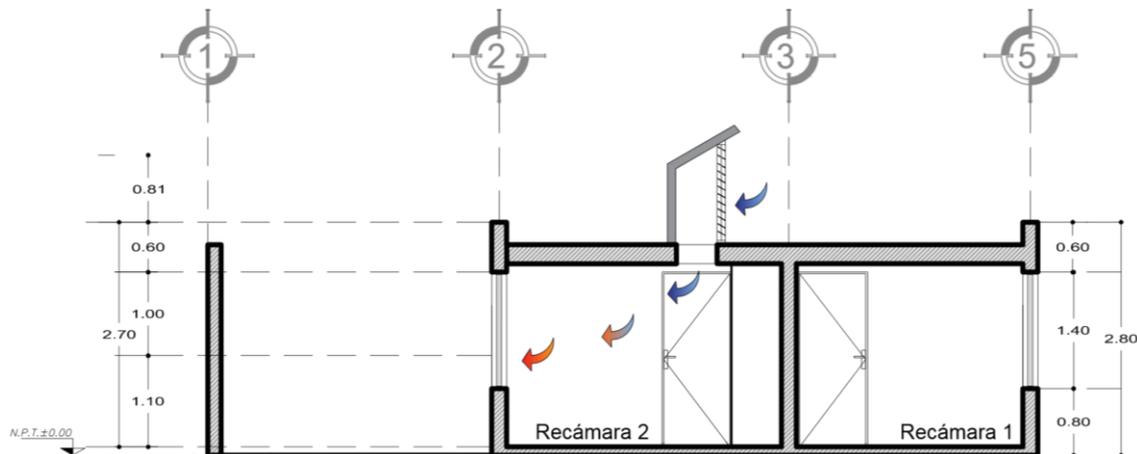


Figura 31. Funcionamiento torre de viento (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

3.3 Factibilidad de la torre de viento (recámara 2. orientación sureste)

En la figura 37, podemos observar a detalle el funcionamiento de la torre de viento, en ella se observa claramente el ingreso del viento por la torre a una velocidad constante de 1.50 (m/s). Este viento genera un movimiento constante en la habitación. En la figura 39, podemos apreciar las evidentes mejoras de circulación del viento con la implantación de la torre en la recámara con orientación sureste. Al implementar la torre de viento, las puertas de la recámara pueden permanecer cerradas sin carecer de buena ventilación.

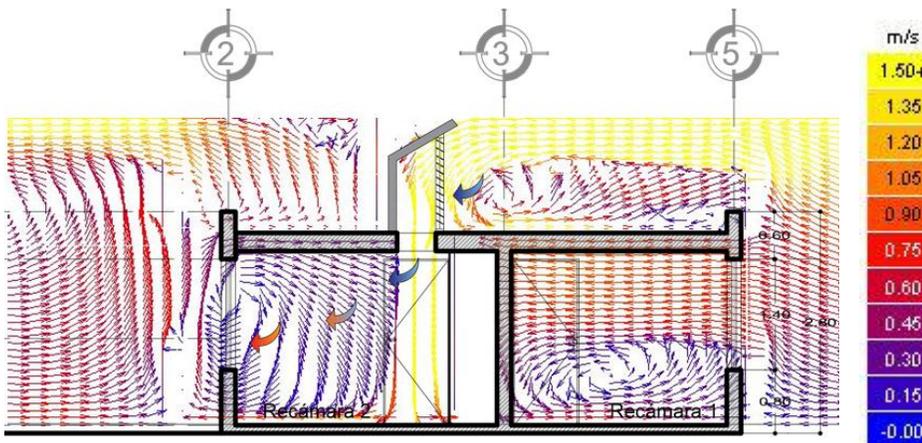


Figura 32. Factibilidad de torre de viento (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad y Ecotect Analysis

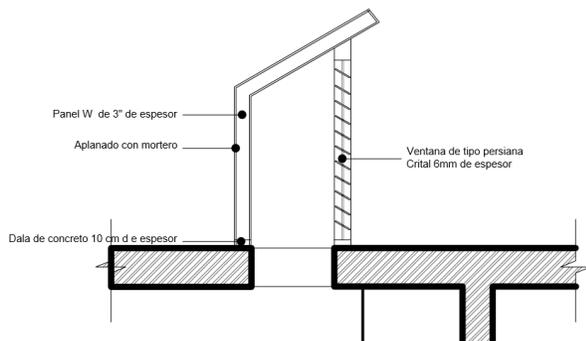


Figura 33. Detalle constructivo (torre de viento)

Fuente: Elaboración propia

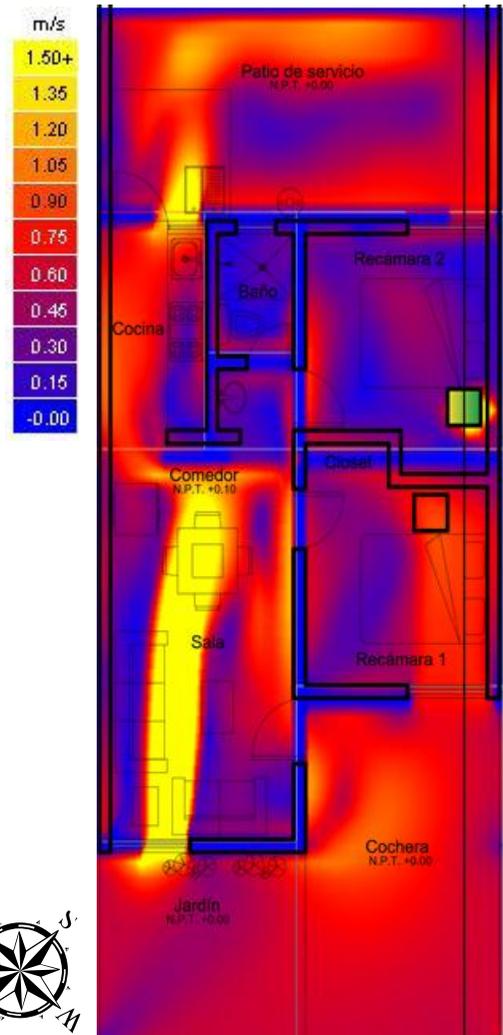


Figura 34. Análisis de ventilación con torre de viento (Recámara 2)

Fuente: Elaboración propia Ecotect Analysis

Estas nuevas modificaciones, en conjunto con la vivienda, se simularon en el programa *Ecotect Analysis*, herramienta de diseño que nos permite simular de manera hipotética el movimiento del viento.

4.2.1.3 Comportamiento térmico de la envolvente

De acuerdo al análisis realizado por la NOM-020-ENER-2011, en donde se analiza el comportamiento del envolvente térmico, se determinó que se necesita reducir el coeficiente global de transferencia de calor de la losa de azotea y de esta manera disminuir las ganancias caloríficas por conducción. Además, es necesario proteger las ventanas orientadas al noroeste para disminuir la ganancia calorífica por radiación.

PROTECCIONES SOLARES

1) Protección solar en ventanas con orientación oeste

Tomando en cuenta el análisis de asoleamiento, se presenta la propuesta de protección solar en ventanas con orientación oeste. Estas ventanas se protegen por medio de partesoles, con una dimensión de 0.45m. A continuación se muestra la aplicación de esta propuesta con la Norma NOM-020-ENER-2011.

1.1 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 793.04	(Φ_{ps}) 618.77 pmt 10	(Φ_p) 1,411.80
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	

Tabla 18. Resumen de cálculo (Propuesta protección solar 1)

Fuente: Elaboración propia

1.2 Factibilidad

Como podemos observar en la tabla 18, las protecciones solares no cumplen con los requerimientos establecidos por la Norma, por lo tanto es necesario complementar las protecciones solares o utilizar sistemas aislantes.

2) Protección solar en ventanas con orientación oeste y este

Tomando en cuenta las propuestas de protección solar en ventanas con orientación oeste, se decidió proteger dos ventanas con orientación oeste. Estas ventanas se protegen con marquesinas de 0.40m de ancho. A continuación se muestra la aplicación de las propuestas en la NOM-020-ENER-2011.

2.1 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 793.04	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,356.00
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) x	No ($\Phi_r < \Phi_p$)	

Tabla 19. Resumen de cálculo (Propuesta protección solar 2)

Fuente: Elaboración propia

2.2 Factibilidad

Como se puede apreciar en la tabla 00, las protecciones solares ubicadas en ventanas con orientación oeste y este, si cumplen con los requerimientos establecidos en la Norma, por lo que es factible su aplicación. Sin embargo, podemos notar que la diferencia de la ganancia total del edificio de referencia es mínima en comparación con la del edificio proyectado, generado un ahorro del 0.5% de energía eléctrica.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2016), ha pronosticado que para el 2020 se generará un incremento de temperatura entre 0.6 y 1.2°C en el estado de Nayarit. Por tal motivo, es necesaria la aplicación de nuevos sistemas de aislamiento que logren disminuir el aumento de temperatura al interior de las viviendas.

Por lo anterior, se decidió complementar la propuesta de protección solar, y añadir aislantes térmicos a la losa de azotea. De esta manera, se permitirá seguir con el ahorro energético en las viviendas, y con ello el confort térmico dentro de las mismas.

Es importante mencionar que la temperatura equivalente de la Norma NOM-020-ENER-2011, se aumentará 1°C, como escenario futuro para el 2020.

Escenarios 2020

AISLANTES TÉRMICOS

1) Protecciones solares e impermeabilizante *Bio reflection fotosensible*

Ésta propuesta consiste en la implementación de impermeabilizante Bio reflection fotosensible en la azotea de la vivienda, ya que es el área que presenta mayores problemas de ganancia de calor. Este impermeabilizante *marca Thermotek*, está hecho a base de resina 100% acrílica de tercera generación, con aditivos especiales que reducen el calor en la superficie. Con el impermeabilizante se esperan ventajas en su aplicación como: protección térmica, larga vida útil, gran adherencia, ecológico ya que es a base de agua, fácil y rápida aplicación, entre otras.

1.1 Detalle de losa con propuesta

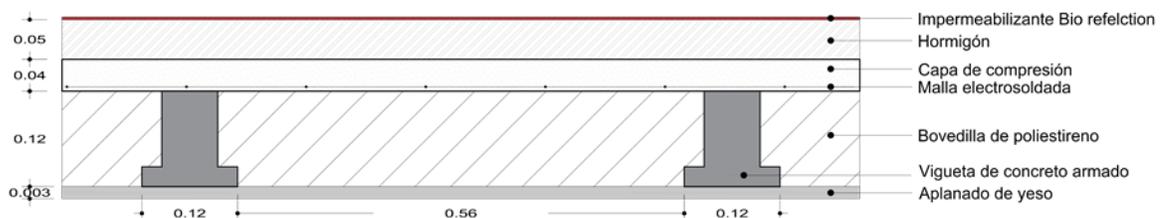


Figura 35. **Detalle de losa con propuesta de impermeabilizante (Corte)**

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

1.2 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) <input type="text" value="631.05"/>	(Φ_{rs}) <input type="text" value="731.36"/>	(Φ_r) <input type="text" value="1362.41"/>
Proyectado	(Φ_{pc}) <input type="text" value="907.04"/>	(Φ_{ps}) <input type="text" value="562.96"/> pmt 10	(Φ_p) <input type="text" value="1,469.99"/>
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input type="text"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input checked="" type="text" value="x"/>	

Tabla 20. Resumen de cálculo (Impermeabilizante Bio reflexión)

1.3 Factibilidad

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos por la NOR-020-ENER-2011, referente a la propuesta del impermeabilizante *Bio reflexión fotosensible*, nos indica que la propuesta no cumple con los requerimientos que establece la Norma, ya que la ganancia total de la vivienda es mucho mayor que el proyecto, por lo tanto, no es eficiente su aplicación.

2) Protección solar y aislante térmico de corcho

El corcho se considera una excelente opción como aislante térmico en edificaciones que buscan la sustentabilidad, ya que este producto se obtiene de la corteza exterior del alcornoque por lo que se considera 100% natural. Dentro de las propiedades del corcho encontramos que posee baja conductividad térmica, tiene un alto índice de impermeabilidad contra el agua y el aire, es muy flexible y de fácil colocación.

2.1 Detalle de losa con propuesta (al exterior)

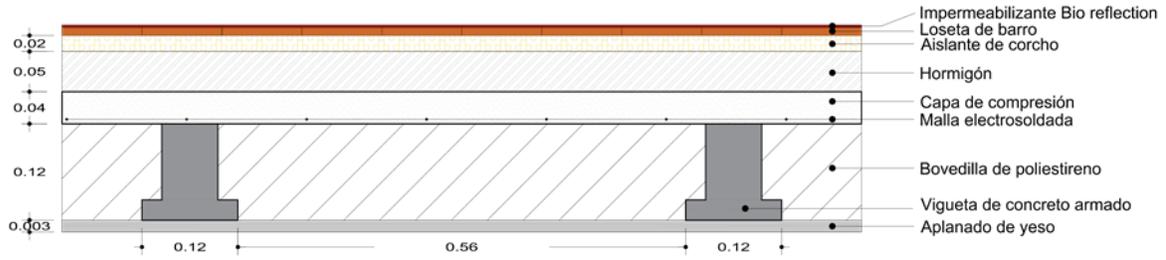


Figura 36. Detalle de losa con aislante de corcho al exterior (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

2.2 Detalle de losa con propuesta (al interior)

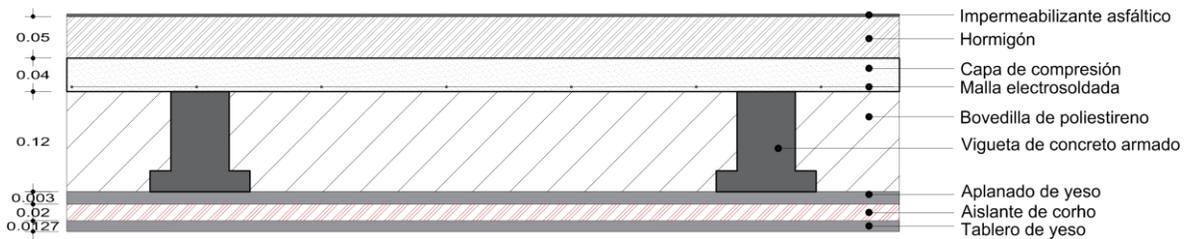


Figura 37. Detalle de losa con aislante de corcho al interior (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

2.3 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total (W)
	Φ_{rc}	Φ_{rs}	$\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$
	Φ_{pc}	Φ_{ps}	$\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 756.05	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,319.00
5.2 Cumplimiento			
Si ($\Phi_r > \Phi_p$)	x	No ($\Phi_r < \Phi_p$)	

Tabla 21. Resumen de cálculo (Propuesta corcho al exterior)

Fuente: Elaboración propia

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 707.81	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,270.77
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) x	No ($\Phi_r < \Phi_p$)	

Tabla 22. Resumen de cálculo (Propuesta corcho al interior)

Fuente: Elaboración propia

2.4 Factibilidad

Como podemos observar en los resultados de la Norma, en ambas propuesta con aislante de corcho junto a las protecciones solares son una buena opción para aplicar en las viviendas, ya que si cumple con los requerimientos establecidos y mejoran la ganancia por conducción y radiación. Es notable que la aplicación del aislante al interior sea mucho mejor que la aplicación al exterior, ya que se obtiene un ahorro del 7% en comparación con la aplicación de exterior de 3%.

3) Protección solar y aislante térmico de celulosa

La celulosa se considera una buena solución como aislante térmico, ya que protege del frío en invierno y el calor en verano. Este aislante es elaborado a partir de papel reciclado y sales bóricas de origen natural, por lo que se considera un aislante amigable con el medio ambiente. Dentro de sus ventajas encontramos que su aplicación suele ser muy rápida, es un excelente regulador de humedad y es capaz de generar ahorro energético.

3.1 Detalle de losa con propuesta

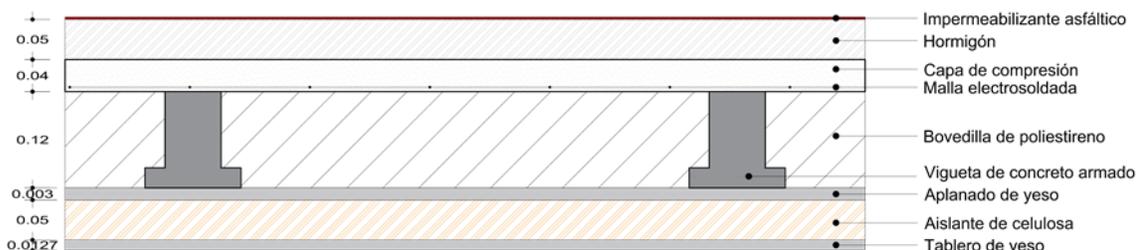


Figura 38. Detalle de losa con aislante de celulosa (Corte)
Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

3.2 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 653.68	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,216.63
5.2 Cumplimiento			
	Si $(\Phi_r > \Phi_p)$ x	No $(\Phi_r < \Phi_p)$	

Tabla 23. Resumen de cálculo (Propuesta celulosa)
Fuente: Elaboración propia

3.3 Factibilidad

Como podemos observar en la tabla anterior, la aplicación de la celulosa junto con las protecciones solares hacen que la ganancia total del edificio proyectado sea menor al edificio de referencia, obteniendo una diferencia de 145.78 W. Por lo tanto, sí cumple con los requerimientos de la Norma y si es factible su ejecución.

4) Protección solar y aislante térmico de lana

El aislante térmico a base de lana de oveja, proviene de la esquila regular del animal, por lo tanto se considera una fibra natural renovable. Este aislante posee múltiples ventajas en su aplicación, ya que suele ser un material flexible y de rápido aplicación, además se considera un excelente regulador de la humedad. Este material suele ser importado del

continente europeo, ya que en México no se maneja, por lo que suele ser una desventaja económica y ambiental, además, su aplicación forzosamente tiene que ser al interior ya que es un material permeable.

4.1 Detalle de losa con propuesta

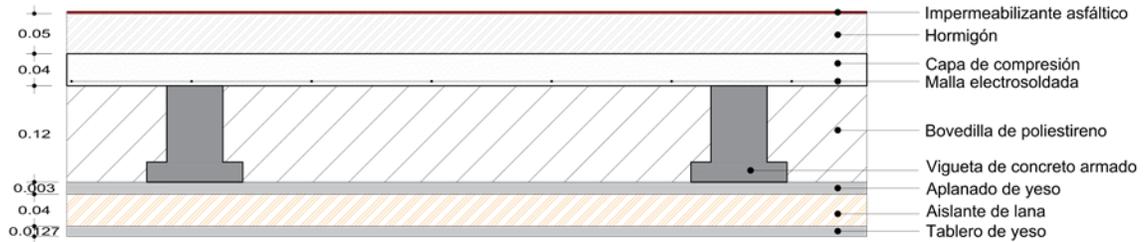


Figura 39. Detalle de losa con aislante de lana de oveja (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

4.2 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 669.85	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,232.81
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) x	No ($\Phi_r < \Phi_p$)	

Tabla 24. Resumen de cálculo (Propuesta lana de oveja)

Fuente: Elaboración propia

4.3 Factibilidad

El aislante de lana, junto con las protecciones solares, son una excelente opción para reducir la ganancia por conducción y radiación en el edificio de referencia; de esta manera se logra cumplir con los requerimientos de la Norma y hace posible su aplicación. En esta propuesta se logra una diferencia de 129.6 W, comparado con el edificio de referencia.

5) Protección solar y aislante térmico de lino

El aislante térmico de lino natural, se elabora a partir de lino procedente de cultivos sustentables. Este material se considera 100% reciclable ya que no contiene ningún elemento sintético. Dentro de sus ventajas encontramos que es inofensivo para la salud, es muy flexible a la hora de su ejecución y sobre todo es un regulador de la humedad. Las desventajas que se localizan es que es un material de importación ya que no se encuentra localmente, además, se tiene que aplicar al interior de las edificaciones.

5.1 Detalle de losa con propuesta

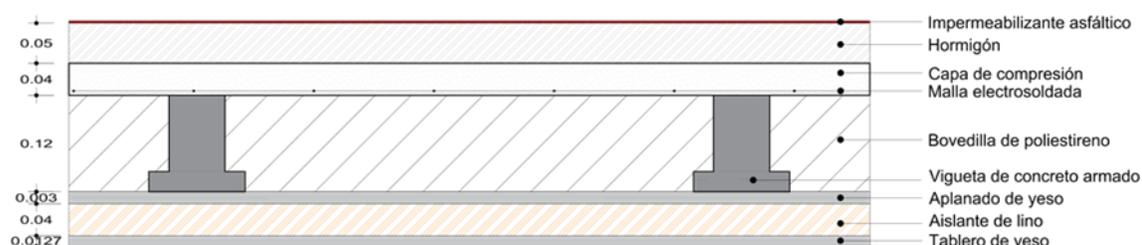


Figura 40. Detalle de losa con aislante de lino (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

5.2 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 665.35	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,228.30
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 25. Resumen de cálculo (Propuesta lino)

Fuente: Elaboración propia

5.3 Factibilidad

Referente a la factibilidad de la propuesta, encontramos que el aislante de lino natural junto a las protecciones solares hace pertinente su aplicación, ya que sí cumple con los requerimientos establecidos por la Norma. Se observa una diferencia de 134.11 W entre el edificio de proyecto con el edificio de diferencia, siendo menor el primero.

6) Protección solar y aislante térmico lana mineral

La lana mineral es un material fabricado a partir de roca volcánica y sintética. La combinación de ambos materiales le permite tener características como: resistencia a la humedad, al fuego, agua y es permeable a la humedad. Este aislante tiende a ser económico en comparación con otros sistemas aislantes, por ello se decidió analizar su factibilidad.

6.1 Detalle de losa con propuesta

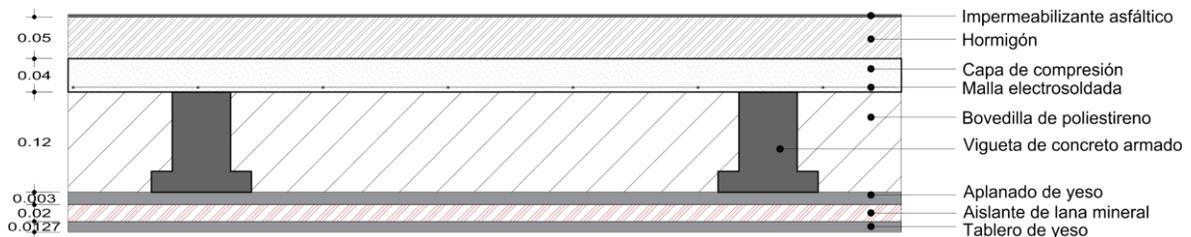


Figura 41. Detalle de losa con aislante de lana mineral (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

6.2 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 639.18	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,202.13
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 26. Resumen de cálculo (Propuesta lana mineral) Fuente: Elaboración propia

6.3 Factibilidad

Como podemos observar en la tabla 26, el aislante de lana junto a las protecciones solares cumple con los requerimientos de la NOM-020-ENER-2011, obteniéndose un ahorro del 12% en energía eléctrica.

7) Protección solar y aislante térmico de poliestireno expandido (Unicel)

El poliestireno expandido, es un material plástico espumado. Dentro de sus características encontramos que es ligero, flexible, de rápida instalación y costo accesible. Este material se considera una excelente opción como sistema aislante, ya que posee baja conductividad térmica y alta resistencia a la humedad relativa del aire. Además de ser aislante térmico, se considera aislante acústico.

Este material es derivado del petróleo, por lo que no se considera ecológico, sin embargo, se puede reciclar y dar una segunda vida. El motivo por el cual se decidió analizar este material considerado no sustentable, es para tomarlo como referencia y compararlo con materiales aislantes de origen natural. De esta manera, determinar su factibilidad económica, social y ambiental.

7.1 Detalle de losa con propuesta (al exterior)

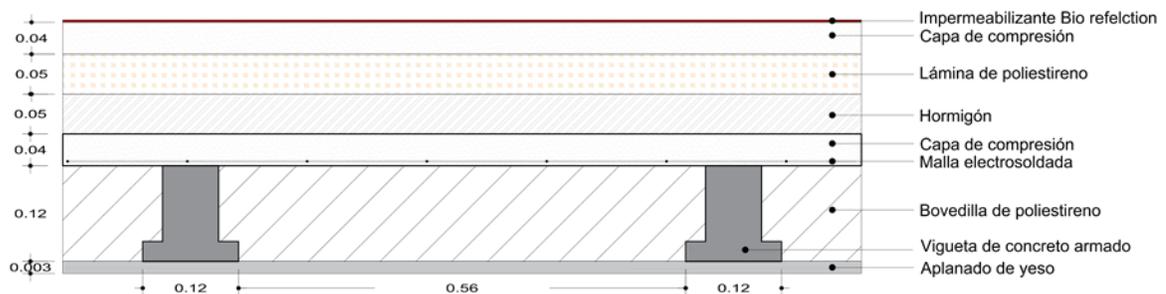


Figura 42. Detalle de losa con aislante de poliestireno expandido al exterior (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

7.2 Detalle de losa con propuesta (al interior)

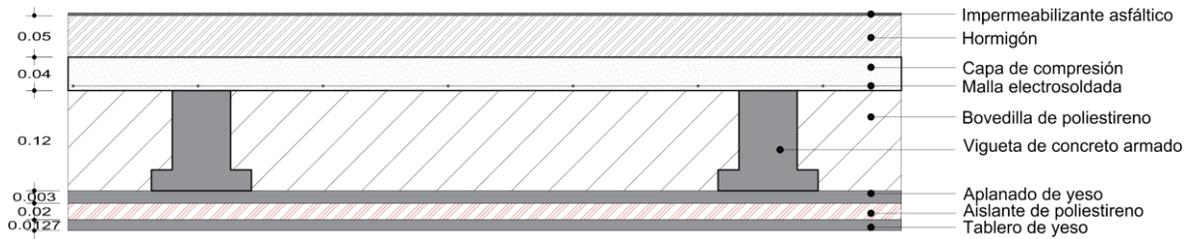


Figura 43. Detalle de losa con aislante de poliestireno expandido al interior (Corte)

Fuente: Elaboración propia utilizando herramienta de AutoCad

7.3 Aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 681.87	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,244.83
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 27. Resumen de cálculo (Propuesto de poliestireno al exterior) Fuente: Elaboración propia

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 652.06	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,215.02
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 28. Resumen de cálculo (Propuesto de poliestireno al interior) Fuente: Elaboración propia

7.4 Factibilidad

Al implementar la NOM-020-ENER-2011, se determinó la viabilidad del poliestireno expandido aplicado en la vivienda. Arrojando un resultado favorable, ya que la ganancia total de calor disminuyó notoriamente con la propuesta de aislamiento. Por lo tanto, el aislante de poliestireno expandido junto a las protecciones solares se considera una opción factible para su aplicación. Es importante mencionar que el poliestireno colocado al interior trabaja mejor, ya que genera más ahorros en Watts.

Conclusiones

- 1) Con las propuestas de protección solar en ventanas con orientación oeste y este, se logra cumplir con los requerimientos de la Norma de evaluación energética. Por lo tanto se podrá aplicar dicha solución como primera etapa.
- 2) De acuerdo a los escenarios pronosticados para el 2020, en donde se espera un aumento de temperatura para la ciudad de Tepic, es necesario complementar la propuesta de protección solar con sistemas de aislamiento, estas propuestas se determinarían en una segunda etapa. En la figura 44, se observan las etapas planteadas en el proyecto de adecuación.



Figura 44. **Propuestas por etapas**
Fuente: Elaboración propia

- 3) Todas las propuestas de aislantes a excepción del impermeabilizante Bio reflection, cumplen con los requerimientos de la NOM-020-ENER-2011, siempre y cuando estén acompañadas de protecciones solares. En la tabla 30, se muestra el resumen de los aislantes térmicos y su factibilidad.

	PROTECCIÓN SOLAR	AISLANTE TÉRMICO	FACTIBLE
Propuesta 1	SI	Impermeabilizante Bio reflection	NO
Propuesta 2	SI	Corcho	SI
Propuesta 3	SI	Celulosa	SI
Propuesta 4	SI	Lana	SI
Propuesta 5	SI	Lino	SI
Propuesta 6	SI	Lana mineral	SI
Propuesta 7	SI	Lámina de Poliuretano (unicel)	SI

Tabla 29. **Resumen de factibilidad de propuestas**

Fuente: Elaboración propia

Cada una de las propuestas fue evaluada mediante la NOM-020-ENER-2011. Si se desea conocer el procedimiento de cálculo de cada una de ellas, véase anexo 5. Análisis de propuestas de aislamientos térmicos con la NOM-020-ENER 2011.

4.3 FACTIBILIDAD Y VALIDACIÓN

4.3.1 Evaluación sustentable

4.3.1.1 Diseño Metodológico

Para la evaluación sustentable de los diferentes sistemas de aislantes propuestas en el capítulo anterior, fue necesario implantar la metodología SAT (Sustainable Assessment of Technology), ya que tiene como objetivo la evaluación de tecnologías con una visión sustentable para determinar su viabilidad. Esta metodología fue modificada y adaptada por el Mtro. Francisco Álvarez Partida, dando como resultado la metodología de análisis multicriterial participativa.

Esta metodología consta de siete pasos los cuales se desarrollarán más adelante:

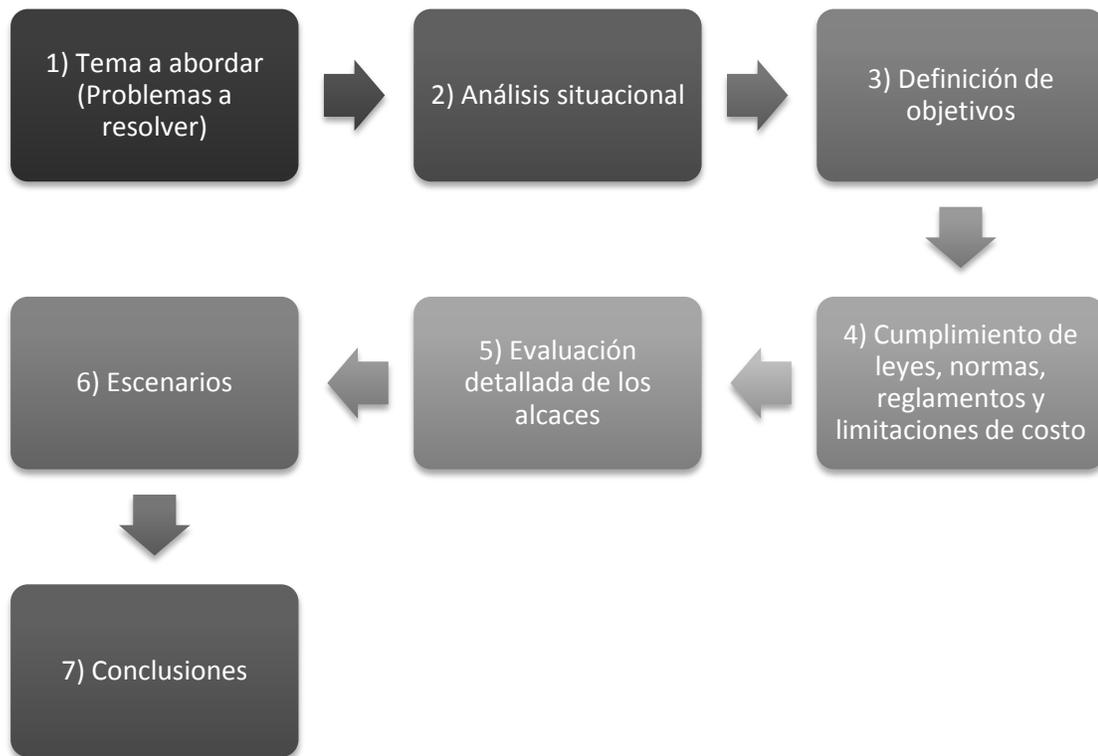


Figura 45. **Metodología de Análisis Multicriterial Participativa**

Fuente: Elaboración propia.

Metodología de Análisis Multicriterial Participativa

Aplicada a aislamientos térmicos en viviendas de interés social.

1) TEMA A ABORDAR (PROBLEMA A RESOLVER)

El confort térmico es una de las variables más importantes que se deben de considerar en el reacondicionamiento bioclimático de los edificios. Considerar el bienestar higrotérmico del individuo, además de sensaciones fisiológicas y psicológicas.

El diseño bioclimático considera una serie de criterios para optimizar el ambiente térmico en los espacios interiores como: orientación, análisis bioclimático, geometría solar, sistemas pasivos, aislantes térmicos, entre otros.

Este trabajo, busca profundizar en el tema de aislamientos térmicos, tomando en cuenta características térmicas que permitan controlar las condiciones de temperatura. Para ello, es preciso considerar los factores de inercia térmica: densidad, calor específico, conductividad térmica y espesor del material. De manera transversal, deberán cumplir con los principios de sustentabilidad: ambiental, económico y social.

2) ANÁLISIS SITUACIONAL

Mucho se ha hablado sobre el fenómeno de urbanización y los planes de gobierno en las grandes ciudades; sin embargo, poco se ha tratado sobre el impacto del proceso de urbanización en viviendas de interés social.

Ante la creciente etapa de urbanización que surge en los años 70's, el gobierno decide crear viviendas de interés social para solventar la demanda de la población. Sin embargo, dichas viviendas se construyen sin considerar factores climáticos y bioclimáticos creando viviendas en disconfort térmico.

Estas viviendas no fueron aptas para satisfacer las necesidades reales de los usuarios, solo la demanda de la población. De todo ello, resultan problemas como elevados consumos de energía eléctrica por la falta de confort térmico y el incremento de dióxido de carbono.

Hoy en día, la vivienda de interés social no ha sido planteada dentro de un esquema de desarrollo sustentable y con grado de autosuficiencia. Ya que la mayor parte de las viviendas y desarrollos habitacionales que se construyen en México siguen sin considerar acciones mínimas de sostenibilidad.

Por este motivo, es indispensable proyectar vivienda en donde se tome en cuenta la calidad de vida de los usuarios y el confort dentro de la misma. Al momento de diseñar, es necesario abordar soluciones desde la perspectiva sustentable, solo así es que un proyecto de vivienda se puede considerar completo y funcional para la gente que más lo necesita, como lo es la de escasos recursos.

3) DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

- Crear satisfacción en los usuarios a través de la edificación sustentable.
- Mejorar las condiciones de habitabilidad implementando estrategias para lograr el confort higrotérmico.
- Aprovechar de la manera más eficiente los recursos naturales y las condiciones climáticas del lugar.
- Reducir riesgos fisiológicos provocados por la humedad, exceso de calor y frío.
- Emplear tecnologías de bajo costo, pequeña escala, fácil de usar, que utilice recursos y materiales locales y que fomente la autoconstrucción.
- Disminuir el gasto de consumo energético en la vivienda.
- Promover valores y comportamientos sustentables en los usuarios.
- Aceptación social en términos de sustentabilidad.

4) CUMPLIMIENTO DE LEYES, NORMAS, REGLAMENTOS Y LIMITACIONES DEL COSTO

A continuación se muestra una comparativa entre diversas leyes, normas y reglamentos con el sistema constructivo de diversos aislamientos térmicos que pueden ser implementados en la vivienda de interés social (*véase tabla 1*). También se deben de considerar la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional y la Norma Oficial Mexicana NOM-018-ENER-2011, Aislantes térmicos para edificaciones, características y métodos de prueba; que por limitantes de tiempo no se pudieron evaluar.

Referencias de fuentes de tabla:

- A. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- B. NORMA MEXICANA NMX-AA-164-SCF1-2013. Edificación sustentable-criterios y requerimientos ambientales mínimos.
- C. Créditos e Hipoteca Verde de INFONAVIT
- D. Ley de vivienda.
- E. Código de Edificación de vivienda. CONAVI 2010.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O₃). valores normados para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población, para quedar como norma oficial mexicana nom-020-ssa1-1993, salud ambiental. Criterio para evaluar el valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) de la calidad del aire ambiente. Criterio para evaluar la calidad del aire.

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CUMPLIMIENTO CON NORMAS, LEYES O REGLAMENTOS					
	A	B	C	D	E	F
AISLAMIENTO A BASE DE CELULOSA Requiere de mano de obra especializada El procedimiento de proyección de celulosa es idóneo para obra nueva , se aplica humedeciendo los copos de celulosa y se puede reforzar diluyendo un pegamento durante la proyección. Se puede aplicar como aislamiento interior en las cámaras de ventilación o sobre muros macizos de piedra, hormigón, ladrillo y sobre tabiquería de madera o de cartón yeso. Tiene la gran ventaja de ser un sistema de aislamiento que cubre todos los espacios, pudiendo eliminar los puentes térmicos y quedando libre de juntas. Para su recubrimiento, se recomienda panel de yeso, durock o triplay.	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE

Tabla 30. **Sistemas constructivos y cumplimiento con leyes y normas.**

Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA CONSTRUCTIVO	CUMPLIMIENTO CON NORMAS, LEYES O REGLAMENTOS					
	A	B	C	D	E	F
AISLAMIENTO A BASE DE LINO No requiere instalación especializada. Para su procedimiento de instalación, requiere colocar una guía con perfiles de madera, situados a cada 50 cm. Después se debe situar el aislante de lino en cada sección. Por consiguiente hay que cortar el panel de lino con amoladora de disco o con un cuchillo de dientes finos. Por último se debe sujetar con grapas sobre el armazón de manera. Para su recubrimiento, se recomienda panel de yeso, durok o triplay.	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
AISLAMIENTO A BASE DE CORCHO No requiere instalación especializada. Para su instalación, se requiere limpiar el área, quedando libre de polvo y residuos. Después hay que aplicar adhesivo para fijar el aislante. Por último se debe colocar el rollo o lámina de corcho y presionar. Para su recubrimiento, solo hay que colocar un barniz especial para proteger con la humedad.	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
AISLAMIENTO A BASE DE LANA No requiere instalación especializada. De acuerdo a su instalación, se requiere ubicar una guía con perfiles de madera, situados a cada 50 cm. Aprox. Después se debe extender cuidadosamente el rollo de lana en cada sección. Por último, se debe dejar una separación de 1/4" en ambos lados para permitir la expansión a lo largo del año. Para su recubrimiento, se recomienda panel de yeso, durok o triplay.	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
AISLAMIENTO A BASE DE POLIESTIRENO Requiere de mano de obra especializada Se recomienda fijarlo al muro con un adhesivo para construcción a base de agua, utilizando clavos, y tornillos. Después de colocar el poliestireno, se coloca una malla de refuerzo, sujetadores mecánicos, una base para anclarlos, el acabado final (que puede ser una capa de mortero y un refuerzo con una malla metálica o panel de yeso o cartón, también se le puede dar un acabado texturizado)	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
AISLAMIENTO A BASE DE POLIURETANO Requiere de mano de obra especializada Es importante abordar los temas de salud y seguridad en el sitio de trabajo para la correcta aplicación. Se debe verificar el lugar de trabajo, checar condiciones ambientales de sustratos, temperatura del material, hacer una verificación de calidad con pruebas, aplicación de la espuma sin que se enfríe, controlar el grosor total del aislamiento, recortar espuma para tener una superficie plana, cubrir áreas con espumas selladoras, aplicar cobertura protectora y por último, limpieza del lugar.	NO CUMPLE	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

 Tabla 31. **Sistemas constructivos y cumplimiento con leyes y normas.** Fuente: Elaboración

5) EVALUACIÓN DETALLADA DEL LOS ALCANCE

▪ CRITERIOS AMBIENTALES

La dimensión ambiental tiene como objetivo, evaluar la huella ambiental en términos de energía y su asociación con los gases de efecto invernadero, agua, tierra, uso de materiales y desechos.

A continuación, se muestran los criterios ambientales que serán evaluados para cada sistema aislante natural (celulosa, lino, corcho, lana de oveja y lana mineral) y aislante convencional (poliestireno). Es importante mencionar que los aislantes naturales, tienen un menor impacto medioambiental, sin embargo, no todos los sistemas aislantes propuestos son elaborados localmente, lo que hace que se eleven los costos y sobre todo eleven la huella de carbono al trasladarse de lugares lejanos.

1. Utilizar materiales disponibles y de origen local.

El objetivo de este criterio, es evaluar el origen y disponibilidad local de los sistemas aislantes propuestos, dando una ponderación mayor a los materiales locales. A continuación se muestra los parámetros de evaluación.

Sistema aislante	Lugar de origen (fabricación)	Lugar de disponibilidad
Celulosa	Guadalajara, Jalisco	Guadalajara, Jalisco
Fibra de lino	España	España
Corcho	Guadalajara, Jalisco	Tepic, Nayarit
Lana de oveja	España	España
Lana mineral	Ciudad de México	Guadalajara, Jalisco
Poliestireno	Guadalajara, Jalisco	Tepic, Nayarit

Tabla 32. Lugar de origen (A1)

Fuente: Elaboración propia

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio A1**

De acuerdo a la tabla 33, los materiales de origen o disponibilidad local (10 puntos), son aquellos que se encuentran en la ciudad de Tepic, mientras más alejado estén de este punto, la ponderación disminuirá. Lana de oveja y fibra de lino son provenientes de otro país, considerando la ponderación menor (2 puntos).

CRITERIO AMBIENTAL 1 (A1)													
LUGAR DE ORIGEN	Ponderación relativa	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de polistireno	
Local/Municipal	10	50.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	0.00%
Estatal	8	40.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	0.00%
Estados colindantes	6	30.00%	6.00	30.00%		0.00%	6.00	30.00%		0.00%		0.00%	6.00
Pais	4	20.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	4.00	20.00%	0.00%
Otro pais	2	10.00%		0.00%	2.00	10.00%		0.00%	2.00	10.00%		0.00%	0.00%
Sub total	30			30.00%		10.00%		30.00%		10.00%		20.00%	30.00%
DISPONIBILIDAD LOCAL													
Local/Municipal	10	50.00%		0.00%		0.00%	10.00	50.00%		0.00%		0.00%	10.00
Estatal	8	40.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	0.00%
Estados colindantes	6	30.00%	6.00	30.00%		0.00%		0.00%		0.00%	6.00	30.00%	0.00%
Pais	4	20.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	0.00%
Otro pais	2	10.00%		0.00%	2.00	10.00%		0.00%	2.00	10.00%		0.00%	0.00%
Sub total	30			30.00%		10.00%		50.00%		10.00%		30.00%	50.00%
TOTAL			12.00	60.00%	4.00	20.00%	16.00	80.00%	4.00	20.00%	10.00	50.00%	16.00
			6.00		2.00		8.00		2.00		5.00		8.00

Tabla 33. Evaluación de procedencia de sistemas aislantes (A1)
Fuente: Elaboración propia

2. Mejorar el desempeño medioambiental de los edificios residenciales: eficiencia energética con calidad interior de aire, para lograr confort higrotérmico. (A2)

Para determinar el desempeño medioambiental de los edificios, será necesario evaluar la conductividad térmica de los materiales aislantes. Entre menos conductividad térmica, posea un sistema, se necesitará menor cantidad de energía para calentar o enfriar la edificación, además de crear confort higrotérmico al interior. A continuación se muestra los rangos de evaluación.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio A2**

CRITERIO AMBIENTAL 2 (A2)													
CONTROL DE TEMPERATURA (Conductividad térmica)	Ponderación relativa	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de polistireno	
≤ 0.040 K(w/mk)	10	100.00%		0.00%	10.00	100.00%		0.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%	10.00
0.041-0.045 K(w/mk)	7	70.00%	7.00	70.00%		0.00%	7.00	70.00%		0.00%		0.00%	0.00%
> 0.045 K(w/mk)	3	30.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	0.00%
TOTAL	20		7.00	70.00%	10.00	100.00%	7.00	70.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%	10.00
			10.00		7.00		7.00		10.00		10.00		10.00

Tabla 34. Evaluación de desempeño medioambiental (A2)
Fuente: Elaboración propia

3. Promover el uso de materiales naturales biodegradables, reciclables y reciclados. (A3)

El objetivo de este criterio es la promoción del uso de sistemas aislantes con propiedades biodegradables, reciclables y reciclado que minimicen los daños producidos al medio ambiente. La ponderación es mayor para quienes posean más de una propiedad. A continuación se muestra los parámetros de evaluación.

• **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio A3**

CRITERIO AMBIENTAL 3 (A3)														
DATO ECOLÓGICO	Ponderación relativa sustentable		Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Biodegradable/ Reciclado/Reciclable	10	100.00%	100.00%	10.00	100.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%	7.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Biodegradable/Reciclable	7	70.00%	70.00%	0.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%	7.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Reciclable	3	30.00%	30.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.00	30.00%	
TOTAL	20			10.00	100.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%	7.00	0.00%	0.00	0.00%	
			PUNTOS 1-10	10.00		7.00		7.00		7.00		0.00	3.00	

Tabla 35. Evaluación de dato ecológico (A3)
Fuente: Elaboración propia

4. Implementar aislamiento de origen natural, evitando los materiales provenientes de los hidrocarburos.

El objetivo de este criterio es incentivar el uso de materiales naturales, evitando los materiales provenientes de los hidrocarburos. A continuación, se muestra la tabla de ponderación, que determina la factibilidad de uso en cada uno de los elementos.

• **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio A4**

CRITERIO AMBIENTAL 4(A4)														
CONTROL DE TEMPERATURA (Conductividad térmica)	Ponderación relativa sustentable		Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Material de origen natural	10	100.00%	0.00%	10.00	100.00%	100.00	1000.00%	10.00	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Combinación de materiales naturales y sintéticos	7.5	75.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.70	75.00%	0.00%	0.00%	
Materiales de origen reciclado	5	50.00%	5.00	50.00%									0.00%	
materiales provenientes de los hidrocarburos	2.5	25.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.50	25.00%	
TOTAL	25		5.00	50.00%	10.00	100.00%	100.00	100.00%	10.00	100.00%	7.70	75.00%	10.00	25.00%
			5.00		10.00		10.00		10.00		7.50		2.50	

Tabla 36. Evaluación de materiales de origen natural (A4)
Fuente: Elaboración propia

5. Reducir las emisiones a la atmósfera por el uso de energía residencial

Para evaluar este criterio, será necesario conocer el ahorro energético que presenta la vivienda implementado los sistemas de aislamiento y de igual manera conocer la reducción de CO2 producido por este ahorro de energía. Es importante mencionar que esta evaluación se realizó utilizando la NOM-020-ENER-2011.

Para conocer este dato, fue necesario determinar el gasto energético mensual (kw/h) y posteriormente multiplicado por 0.5, ya que 1kw/h de electricidad consumida = 0.5 kg de CO2. (FIDE, 2016).

SISTEMA	AHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR LA NOR-020-ENER-2011	EMISIONES DE CO2 (KG) MENSUAL
Corcho	6.93%	7.03
Lino	9.84%	10.30
Celulosa	10.70%	11.19
Lana de oveja	9.51%	9.95
Lana mineral	11.73%	12.30
Poliestireno	10.81%	11.31

Tabla 37. Ahorro energético y reducción de CO₂ (A5)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la tabla de ponderación.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio A5**

CRITERIO AMBIENTAL 5 (A5)															
AHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR LA NOM-020-ENER-2011		Ponderación relativa	Sistema Celulosa	Sistema Lino	Sistema Corcho	Sistema de Lana de oveja	Sistema de Lana Mineral	Sistema de poliestireno							
Mayor a 10%	10	50.00%	25.00%	10.00	50.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.00	50.00%	10.00	50.00%	
7%-10%	7	35.00%	17.50%	0.00%	7.00	35.00%	0.00%	7.00	35.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Menor de 7%	3	15.00%	7.50%	0.00%	0.00%	3.00	15.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Sub total	20	100.00%	50.00%	50.00%	35.00%	15.00%	35.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2															
Mayor a 12KG	10	50.00%	25.00%	0.00%	10.00	50.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.00	50.00%	10.00	50.00%	
8-12 KG	7	35.00%	17.50%	7.00	35.00%	0.00%	0.00%	7.00	35.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Menor a 8 KG	3	15.00%	7.50%	0.00%	0.00%	3.00	15.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Sub total	20	100.00%	50.00%	35.00%	50.00%	15.00%	35.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	50.00%	
			TOTAL	17.00	85.00%	17.00	85.00%	6.00	30.00%	14.00	70.00%	20.00	100.00%	20.00	100.00%
			PUNTOS 1-10	8.50		8.50		3.00		7.00		10.00		10.00	

Tabla 38. Reducción de CO₂, mediante el ahorro energético (A5)

Fuente: Elaboración propia

- **CRITERIOS SOCIALES**

La dimensión social pretende mejorar la calidad de vida de las personas y la sociedad en general, dignificando viviendas por medio de sistemas aislantes. La dimensión social toma muy en cuenta la dimensión cultural. Es importante mencionar que la metodología de evaluación para ésta dimensión es muy subjetiva, ya que la sociedad tiene que evaluar su satisfacción con respecto a la técnica o sistema aplicado. Sin embargo, por condiciones económicas y temporales no se pudo llevar a cabo la aplicación. Por ello, se decidió evaluar la dimensión social con parámetros sustentables que ayuden a determinar la eficacia del sistema aislante para su futura aplicación.

1. Evaluar el confort higrotérmico obtenido por una tecnología específica. (S1)

Para evaluar este criterio, será necesario conocer el ahorro energético generado por la implementación de sistemas aislantes en la vivienda. Entre mayor sea el ahorro energético, mayor será el confort higrotérmico, por lo tanto, ambos factores están relacionados entre sí. Para la obtención de estos datos, fue necesaria la aplicación de la NOM-020-ENER-2011 a cada uno de los sistemas aislantes. A continuación se muestra la evaluación.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio S1**

CRITERIO SOCIAL 1 (S1)															
AHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR LA NOM-020-ENER-2011			Ponderación relativa sustentable	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Mayor a 160W	10	100.00%	100.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	100.00%		0.00%
130-160W	7	70.00%	70.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%		0.00%		0.00%		0.00%	7.00	70.00%
Menor de 130W	3	30.00%	30.00%		0.00%		0.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%		0.00%		0.00%
TOTAL	20			7.00	70.00%	7.00	70.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	10.00	100.00%		70.00%
			PUNTOS 1-10		7.00		7.00		3.00		3.00		10.00		7.00

Tabla 39. Evaluación del ahorro energético (S1)

Fuente: Elaboración propia

2. Crear satisfacción en los usuarios, a través de la implementación de mejoras en la vivienda (S2)

Confort se define como un estado de satisfacción del ser humano. Para lograr dicha satisfacción será necesaria la implementación de aislamientos térmicos que permitan mejorar la calidad de vida de los ocupantes y lograr ahorros significativos en la factura eléctrica. Para evaluar dicha satisfacción, será necesario identificar dos criterios. 1) **Ahorro de energía**, (ahorro económico mensual) 2) **Confort higrotérmico**, comportamiento térmico del sistema de aislamiento. (Este factor se evalúa mediante el porcentaje de ahorro energético).

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio S2**

CRITERIO SOCIAL 2 (S2)															
AHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR LA NOM-020-ENER-2011			Ponderación relativa	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Mayor a 10%	10	50.00%		10.00	50.00%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	50.00%	10.00	50.00%
7%-10%	7	35.00%			0.00%	7.00	35.00%		0.00%	7.00	35.00%		0.00%		0.00%
Menor de 7%	3	15.00%			0.00%		0.00%	3.00	15.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	100.00%		50.00%		35.00%		15.00%		35.00%		50.00%		50.00%	
AHORRO ECONÓMICO															
Mayor a 20	10	50.00%		10.00	50.00%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	50.00%	10.00	50.00%
de 15-20	7	35.00%			0.00%	7.00	35.00%		0.00%	7.00	35.00%		0.00%		0.00%
Menor de 15	3	15.00%			0.00%		0.00%	3.00	15.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	100.00%		50.00%		35.00%		15.00%		35.00%		50.00%		50.00%	
				100.00%		70.00%		30.00%		70.00%		100.00%		100.00%	
			PUNTOS 1-10	10.00		7.00		3.00		7.00		10.00		10.00	

Tabla 40. Evaluación del ahorro energético y económico (S2)

Fuente: Elaboración propia

3. Apoyar valores, comportamientos y tecnologías sustentables, a través, de la difusión de sus beneficios tanto ambientales, sociales y económicos. (En relación con el ahorro de energía, utilizar materiales reciclados, comprensión de los beneficios de la tecnología verde, etc...)

La implementación de nuevos materiales y sistemas constructivos con carácter sustentable, brindan múltiples beneficios tanto económicos, sociales y ambientales, por ello, es necesario promover su uso y aplicación en edificaciones. De esta manera se despertará en la sociedad valores y comportamientos más sustentables. La difusión sobre los beneficios obtenidos por utilizar aislantes térmicos naturales, permitirá un mejor posicionamiento en el mercado y con ello aumentar el comportamiento sustentable en la sociedad. A continuación se muestran algunos de los criterios que deberían ser promovidos, para generar mayor aceptación en el uso de materiales sustentables como aislantes.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio S3**

CRITERIO SOCIAL 3 (S3)														
ÁHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR NA NOR-020- ENER-2011		Ponderación relativa	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Mayor a 10%	10	25.00%	10.00	25.00%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	25.00%	10.00	25.00%
7%-10%	7	17.50%		0.00%	7.00	17.50%		0.00%	7.00	17.50%		0.00%		0.00%
Menor de 7%	3	7.50%		0.00%		0.00%	3.00	15.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	100.00%		25.00%		17.50%		7.50%		17.50%		25.00%		25.00%
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2														
Mayor a 12KG	3	25.00%		0.00%	10.00	25.00%		0.00%		0.00%	10.00	25.00%	10.00	25.00%
8-12 KG	7	17.50%	7.00	17.50%		0.00%		0.00%	7.00	17.50%		0.00%		0.00%
Menor a 8 KG	10	7.50%		0.00%		0.00%	3.00	7.50%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20			17.50%		25.00%		7.50%		17.50%		25.00%		25.00%
DATO ECOLÓGICO														
Biodegradable/ Reciclado/Reciclable	10	25.00%	10.00	25.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	3.00	0.00%
Biodegradable/Reciclable	7	17.50%		0.00%	7.00	17.50%	7.00	17.50%	7.00	0.00%		0.00%		7.50%
Reciclable	3	7.50%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20		10.00	25.00%	7.00	17.50%	7.00	17.50%	7.00	0.00%	0.00	0.00%	3.00	7.50%
ENERGÍA INCORPORADA														
Menor a 400Wh/KG	10	25.00%	10.00	25.00%	10.00	25.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
400 A 800 Wh/KG	7	17.50%		0.00%		0.00%		0.00%	7.00	17.50%	7.00	17.50%		0.00%
Mayor a 800 Wh/KG	3	7.50%		0.00%		0.00%	3.00	7.50%		0.00%		0.00%	3.00	7.50%
Sub total	20		10.00	25.00%	10.00	25.00%	3.00	7.50%	7.00	17.50%	7.00	17.50%	3.00	7.50%
				92.50%		85.00%		40.00%		52.50%		67.50%		57.50%
		PUNTOS 1-10		9.25		8.50		4.00		5.25		6.75		5.75

Tabla 41. Evaluación del ahorro energético, reducción de emisiones CO2, dato ecológico y energía incorporada (S3) Fuente: Elaboración propia

4. Evaluar la aceptación social en términos de sustentabilidad. Consumo sustentable (ISO 26000) (S4)

Este criterio permitirá evaluar la aceptación social con respecto a las tres dimensiones (social, económico y ambiental), valorando aspectos de confort, salud, ahorro de energía

y reducción de CO₂. De esta manera identificar el sistema aislante que pudiera tener mayor aceptación en la sociedad por sus múltiples beneficios.

Ámbito económico: Evalúa el ahorro económico anual generado por la aplicación de sistemas aislantes. Esto de acuerdo a la aplicación de la NOM-020-ENER-2011. Para ello fue necesario conocer el ahorro energético en (Kw/h), y posteriormente traducido al ahorro económico (pesos).

Ámbito ambiental: Evalúa cuatro aspectos ambientales referentes a los sistemas de aislamiento. La reducción de emisiones de CO₂, debido al ahorro energético; dato ecológico evalúa el uso final de la vida útil del sistema aislante y por último el grado de contaminación del material.

Ámbito Social: Evalúa la protección contra el moho y la humedad que se puede proporcionar el sistema aislante.

CRITERIO SOCIAL 4 (S4)														
AHORRO ECONÓMICO ANUAL (HORAS MAS CRITICAS DE CALOR)	Ponderación relativa sustentable	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de polistireno		
Mayor a \$120	10	16.66%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	16.66%		0.00%
de \$115 a \$120	7	11.66%	7.00	11.66%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	7.00	11.66%
Menor de \$115	3	5.00%		0.00%	3.00	5.00%	3.00	5.00%	3.00	5.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	16.66%		11.66%		5.00%		5.00%		5.00%	16.66%		11.66%	
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2														
Mayor a 12KG	3	16.66%		0.00%	10.00	16.66%		0.00%		0.00%	10.00	16.66%	10.00	17.50%
8-12 KG	7	11.66%	7.00	11.66%		0.00%		0.00%	7.00	11.66%		0.00%		0.00%
Menor a 8 KG	10	5.00%		0.00%		0.00%	3.00	5.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	16.66%		17.50%		25.00%		7.50%		17.50%		25.00%		25.00%
DATO ECOLÓGICO														
Biodegradable/Reciclado/Reciclable	10	5.00%	10.00	16.66%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Biodegradable/Reciclable	7	11.66%		0.00%	7.00	11.66%	7.00	11.66%	7.00	11.66%		0.00%		0.00%
Reciclable	3	16.66%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	3.00	5.00%
Sub total	20	16.66%		16.66%		11.66%		11.66%		11.66%		0.00%		5.00%
AHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR LA NOM-020-ENER-2011														
Mayor a 10%	10	16.66%	10.00	16.66%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	16.66%	10.00	16.66%
7%-10%	7	11.66%		0.00%	7.00	11.66%		0.00%	7.00	11.66%		0.00%		0.00%
Menor de 7%	3	5.00%		0.00%		0.00%	3.00	5.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	16.66%		16.66%		11.66%		5.00%		11.66%		16.66%		16.66%
CONTAMINACION DEL MATERIAL														
No contaminante	10	16.66%		0.00%	10.00	16.66%	10.00	16.66%	10.00	16.66%		0.00%		0.00%
Poco contaminante	7	11.66%	7.00	11.66%		0.00%		0.00%		0.00%	7.00	11.66%		0.00%
Muy contaminante	3	5.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	3.00	5.00%
Sub total	20	16.66%		11.66%		16.66%		16.66%		16.66%		11.66%		5.00%
PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD Y MOHO														
Adecuada protección	10	16.66%	10.00	16.66%	10.00	16.66%	10.00	16.66%	10.00	16.66%	10.00	16.66%	10.00	16.66%
Inadecuada protección	0	0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	10	16.66%		16.66%		16.66%		16.66%		16.66%		16.66%		16.66%
				90.8%		86.6%		62.5%		79%		86.6%		80.0%
		PUNTOS 1-10		9.80		8.66		6.25		7.90		8.6		8.0

Tabla 42. Evaluación de aspectos económicos, ambientales y sociales. (S4)

Fuente: Elaboración propia

5. Reducir riesgos fisiológicos: Humedad y moho; Exceso de frío o calor; Materiales contaminantes o que emitan radiación dañina. (S5)

La salud de los usuarios es tan importante como el edificio mismo. Por tanto, los materiales utilizados en su construcción deberán mejorar las condiciones de vida y salud de los habitantes. Todos los materiales deben de estar libres de contaminantes, además de contribuir a mejorar las condiciones de confort al interior, reducir enfermedades respiratorias y dolores de cabeza por cambios bruscos de temperatura. Para este criterio se evaluaron tres puntos: 1) contaminación del material; 2) protección contra humedad y moho; 3) control de temperatura mediante la conductividad térmica de los sistemas aislantes.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio S5**

CRITERIO SOCIAL 5 (S5)												
CONTAMINACION DEL MATERIAL		Ponderación relativa	Sistema Celulosa	Sistema Lino	Sistema Corcho	Sistema de Lana de oveja	Sistema de Lana Mineral	Sistema de poliestireno				
No contaminante	10	33.33%	0.00%	10.00	33.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%	0.00%		0.00%
Poco contaminante	7	23.33%	7.00	23.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.00	23.33%	0.00%
Muy contaminante	3	10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.00	10.00%	10.00%
Sub total	20		23.33%		33.33%		33.33%		33.33%		23.33%	10.00%
PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD Y MOHO												
Adecuada protección	10	33.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%
Inadecuada protección	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sub total	10		33.33%		33.33%		33.33%		33.33%		33.33%	33.33%
CONTROL DE TEMPERATURA (Conductividad térmica)												
=< 0.040 K(w/mk)	10	33.33%	0.00%	10.00	33.33%	0.00%	10.00	33.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%
0.041-0.045 K(w/mk)	7	23.33%	7.00	23.33%	0.00%	7.00	23.33%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
> 0.045 K(w/mk)	3	10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sub total	20		7.00	23.33%	10.00	33.33%	7.00	23.33%	10.00	33.33%	10.00	33.33%
			80.0%		100.0%		90.0%		100.0%		90.0%	76.7%
		PUNTOS 1-10	8.00		10.00		9.00		10.00		9.00	7.67

Tabla 43. Evaluación para reducir riesgos fisiológicos (S5) Fuente: Elaboración propia

- **CRITERIOS ECONÓMICOS**

1. Aprovechar fuentes de financiamiento existente para la vivienda. (E1).

Este criterio evalúa las fuentes de financiamiento a las que se podría tener acceso como: subsidio y financiamientos. De esta manera los usuarios podrían hacer uso de ellos y aplicar los sistemas de aislamiento. El INFONAVIT, promueve una serie de créditos para remodelar viviendas ya existentes, de esta manera se pudieran aplicar los sistemas aislantes.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio E1**

CRITERIO ECONÓMICO 1 (E1)														
FUENTE DE FINANCIAMIENTO PARA VIVIENDA	Ponderación relativa		Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Subsidio más financiamiento	10	100.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Subsidio	7	70.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Financiamiento	3	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%
Ninguno	0	0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
TOTAL	20		3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%	3.00	30.00%
				3.00		3.00		3.00		3.00		3.00		3.00

Tabla 44. Evaluación de fuentes de financiamiento (E1)

Fuente: Elaboración propia

2. Contribuir positivamente con medio ambiente mediante la utilización de materiales de la región, promoviendo el desarrollo económico local y la participación de los usuarios durante la planeación y construcción. (E2).

Este criterio evalúa mediante dos aspectos:

1. El origen de cada uno de los sistemas de aislantes (Véase tabla 32. Lugar de origen) y la reducción de emisiones de CO₂. (Véase tabla 32. Reducción de CO₂)
2. Proceso de instalación, que tiene que ver con la participación de los usuarios en la implementación de tecnologías.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio E2**

CRITERIO ECONÓMICO 2 (E2)														
LUGAR DE ORIGEN	Ponderación relativa		Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Local/Municipal	10	50.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Estatal	8	40.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Estados colindantes	6	30.00%	6.00	30.00%		0.00%	6.00	30.00%		0.00%		0.00%	6.00	30.00%
País	4	20.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	4.00	20.00%		0.00%
Otro país	2	10.00%		0.00%	2.00	10.00%		0.00%	2.00	10.00%		0.00%		0.00%
Sub total	30			30.00%		10.00%		30.00%		10.00%		20.00%		30.00%
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂														
Sencilla	10	50.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Moderada	7	35.00%		0.00%	7.00	35.00%	7.00	35.00%	7.00	35.00%	7.00	35.00%	7.00	35.00%
Especializada	3	15.00%	3.00	15.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	100.00%		15.00%		35.00%		35.00%		35.00%		35.00%		35.00%
				9.00	45.00%	9.00	45.00%	13.00	65.00%	9.00	45.00%	11.00	55.00%	13.00
				4.50		4.50		6.50		4.50		5.50		6.50

 Tabla 45. Disponibilidad local de materiales y reducción de CO₂ (E2)

Fuente: Elaboración propia

3. Duración promedio de la vida del producto.

Este criterio evalúa la durabilidad promedio de la vida útil del sistema. Recordemos que la aplicación de dichos sistemas será en viviendas de interés social, por lo tanto, el factor económico y durabilidad son temas de gran relevancia. La ponderación será mayor en aquellos sistemas que tengan una vida útil mayor a 50 años, mientras que la menor será aquellos que tengan una vida útil menor a 50.

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio E3**

CRITERIO ECONÓMICO 3 (E3)														
DURACIÓN PROMEDIO DE LA VIDA DEL PRODUCTO	Ponderación relativa	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno		
Más de 50 años	10	100.00%		0.00%	10.00	100.00%		0.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%
50 años	7	70.00%	7.00	70.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
menor a 50 años	3	30.00%		0.00%		0.00%	3.00	30.00%		0.00%		0.00%		0.00%
TOTAL	20		7.00	70.00%	10.00	100.00%	3.00	30.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%
			7.00		10.00		3.00		10.00		10.00		10.00	

Tabla 46. Evaluación de durabilidad de sistemas aislantes (E3)

Fuente: Elaboración propia

4. Ahorro de energía y reducción de emisiones CO₂, por implementación de aislantes térmicos.

El ahorro de energía y la reducción de emisiones de CO₂, son objetivos que se desea alcanzar al implementar aislantes térmicos en viviendas de interés social, por ello, es importante evaluar cada sistema y determinar el que genere mayor ahorro energético, económico y reduzca las emisiones de CO₂.

- **Ahorro energético**

Para conocer el ahorro energético que cada sistema proporciona, fue necesario aplicar la NOM-020-ENER-2011 en cada uno de los materiales aislantes, obteniendo los siguientes datos en ahorro energético.

- **Reducción de emisiones CO₂**

Para conocer este dato, fue necesario determinar los posibles (kw/h) de consumo mensual al implementar algún sistema de aire acondicionado. Es importante mencionar que estos datos son hipotéticos considerando los días más cálidos. Posteriormente los (kw/h) mensual son multiplicado por 0.5, ya que 1kw/h de electricidad consumida = 0.5 kg de CO₂. (FIDE, 2016). (Véase tabla 37, Ahorro energético y reducción de CO₂)

- **Ahorro económico**

Para conocer el ahorro económico fue necesaria la aplicación de la NOM-020-ENER-2011 en cada sistema aislante, y de esta manera determinar el ahorro energético en KW/h. Posteriormente calcular los KW/h de consumo mensual y multiplicarlos por la tarifa de energía eléctrica establecida por CFE. (Véase tabla 47. Tarifas de energía eléctrica).

RANGO DE CONSUMO	DIC./2015	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	May.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-75	0.809	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793
Intermedio 76-140	0.976	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956
Excedente	2.859	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802

Tabla 47. Tarifas de energía eléctrica (E4)

Fuente: CFE

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio E4**

A continuación, se muestra la tabla de ponderación que evalúa el criterio. Se considerando el ahorro energético, la reducción de emisiones de CO₂ y el ahorro económico.

CRITERIO ECONÓMICO 4 (E4)														
AHORRO ENERGÉTICO CALCULADO POR LA NOM-020-ENER-2011		Ponderación	Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Mayor a 10%	10	33.33%	10.00	33.33%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	33.33%	10.00	33.33%
7%-10%	7	23.3%		0.00%	7.00	23.33%		0.00%	7.00	23.33%		0.00%		0.00%
Menor de 7%	3	10.00%		0.00%		0.00%	3.00	10.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	33.33%		33.33%		23.33%		10.00%		23.33%		33.33%		33.33%
REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2														
Mayor a 12KG	10	33.33%		0.00%	10.00	33.33%		0.00%		0.00%	10.00	33.33%	10.00	33.33%
8-12 KG	7	23.3%	7.00	23.33%		0.00%		0.00%	7.00	23.33%		0.00%		0.00%
Menor a 8 KG	3	10.00%		0.00%		0.00%	3.00	10.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	33.33%		23.33%		33.33%		10.00%		23.33%		33.33%		33.33%
AHORRO ECONÓMICO MENSUAL														
Mayor a 20	10	33.33%	10.00	33.33%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	33.33%	10.00	33.33%
de 15-20	7	23.30%		0.00%	7.00	23.33%		0.00%	7.00	23.33%		0.00%		0.00%
Menor de 15	3	10.00%		0.00%		0.00%	3.00	10.00%		0.00%		0.00%		0.00%
Sub total	20	33.33%		33.33%		23.33%		10.00%		23.33%		33.33%		33.33%
				90.0%		80.0%		30.0%		70.0%		100.0%		100.0%
		PUNTOS 1-10		9.0		8.0		3.0		7.0		10.0		10.0

Tabla 48. Evaluación de ahorro energético, económico y reducción de emisiones (E4)

Fuente: Elaboración propia

5. Inversión en material aislante térmico.

Este criterio busca evaluar la factibilidad de la inversión que representa los sistemas aislantes.

Mediante una encuesta, los habitantes del fraccionamiento Valle del Country determinaron el monto económico que estarían dispuestos a invertir en realizar adecuaciones bioclimáticas. Este monto fue de \$6,000; por lo tanto se buscan un aislante de bajo costo y que cumpla con los objetivos planteados.

En la tabla 49, se determina el costo por m² de los aislantes, además, se considera un área de 30m², la cual cubre tres áreas principales en la vivienda: Sala, comedor y ambas recámaras.

Sistema	Costo m2	Costo 30m2	Más gastos de envío
Celulosa	480	\$14,400.00	
Lino*	297	\$8,910.00	X
Corcho	286	\$8,580.00	
Lana de oveja*	316.8	\$9,504.00	X
Lana mineral	202	\$6,060.00	
Poliestireno	56	\$1,680.00	

Tabla 49. Costo de material aislante (E5)

Fuente: Elaboración propia

*El aislante a base de la lana de oveja y lino se comercializan en el continente Europeo, por lo que su costo se eleva ya que requiere gastos de envío,

- **Tabla de evaluación de sistemas. Criterio E5**

CRITERIO ECONÓMICA 5 (E5)														
INVERSIÓN EN MATERIAL AISLANTE	Ponderación relativa		Sistema Celulosa		Sistema Lino		Sistema Corcho		Sistema de Lana de oveja		Sistema de Lana Mineral		Sistema de poliestireno	
Inversión menor \$6500	10	100.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%	10.00	100.00%	10.00	100.00%
Inversión de \$6,500-10,500	7	70.00%		0.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%		0.00%		0.00%
Mayor a \$10,500	3	30.00%	3.00	30.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%		0.00%
TOTAL	20		3.00	30.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%	7.00	70.00%	10.00	100.00%		100.00%
			3.00		3.00		7.00		7.00		10.00			10.00

Tabla 50. Inversión de material aislante (E5)

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE NIVEL OPERACIONAL: TÉCNICA ANÁLISIS MULTICRITERIAL

	Evaluador 1		Evaluador 2		Evaluador 3		Evaluador 4		Evaluador 5		Evaluador 6		Evaluador 7															
DIMENSIÓN AMBIENTAL	Danyra	Verania	Lucero	Laura	Usuario	Constructora	Regidor Mpal.	Promedio Aritmético	Ponderación relativa sustentable	Sistema Celulosa	Sistema Lino	Sistema Corcho	Sistema de Lana de oveja	Sistema de Lana Mineral	Sistema de polistireno													
1. Utilizar materiales disponibles y de origen local	10	21.28%	9	20.00%	9	19.57%	8	17.78%	10	22.22%	8	19.05%	10	20.41%	20.04%	6.68%	6.0	4.0	2.0	1.3	8.0	5.3	2.0	1.3	5.0	3.3	8.0	5.3
2. Mejorar el desempeño medioambiental de los edificios residenciales: eficiencia energética con calidad interior de aire, para lograr confort higrotérmico.	10	21.28%	10	22.22%	10	21.74%	9	20.00%	8	17.78%	10	23.81%	10	20.41%	21.03%	7.01%	7.0	4.9	10.0	7.0	6.7	4.7	10.0	7.0	10.0	7.0	10.0	7.0
3. Promover el uso de materiales naturales biodegradables, reciclables y reciclados.	10	21.28%	9	20.00%	10	21.74%	10	22.22%	8	17.78%	8	19.05%	9	18.37%	20.06%	6.69%	10.0	6.7	7.0	4.7	7.0	4.7	7.0	4.7	0.0	0.0	3.0	2.0
4. Implementar aislamiento de origen natural, evitando los materiales proveniente de los hidrocarburos.	8	17.02%	8	17.78%	9	19.57%	8	17.78%	9	20.00%	7	16.67%	10	20.41%	18.46%	6.15%	5.0	1.0	10.0	6.2	10.0	6.2	10.0	6.2	7.5	4.6	2.5	1.5
5. Reducir las emisiones a la atmósfera por el uso de energía residencial. (A55)	9	19.15%	9	20.00%	8	17.39%	10	22.22%	10	22.22%	9	21.43%	10	20.41%	20.40%	6.80%	8.5	5.8	8.5	5.8	5.0	3.4	7.0	4.8	10.0	6.8	8.5	5.8
Sub total	47	100.00%	45	100.00%	46	100.00%	45	100.00%	45	100.00%	42	100.00%	49	100.00%	100.00%	33.33%		22.4		25.0		24.2		23.9		21.8		21.7
DIMENSIÓN SOCIAL																												
1. Evaluar el confort higrotérmico obtenido por una tecnología específica.	9	19.15%	9	21.95%	10	22.22%	9	20.45%	8	21.62%	8	17.02%	10	20.00%	20.35%	6.78%	7.0	4.7	7.0	4.7	3.0	2.0	3.0	2.0	10.0	6.8	7.0	4.7
2. Crear satisfacción con los usuarios, a través de la implementación de mejoras en la vivienda.	10	21.28%	8	19.51%	10	22.22%	9	20.45%	10	27.03%	10	21.28%	10	20.00%	21.68%	7.23%	10.0	7.0	7.0	5.1	3.0	2.2	7.0	5.1	10.0	7.2	10.0	7.2
3. Apoyar valores, comportamientos y tecnologías sustentables, a través, de la difusión de sus beneficios tanto ambientales, sociales y económicos. (En relación con el ahorro de energía, utilizar materiales reciclados, comprensión de los beneficios de la tecnología verde, etc.).	10	21.28%	8	19.51%	8	17.78%	9	20.45%	10	27.03%	9	19.15%	10	20.00%	20.74%	6.91%	9.3	6.4	8.5	5.9	4.0	2.8	5.3	3.6	6.8	4.7	5.8	4.0
4. Evaluar la aceptación social en términos de sustentabilidad. (S6)Consumo sustentable (ISO 26000)	8	17.02%	8	19.51%	8	17.78%	8	18.18%	7	18.92%	10	21.28%	10	20.00%	18.96%	6.32%	9.8	6.2	8.7	5.5	6.3	3.9	7.9	5.0	8.6	5.4	8.0	5.1
5. Reducir riesgos fisiológicos: Humedad y moho; exceso de frío o calor; materiales contaminantes o que emitan radiación dañina. (S22)	10	21.28%	8	19.51%	9	20.00%	9	20.45%	10	27.03%	10	21.28%	10	20.00%	21.36%	7.12%	8.0	5.7	10.0	7.1	9.0	6.4	10.0	7.1	9.0	6.4	7.7	5.5
Sub total	47	100.00%	41	100.00%	45	100.00%	44	100.00%	37	100.00%	47	100.00%	50	100.00%	100.00%	33.33%		30.0		28.3		17.3		22.8		30.5		26.5
DIMENSIÓN ECONÓMICA																												
1. Aprovechar fuentes de financiamiento existente para la viviendas.	10	21.28%	10	21.28%	9	20.00%	8	17.78%	10	21.74%	10	21.28%	10	20.00%	20.48%	6.83%	3.3	2.3	3.3	2.3	3.3	2.3	3.3	2.3	3.3	2.3	3.3	2.3
2. Contribuir positivamente con medio ambiente mediante la utilización de materiales de la región, promoviendo el desarrollo económico local y la participación de los usuarios durante la planeación y construcción. (Wallbaum 2012), P. 355-357 (E44).	9	19.15%	9	19.15%	10	22.22%	9	20.00%	8	17.39%	10	21.28%	10	20.00%	19.88%	6.63%	4.5	3.0	4.5	3.0	6.5	4.3	4.5	3.0	5.5	3.6	6.5	4.3
3. Duración promedio de la vida del producto. (E13)	10	21.28%	10	21.28%	9	20.00%	10	22.22%	10	21.74%	9	19.15%	10	20.00%	20.81%	6.94%	6.7	4.6	6.7	4.6	3.3	2.3	10.0	6.9	10.0	6.9	10.0	6.9
4. Ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2, por implementación de aislantes térmicos.	8	17.02%	8	17.02%	7	15.56%	8	17.78%	10	21.74%	8	17.02%	10	20.00%	18.02%	6.01%	9.0	5.4	8.0	4.8	3.0	1.8	7.0	4.2	10.0	6.0	10.0	6.0
5. Inversión en material de aislante térmico.	10	21.28%	10	21.28%	10	22.22%	10	22.22%	8	17.39%	10	21.28%	10	20.00%	20.81%	6.94%	3.0	2.1	3.0	2.1	7.0	4.9	7.0	4.9	10.0	6.9	10.0	6.9
Sub total	47	100.00%	47	100.00%	45	100.00%	45	100.00%	46	100.00%	47	100.00%	50	100.00%	100.00%	33.33%		17.4		16.8		15.5		21.3		25.8		26.5
																TOTAL		69.8		70.0		57.1		68.0		78.1		74.6

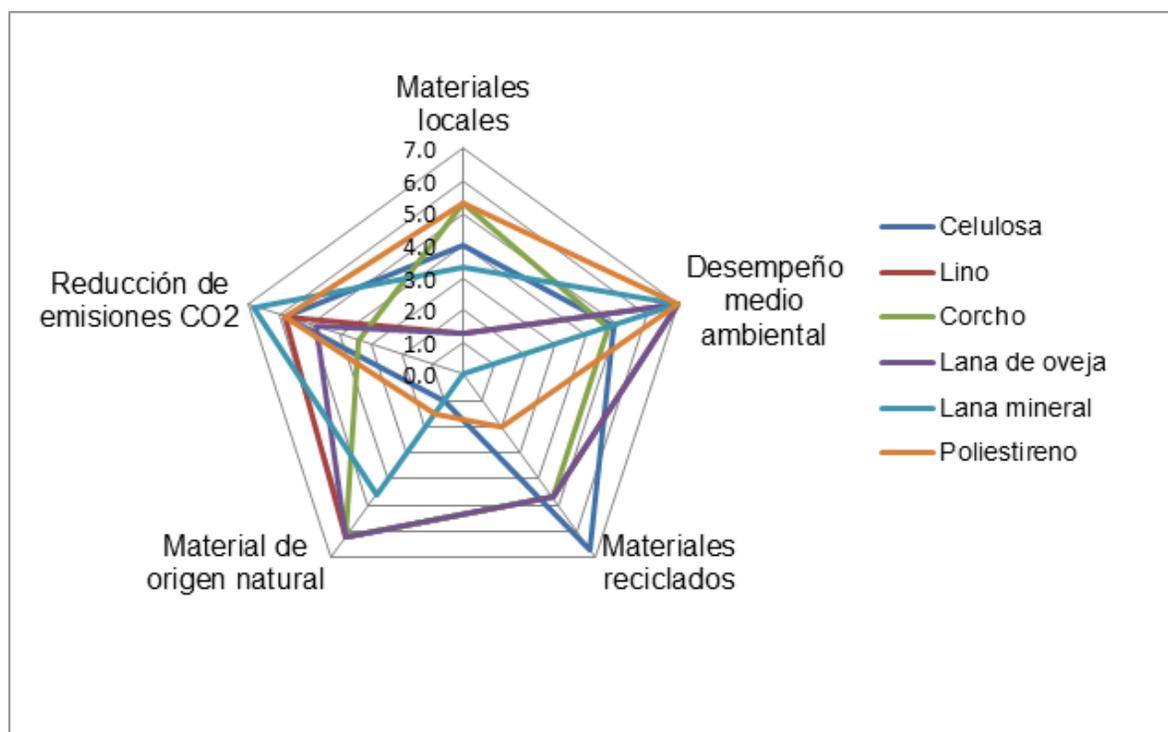
Tabla 51. Técnica de Decisión Multicriterial Participativa
Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS

DIMENSIÓN AMBIENTAL

En la gráfica 42, se analizan los resultados de los criterios ambientales obtenidos de cada sistema aislante. *Criterio 1*, enfocado en la evaluación de materiales locales, se observa que el **poliestireno** y el **corcho** son los sistemas con mayor puntaje, ya que ambos materiales se pueden conseguir de manera local. *Criterio 2*, desempeño medio ambiental, los resultados indican que el **poliestireno, lana mineral, lana de oveja y lino** tiene el mayor puntaje. *Criterio 3*, materiales reciclados, la **celulosa** es el mejor material, ya que es de origen reciclado y se puede reciclar. *Criterio 4*, materiales de origen natural. Los resultados indican que **lana de oveja** y el **lino** y el **corcho** son los materiales más naturales. *Criterio 5*, reducción de CO₂. Los resultados indican que el mejor sistema aislante para este rubro es la **lana mineral**, ya que reduce mayor cantidad de CO₂, debido al ahorro de energía que genera, en segundo lugar está el **lino, celulosa y poliestireno**.

Considerando lo anterior, se identifica que el sistema aislante que posee mayores beneficios ambientales es el **lino**, seguido del **corcho**, en tercer lugar la lana de oveja, cuarto lugar la celulosa y por último la lana mineral y el poliestireno



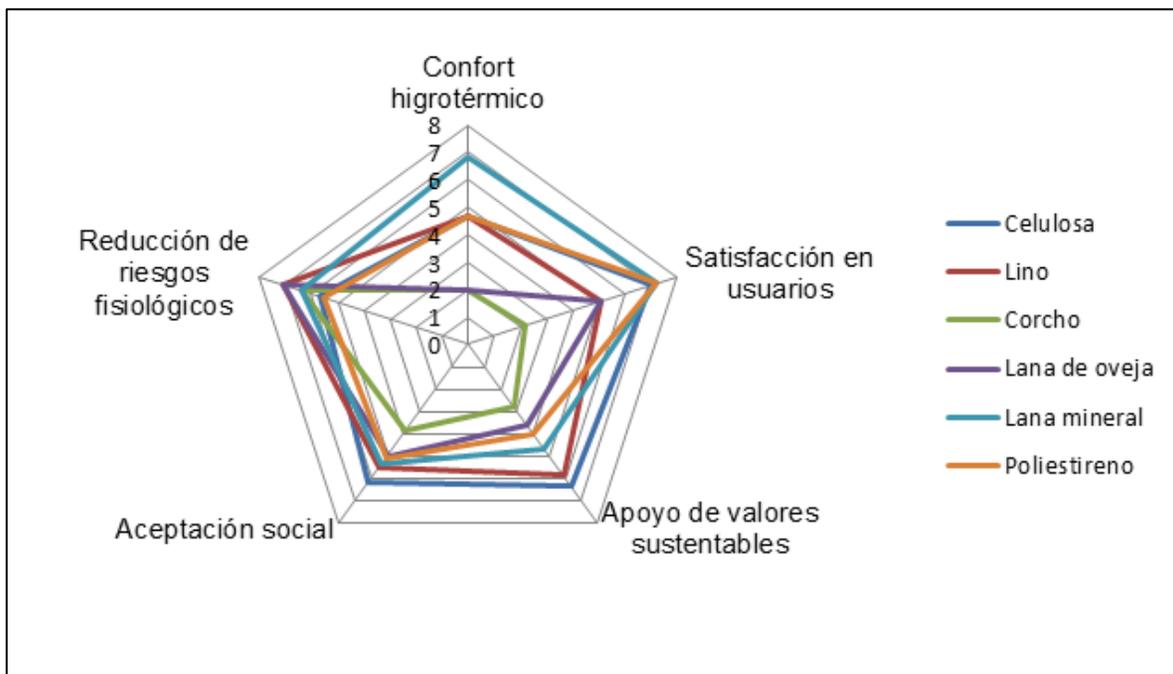
Gráfica 42. Criterios ambientales

Fuente: Elaboración propia

DIMENSIÓN SOCIAL

En la *gráfica 43*, se muestran los resultados de acuerdo a los criterios que forman parte de la dimensión social. *Criterio 1*, confort higrotérmico, se observa que la **lana mineral** seguido de la **celulosa**, son las que tiene mayor factibilidad en confort higrotérmico. *Criterio 2*, satisfacción en usuarios, el sistema aislante de **lana mineral** obtiene el mejor desempeño en este rubro. *Criterio 3*, Apoyo de valores sustentables, este tema por ser tan complejo es el que tiene una ponderación más baja, sin embargo, la **celulosa** seguido de **lino**, son los mejores. *Criterio 4*, aceptación social, referente a este concepto, la **celulosa**, seguido del **lino** y la **lana mineral** son lo que obtiene mayor puntuación, por lo que pueden presentar mayor aceptación social. *Criterio 5*, reducción de riesgos fisiológicos, los resultados en la gráfica demuestran que la **lana de oveja** y el **lino** son los mejores en este criterio, seguido de la **lana mineral**.

Considerando los resultados anteriores se determinó qué, la **lana mineral** seguido de la **celulosa**, son los sistemas aislantes que poseen mayor beneficios sociales.

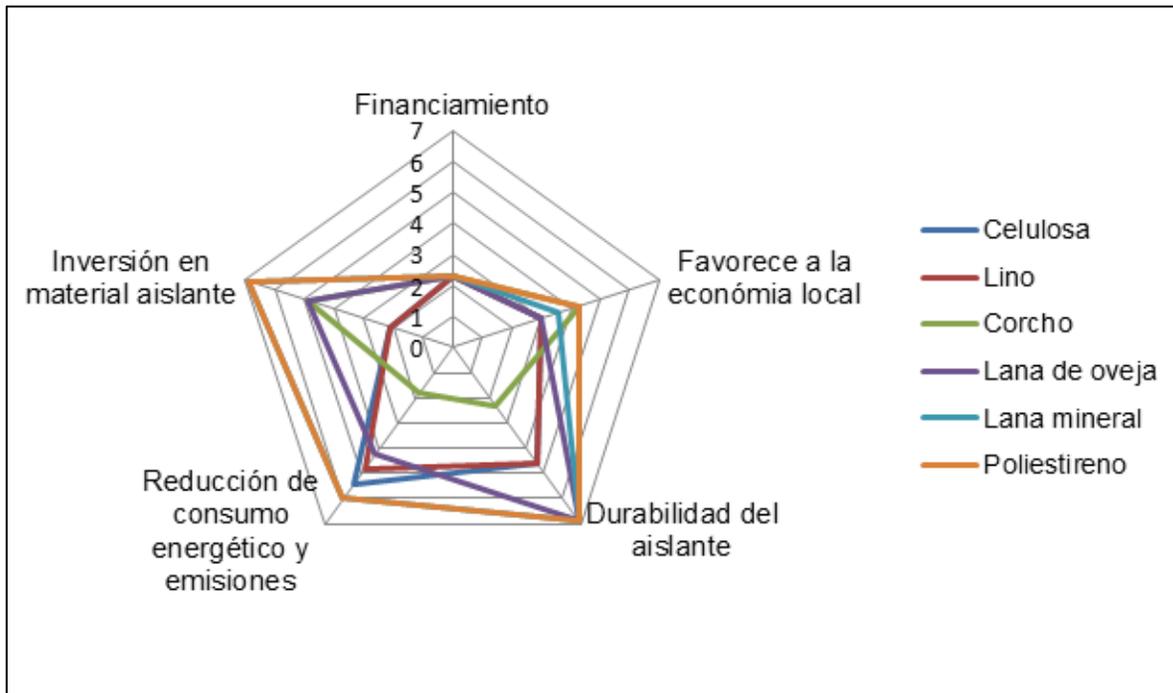


Gráfica 43. **Criterios sociales**
Fuente: Elaboración propia

DIMENSIÓN ECONÓMICA

En la *gráfica 44*, se observan los resultados de cada sistema aislante referente a los criterios económicos. *Criterio 1*, financiamiento, en este rubro, todos comparten la misma puntuación, ya que los seis sistemas pueden obtener algún financiamiento para su aplicación. *Criterio 2*, favorecen el desarrollo económico local, los resultados demuestran que **el corcho** y **poliestireno** son los materiales que se desarrollan en una economías más local en comparación con el lino y la lana de oveja, los cuales se desarrollan en otro país, obteniendo la puntuación menor. *Criterio 3*, Durabilidad del sistema aislante, el que tiene mayor desempeño en este rubro es, **lana de oveja**, **lana mineral** y el **poliestireno**. *Criterio 4*, reducción del consumo energético y emisiones de CO₂, en este criterio la **lana mineral** y **poliestireno** son los que obtienen un mayor puntaje, por lo tanto ambos sistemas son factibles. *Criterio 5*, inversión en material de aislante, En la gráfica podemos observar que la **lana mineral** y el **poliestireno** son los sistemas de menor costo.

En la dimensión económica concluimos que **la lana mineral** y **el poliestireno** son los materiales con mayores ventajas, seguido de la **lana de oveja** y **celulosa**.

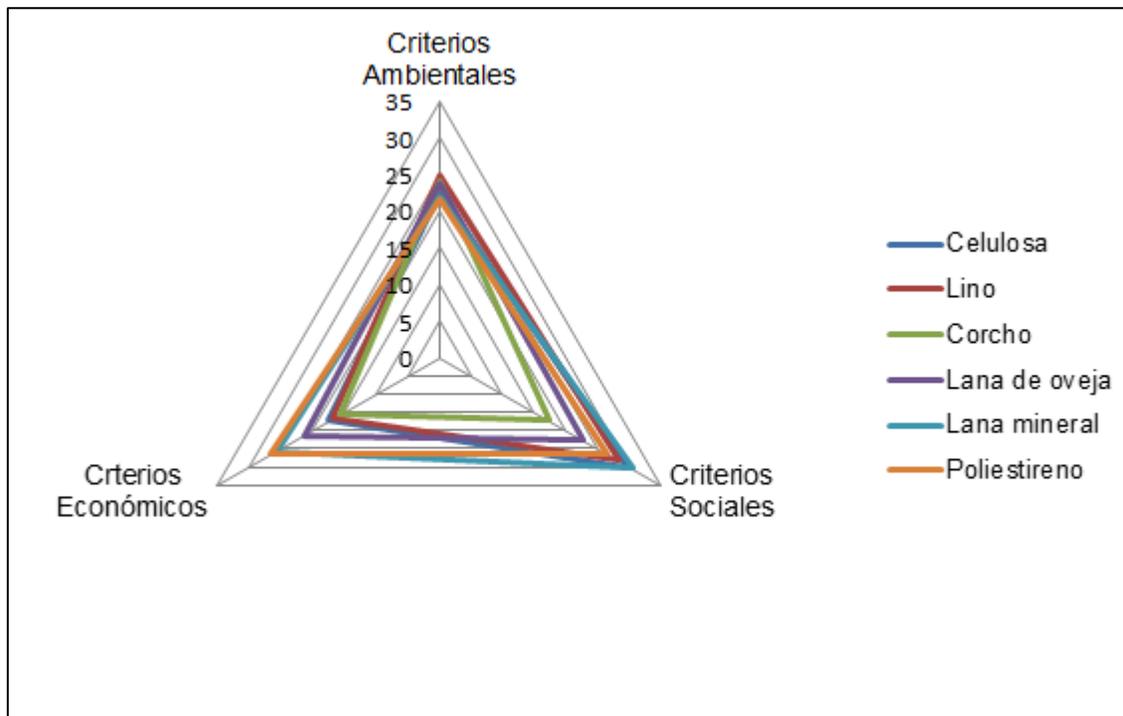


Gráfica 44. **Criterios económicos**
Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN SUSTENTABLE

En la gráfica 45, se observa los resultados obtenidos en las tres dimensiones (ambientales, sociales y económicas) antes descritas, obteniendo la evaluación sustentable. En la *dimensión ambiental*, el sistema con mayor puntaje es el **lino**, seguido del **corcho**, sin embargo, el material que se puede encontrar con mayor facilidad es el corcho, lo que lo hace más factible. En la *dimensión social*, el sistema con mayor puntaje es la **lana mineral**, y **celulosa** ya que son los sistemas aislantes que poseen mayor beneficios sociales. En la *dimensión económica*, el sistema con mayor puntaje es el **poliestireno**, y la **lana mineral**, son los sistemas aislantes con mayores ventajas económicas que podrían dar factibilidad al proyecto.

Considerando los tres rubros anteriores, se determina que el material más sustentable para implementar es las viviendas es la **lana mineral** seguido del **poliestireno**; En tercer lugar se encuentra el **lino**, seguido de la **celulosa** y por último la **lana de oveja** y el **corcho**.



Gráfica 45. **Evaluación sustentable de sistemas aislantes.**
Fuente: Elaboración propia

6. ESCENARIOS

4.3.1.2 Comportamiento térmico de la envolvente

Los escenarios futuros tienen como principal objetivo comprobar la factibilidad de los sistemas de aislamiento ante situación futuras hipotéticas. En este caso, continuar con la factibilidad de sistema cuando se presenta un aumento de temperatura debido al cambio climático.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ha pronosticado tres escenarios futuros con respecto al incremento de emisiones de gases efecto invernadero y el aumento de temperatura en los próximos 60 años. En la figura 46, se observan los tres escenarios futuros, de los cuales se tomará el escenario de 50 años para el análisis de los sistemas aislantes.

Escenario 2020	
Precipitación total anual	Temperatura media anual aumentará:
variará entre +5 y -5%	entre 0.6 y 1.2°C

Escenario 2050	
Precipitación total anual	Temperatura media anual aumentará:
variará entre +10 y -20%	entre 1.0 y 2.0°C

Escenario 2080	
Precipitación total anual	Temperatura media anual aumentará:
variará entre +10 y -20%	entre 2 y 4°C

Figura 46. **Escenarios**

Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Escenario 2050

INECC pronostica que para en el año 2050 la temperatura en el estado de Nayarit se elevará entre 1° y 2°C. Esto se deberá por la concentración de gases efecto invernadero y el cambio climático.

Para efectos de conocer la factibilidad de los aislantes en este escenario, será necesario implementar la NOM-020-ENER-2011 y aumentar 2° C en la temperatura equivalente, (véase tabla 52) de esta manera se simulará el aumento de temperatura en las viviendas analizadas.

	T INFERIOR	SUPERFICIE INFERIOR	TECHOS	MUROS MASIVOS				MUROS LIGEROS				TRAGALUZ Y DOMO	VENTANAS			
				N	E	S	O	N	E	S	O		N	E	S	O
				TEMPERATURA EQUIVALENTE PROMEDIO te (° C)	24	27	39	26	29	27	27		31	35	34	34
TEMPERATURA EQUIVALENTE PROMEDIO te (° C) ESCENARIO 2050	26	29	41	28	31	29	29	33	37	36	36	25	26	27	27	27

Tabla 52. Temperatura equivalente NOM-020-ENER-2011

Fuente: Elaboración propia

1) Propuesta de protección solar y aislante térmico de corcho

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 828.47	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,391.43
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	X

Tabla 53. Resumen de cálculo (Propuesta de corcho)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 53, el sistema aislante de corcho no cumple con los requerimientos de la NOM-020-ENER-2011, por lo tanto, no es un aislante apto para los escenarios del 2050.

2) Propuesta de protección solar y aislante térmico de celulosa

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 770.95	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,333.91
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 54. Resumen de cálculo (Propuesta de celulosa)

Fuente: Elaboración propia

El sistema de aislante a base de celulosa cumple con los requerimientos de la Norma, por lo tanto es un material que se puede utilizar en el escenario 2050. La diferencia entre el edificio proyecta y de referencia es muy pequeña, sin embargo, es aceptable para el ahorro energético.

3) Propuesta de protección solar y aislante térmico de lana

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 788.13	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,351.09
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 55. Resumen de cálculo (Propuesta de lana de oveja)

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, se identifica que el aislante a base de lana de oveja, cumple con los requerimientos establecidos en la Norma, por lo tanto se considera un sistema aislante eficaz para el escenario 2050. De tal manera que garantiza la inversión del aislante hasta 50 años.

4) Propuesta de protección solar y aislante térmico de lino

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 784.99	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,347.95
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 56. Resumen de cálculo (Propuesta de lino)
Fuente: Elaboración propia

5) Propuesta de protección solar y aislante térmico de lana mineral

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 755.54	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,318.50
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) <input checked="" type="checkbox"/>	No ($\Phi_r < \Phi_p$) <input type="checkbox"/>	

Tabla 57. Resumen de cálculo (Propuesta de lana mineral) Fuente: Elaboración propia

Este sistema aislante de lana mineral cumple con los requerimientos establecidos por la Norma, además es el aislante con mayor rendimiento, ya que se registra la mayor diferencia entre la ganancia de calor del edificio de referencia y el proyectado, por lo tanto es el aislante que genera mayor ahorro energético.

6) Propuesta de protección solar y aislante térmico de poliestireno

Resumen de Cálculo			
Presupuesto energético			
	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$ $\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$ (W)
Referencia	(Φ_{rc}) 631.05	(Φ_{rs}) 731.36	(Φ_r) 1362.41
Proyectado	(Φ_{pc}) 769.24	(Φ_{ps}) 562.96 pmt 10	(Φ_p) 1,332.19
5.2 Cumplimiento			
	Si ($\Phi_r > \Phi_p$) X	No ($\Phi_r < \Phi_p$)	

Tabla 58. Resumen de cálculo (Propuesta de poliestireno) Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Todas las propuestas de aislantes térmicos a excepción del corcho, cumplen con los requerimientos de la NOM-020-ENER-2011, siempre y cuando estén acompañadas de protecciones solares, de lo contrario no funcionarán al 100%. En la tabla siguiente se muestran el resumen de los aislantes térmicos para el escenario del 2050.

	PROTECCIÓN SOLAR	 AISLANTE TÉRMICO	FACTIBLE
Propuesta 1	SI	Corcho	NO
Propuesta 2	SI	Celulosa	SI
Propuesta 3	SI	Lana	SI
Propuesta 4	SI	Lino	SI
Propuesta 5	SI	Lana mineral	SI
Propuesta 6	SI	Lámina de Poliuretano (unicel)	SI

Tabla 59. Resumen de cálculo Fuente: Elaboración propia

4.4 CRITERIOS DE REPLICABILIDAD

“La replicabilidad de las soluciones bioclimáticas, por su potencial de repetición, se convierte entonces en una condición de esta arquitectura sostenible”. (Stangno B., 2012)

Para que un proyecto tenga mayor trascendencia en la sociedad, es necesaria su replicabilidad. De esta manera, se podrán obtener un mayor número de beneficiados, los cuales respaldarán el proyecto.

Por lo anterior, fue necesario determinar criterios que podrán evaluar la replicabilidad de las soluciones bioclimáticas, y de esta manera, considerar la factibilidad de la misma. Es importante mencionar que la replicabilidad se podrá dar, siempre y cuando, las viviendas cumplan con características similares a la vivienda analizada en el proyecto, (sistemas constructivos, tipología, orientación), de lo contrario será menos probable la factibilidad de las propuestas.

1) Análisis del edificio

- **Ubicación:** Es importante determinar la ubicación del fraccionamiento, de él depende en gran medida el comportamiento climático de la zona de estudio. El clima preferentemente debe de ser Cálido subhúmedo, Bioclima: Templado húmedo y el entorno, urbano.
- **Orientación:** Este criterio es fundamental, ya que de él dependerá el asoleamiento y ventilación que recibe la vivienda. Preferentemente las fachadas con orientación noroeste y sureste. De no contar con esta orientación, se podrá seguir con la metodología planteadas en este proyecto.
- **Entorno natural y urbano:** Es importante determinar si existen áreas verdes, vegetación, espacios abiertos, topografía y configuración del fraccionamiento.

2) Características de las viviendas

- **Tipología:** La tipología es uno de los criterios más importantes a tomar en cuenta, ya que de no contar con la tipología similar, no se podrá realizar la replicabilidad.
- **Dimensión, altura:** Para que sea más fácil la replicabilidad es necesario que las dimensiones y alturas sean similares, de no ser así, de igual manera se podría replicar, pero tomando en cuenta esta diferencia.

- **Materiales y Sistema constructivo:** Los materiales y sistemas constructivos determinan en gran medida el comportamiento térmico de la envolvente, por ello, es importante que sea muy similar.
- **Orientación:** Preferentemente fachadas con orientación noroeste y sureste.
- **Configuración del conjunto próximo a la vivienda:** Es importante, identificar elementos próximos a la vivienda, como árboles, áreas verdes, colindancias con viviendas, etc...

Análisis solar

Para poder realizar un análisis solar y replicar las propuestas de protección solar se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

- Ubicar problemas de sobrecalentamiento
- Analizar la protección existente en ventanas (marquesinas)
- Analizar la orientación de las ventanas
- Materiales de ventanas

Análisis de ventilación

- Ubicar problemas de ventilación
- Orientación de ventanas
- Dirección de vientos dominantes
- Obstrucción del viento por elementos verticales.

3) Análisis del usuario.

- **Satisfacción del usuario:** Determinar si el usuario percibe algún problema de malestar térmico en la vivienda. Esto se puede hacer por medio de encuestas, entrevistas o dinámicas participativas.

4) Aplicación del proyecto

Una vez que se determina la factibilidad del proyecto para ser replicado de acuerdo a las condiciones anteriores, se debe de tomar en cuenta la disponibilidad de los materiales y mano de obra de la misma. En este proyecto se propusieron soluciones de fácil acceso.

- Materiales disponibles
- Mano de obra especializada.
- Inversión por parte de los usuarios.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el estudio y análisis del entorno climático, y prácticas de diseño bioclimático, ha sido posible realizar un proyecto de adecuación bioclimática en una vivienda de interés social; con el fin de mejorar las condiciones de confort térmico de sus ocupantes, todo ello sin el apoyo de sistemas de climatización artificial como el aire acondicionado. De esta manera disminuir el consumo de energía eléctrica y emisiones de CO₂ producido por el consumo energético.

Para responder nuestra pregunta de investigación que dice: ¿Cuál será la manera más eficiente de lograr el confort térmico en viviendas unifamiliares de interés social ya existentes en el fraccionamiento Valle del Country, Tepic, Nayarit, 2014-2016? Podemos mencionar que mediante la utilización de gráficas solares y mascarilla de sombras se logró el diseño de protecciones solares, las cuales fueron capaces de reducir el asoleamiento directo al interior de la vivienda. De esta manera disminuir la ganancia de calor para optimar el confort térmico.

Para mejorar la ventilación natural dentro de la vivienda, fue necesario implementar algunas estrategias de diseño bioclimático como: la ventilación cruzada o el efecto chimenea, el objetivos de estas estrategias es inducir la ventilación proveniente de los vientos dominantes (noroeste), introducirlos a la vivienda, y generar un constante movimiento del viento. De esta manera, mejorar las condiciones de confort térmico. La simulación de dichas adecuaciones se realizó con el programa *Ecotect Analysis*, permitiendo visualizar la correcta aplicación y funcionamiento de las estrategias.

Por último, se analizó el comportamiento térmico de la envolvente mediante la Norma de evaluación energética, dando como resultado, una notoria deficiencia en la ganancia de calor por radiación. Es decir, se necesita protección solar en ventanas. El edificio actualmente genera un consumo de 1,593W, sin embargo, las propuestas de protección solar hacen que se reduzca a 1,356 W, obteniendo de esta manera una reducción del 237 W, equivalente al 15%. Esto datos se pudieron comprobar mediante la Norma, NOM-020-ENER-2011. Por lo tanto, concluyo que las tres estrategias logran mejorar las condiciones de confort térmico, sin embargo, la más eficiente en este caso es la protección solar.

Es importante mencionar que de acuerdo a la Norma de evaluación energética, se determinó que utilizando protecciones solares en ventanas con orientación este y oeste, es suficiente para disminuir la ganancia de calor en la vivienda, comparado con el edificio de referencia. Sin embargo, esta diferencia es muy pequeña, por lo tanto si se llegarán a presentar un aumento de temperatura debido a situaciones externas como al cambio climático, esta estrategia no sería suficiente, teniendo de recurrir a otras propuestas de diseño.

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), se prevé que para el año 2020 la temperatura se incrementará de 0.6 a 1.2°C, en el estado de Nayarit. Este escenario señala que dentro de tres años más, será necesario implementar aislantes térmicos que ayudan a sobrellevar el aumento de temperatura, ya que las protecciones solares no serán suficientes.

Por lo anterior, se buscó complementar las propuestas de protección solar con algún sistema de aislamiento térmico como: la lana de oveja, lino, corcho, celulosa, lana mineral y poliestireno expandido. La gran mayoría de los aislantes propuestos son de origen natural, ya que se busca incentivar el uso de materiales que impacten lo menos posible al medio ambiente, sin embargo, también se analizan materiales con algún proceso químico, o que son derivados del petróleo. La intención es evaluar y comparar cada sistema aislante por medio de la técnica de decisión multicriterial participativa, y determinar el mejor sistema aislante. Dicho análisis permitirá conocer la factibilidad del sistema aislante tomando en cuenta criterios económicos, sociales y ambientales.

Cada una de las propuesta fue evaluada mediante la NOM-020-ENER-2011, concluyen que, los seis sistemas de aislante térmico cumplen con los requerimientos de la Norma, por tal motivo se pueden aplicar en la vivienda. La lana mineral posee el mejor desempeño energético, seguido del poliestireno, en tercer lugar la celulosa, la lana de oveja y lino en cuarto lugar y por último el corcho.

Para la evaluación de los sistemas aislantes, fue necesaria la implementación de la metodología de decisión multicriterial participativa, en ella se evalúan los 5 criterios económicos, sociales y ambientales. Esta metodología determinó que el sistema aislante

más sustentable es la lana mineral, ya que en los tres ámbitos (económico, social y ambiental) posee una alta ponderación.

Considero que este proyecto ayuda a mejorar las condiciones térmicas al interior de la vivienda, a su vez, reduce el consumo de energía eléctrica al dejar de implementar aparatos de climatización, de la misma manera se evita el gasto por adquirir algún equipo y el mantenimiento del mismo.

La única manera de conocer el resultado final, es implementando dichas adecuaciones de manera real y así poder generar modelos o procedimientos que se puedan replicar para crear mayor número de soluciones basados en la arquitectura bioclimática.

Es importante mencionar que la viviendas analizada, contaba con un sistema aislante en la losa, sin embargo, a pesar de ellos, tenía problemas de discomfort térmico debido a la falta de protección solar en ventanas.

Dentro de la investigación, fue necesario implementar diferentes programas, sistemas y metodologías que ayudarán a conocer el comportamiento térmico de la envolvente en la vivienda analizada, siendo la Norma de eficiencia energética la más efectiva.

Resumen de contribuciones

- Todas aquellas ventanas con orientación noroeste, deben de estar protegidas de la incidencia solar, de lo contrario tendrá problemas de ganancia de calor por radiación directa.
- En la ciudad de Tepic son imprescindibles las protecciones solares en ventanas.
- Los sistemas aislantes pueden ser insuficientes, sino se protegen las ventanas de la incidencia solar
- Los sistemas aislantes naturales, son muy difíciles de encontrar en México, aun no se abre el mercado a estos sistemas, por lo que suelen ser costos.
- Los sistemas aislantes colocados al exterior, son menos efectivos que los instalados al interior, esto en viviendas ya construidas.

- En construcciones futuras será necesario incrementar la altura, ya que se espera un incremento de temperatura para la ciudad de Tepic, y será necesario implementar sistemas aislantes térmicos.

Investigaciones futuras

- Aplicar la metodología que permita replicar las adecuaciones planteadas en este proyecto en viviendas que cumplan con características muy similares
- Realizar diferentes proyectos de adecuación bioclimática en diferentes regiones del país.
- Comprobación práctica de las soluciones propuestas para comparar resultados teóricos con los reales.

Anexos 1. Guión de entrevista

**Entrevista N° 1
ENTREVISTA PARA AMAS DE CASA DEL FRACC. VALLE DEL COUNTRY**

Entrevistado: _____
Ocupación: _____ Edad: _____
Dirección y teléfono de contacto: _____
Lugar: _____
Fecha: _____ Hora: _____

1. ¿Cuál es su ocupación? _____
2. ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en su hogar? _____
3. Me podría mencionar ¿cuántas personas viven en su hogar, las edades y ocupaciones de los integrantes?

- 4.-Me podría mencionar ¿Cuáles son las actividades que se realizan en su vivienda, en que horarios y cuáles son los espacios en donde se realizan más actividades?

- 5.-Hábleme de la temperatura en el interior de su vivienda durante las diferentes épocas del año y durante el día:

- 6.- ¿Cuáles son los espacios más calientes y más fríos de su hogar y dónde se sienten más cómodos?

- 7.- ¿Hay espacios en su hogar, que no está ventilados correctamente? ¿Cuáles son?

- 8.-En promedio ¿cuánto gasta al mes en energía eléctrica?

- 9.- ¿Cuáles es su opinión con respecto al gasto de energía eléctrica?

- 10.- ¿Está conforme con su vivienda? ¿cuál es su opinión sobre ella?

- 11.- ¿Le gustaría realizar modificaciones en su vivienda para que ésta sea más confortable y ventilada en el transcurso del día?

12.-Usted ¿Estaría dispuesto a invertir en su hogar si obtuviera algún ahorro en la factura eléctrica?

13.- ¿Cuáles serían las dificultades por las cuales usted no pudiera realizar modificaciones en su vivienda?

14.- ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir para realizar modificaciones en su vivienda y mejorar el ambiente al interior (temperatura, ventilación)?

15.- ¿Qué lo motivaría más a realizar las modificaciones? El ahorro, el cuidado al medio ambiente, el gusto por ser autosuficiente.

16.- ¿Cuál es su opinión sobre el cuidado al medio ambiente?

17.- ¿Le gustaría agregar algún otro punto y opinión? ¿ Cuáles?

Entrevista N° 2
ENTREVISTA PARA DELEGADA DE INFONAVIT en Nayarit.

Entrevistado: _____

Ocupación: _____ Edad: _____

Dirección y teléfono de contacto: _____

Lugar: _____

Fecha: _____ Hora: _____

1. ¿Cuánto tiempo tiene trabajando en este puesto?

2. Para usted, ¿qué características de habitabilidad debería contar una vivienda de interés social?

3. ¿Qué tipos de créditos otorga el INFONAVIT?

4. ¿Qué tipos de créditos se otorgan para remodelación de viviendas ya existentes?

5. Cuando se gestiona un crédito para remodelar una vivienda ¿Generalmente lo utilizan para ampliar y tener mayor espacio, o para modificar la vivienda para que mejore su confort térmico?

6. Antes de otorgar un crédito para construir o remodelar una vivienda, ¿el INFONAVIT solicita parámetros bioclimáticos o sustentables para poder otorgarlo? ¿Cuáles?

7. ¿Qué entiende por sustentabilidad en la vivienda?

8. ¿Existen fondos de financiamiento para promover la sustentabilidad en la vivienda, en cuestión de energía, agua y confort térmico? ¿Cuáles?

9. ¿Qué es la Hipoteca Verde?

10. El crédito de Hipoteca Verde ¿puede otorgarse contemplando solo los dispositivos de ahorro de energía y de agua?

11. ¿Cree pertinente para INFONAVIT, otorgar créditos para adecuaciones bioclimáticas en vivienda de interés social y para conjuntos habitacionales ya existentes?

12. ¿Existe algún tipo de crédito o programa para promover la adecuación sustentable y/o bioclimática en viviendas ya construidas? ¿Cuáles?

13. Actualmente, ¿existen criterios o condiciones bioclimáticos en el diseño de nuevos desarrollos habitacionales ¿Cuáles?

14. ¿Tiene el INFONAVIT contemplado en sus programas de sustentabilidad a los conjuntos habitacionales ya construidos? ¿Cuáles y de qué manera?

15. ¿Cuál es su opinión acerca de diseñar un modelo de captación de aguas pluviales para edificios existentes de INFONAVIT para preservar las reservas hídricas municipales y asegurar su abastecimiento de manera alternativa?

16. ¿Existe la manera de promover un proyecto para vivienda de interés social así como de conjuntos habitacionales de INFONAVIT en materia de sustentabilidad, bioclimatismo y eficiencia hídrica?

17. ¿Existe alguna información que quiera agregar para finalizar la entrevista?

Entrevista N° 3
ENTREVISTA PARA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: EMPRESA CONSTRUCTORA

Entrevistado: _____
Ocupación: _____ Edad: _____
Dirección y teléfono de contacto: _____
Lugar: _____
Fecha: _____ Hora: _____

1. ¿Cuánto tiempo tiene trabajando en esta empresa constructora?
2. Para usted, ¿qué características y habitabilidad debería contar una vivienda de interés social?
3. ¿Utilizan lineamientos bioclimáticos para realizar prototipos de vivienda de interés social?
¿Cuáles son?
4. ¿En qué normativa se basan para diseñar las viviendas de interés social?
5. ¿Creen conveniente o viable la adecuación bioclimática en viviendas de interés social, ya construidas?
6. ¿Qué entiende por sustentabilidad en la vivienda?

7. ¿Considera que son sustentables las viviendas que construye esta empresa? ¿Por qué?

8. La empresa constructora ha realizado adecuaciones bioclimáticas en viviendas ya construidas? Ejemplo: Modelo de captación de agua de lluvia

9. Si existiera un programa de gobierno que llevará a cabo esta propuesta ¿lo llevarían a cabo?

10. ¿Existe alguna información que quiera agregar para finalizar la entrevista?

Anexos 2. Guión de encuesta

FORMATO DE ENCUESTA

Número de encuesta: _____ Encuestador: _____
Dirección: _____ Orientación de la vivienda: _____
Fecha: _____ Lugar: _____

1.- ¿Vive usted en esta vivienda o fraccionamiento?

Sí No

2.- ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en la vivienda? (De escala ordinal)

Menos del año De 5 a 10 años
 De 1 y 2 años Más de 10 años
 De 2 a 5 años

3.- ¿Cuántas personas habitan en esta vivienda?

Menos de dos usuarios Cinco usuarios
 Tres usuarios Más de seis usuarios
 Cuatro usuarios

Confort

4.- Se encuentra satisfecho con su vivienda con respecto a:

	Sí	No
Tamaño de sus espacios		
Ventilación natural		
Temperatura interior		

5.- ¿Su vivienda presenta problemas de altas temperatura en el transcurso del día (durante alguna época del año)?

Sí No

6.- ¿A qué hora del día se presentan mayores problemas de alta temperatura en el interior de la vivienda? (De respuesta múltiple)

Madrugada (12:00-6:00) Mañana (6:00-11:00)

- Medio día (11:00 – 16:00)
- Tarde (16:00-19:00)

- Noche(19:00-12:00)

7.-¿En qué espacios de su hogar se presentan mayores problemas de altas temperaturas durante el día? (De respuesta múltiple)

- Sala-Comedor
- Cocina
- Baño

- Recamara Frontal
- Recamara Posterior
- Otros

8.-¿Su vivienda presenta problemas de bajas temperaturas en el transcurso del día (durante alguna época del año)? (Dicotómicas)

- Si
- No

9.-¿A qué hora del día se presentan mayores problemas de bajas temperaturas en el interior de la vivienda? (De respuesta múltiple)

- Madrugada (12:00-6:00)
- Mañana(6:00-11:00)
- Medio día (11:00 – 16:00)

- Tarde (16:00-19:00)
- Noche(19:00-12:00)

10.-¿En qué espacios de su hogar se presentan mayores problemas de bajas temperaturas durante el día? **(De respuesta múltiple)**

- Sala-Comedor
- Cocina
- Baño

- Recamara Frontal
- Recamara Posterior
- Otros

11.-¿Su vivienda presenta problemas de ventilación natural en el interior?

- Si
- No

12.-¿ Qué espacios de su vivienda tiene problemas de ventilación natural? (De respuesta múltiple)

- Sala- Comedor
- Cocina
- Recamara Frontal

- Recamara Posterior
- Baño
- Otros

Mantenimiento y Gastos

13.- ¿Cuál es el gasto promedio mensual que se tiene en la vivienda con respecto a

energía eléctrica?

Bajo (Menor de \$200)

Alto (Mayor a \$400)

Medio (Entre \$200 y \$400)

14.- ¿En verano, nota un mayor consumo de energía eléctrica en su recibo? (Dicotómicas)

Si

No

Hábitos en sustentabilidad ambiental

15.-En su vivienda cuenta con dispositivos ahorradores como:

	Si	No
Calentador solar		
Llaves ahorradoras de agua		
Sanitarios ecológicos		
Focos ahorradores		

Modificaciones en su vivienda.

16.-¿Por qué motivo ha realizado modificaciones en su vivienda? **(De respuesta múltiple)**

Ampliar, y tener mayor espacio

Para tener mayor ventilación en la vivienda

17.-¿Qué tan dispuesto estaría en realizar modificaciones a su vivienda, si obtuviera ahorros económicos en energía eléctrica y mejores condiciones de temperatura al interior de la vivienda?

Totalmente dispuesto

Algo dispuesto

Nada dispuesto

18.- ¿Qué le motivaría más a realizar las modificaciones? (De respuesta múltiple)

- Ahorros económicos en energía eléctrica
- Mejorar las condiciones de temperatura al interior de su vivienda
- Cuidar el medio ambiente

19.- Comentarios adiciones que desee agregar

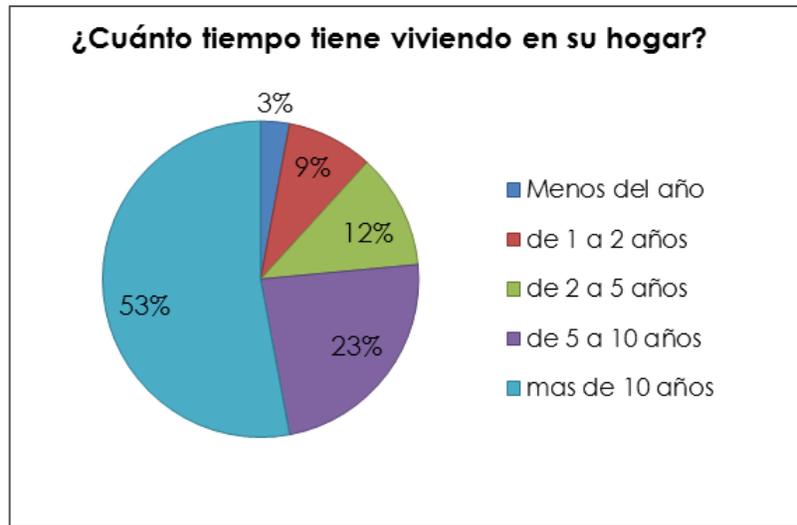
Anexos 3. Resultados de encuesta

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS
Gráficas Pastel

A continuación se muestran los resultados obtenidos por las encuestas realizadas.

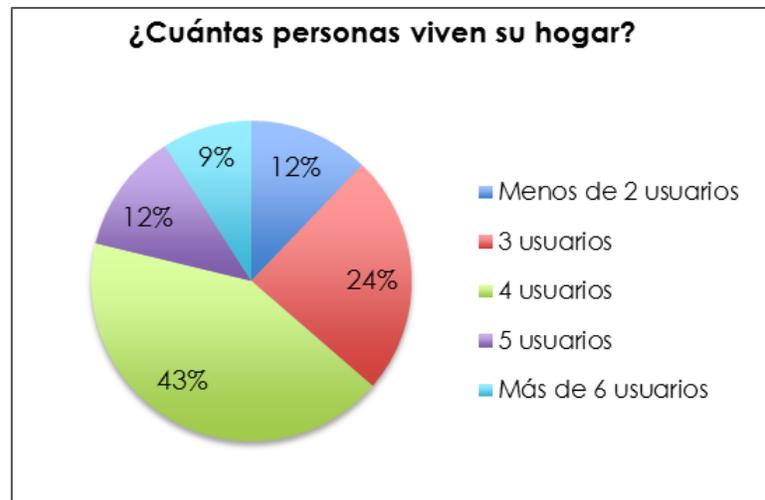
2. ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en su hogar?

R. Se identificó que más del 50% de los habitantes residen en su vivienda hace más de 10 años. El 23% reside en sus viviendas entre 5 y 10 años. Y el 24% tiene menos de 5 años viviendo en el fraccionamiento.



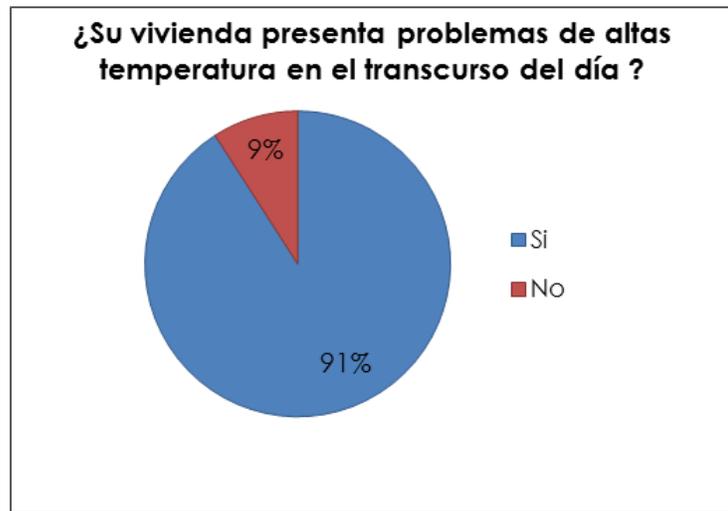
3. ¿Cuántas personas viven su hogar?

R. Se observa que el 43% de las familias encuestados están constituidas por 4 integrantes, señalando que esta es el mayor porcentaje. Seguido de las viviendas con 3 integrantes con un 24%. El menor porcentaje es para las familias con más de 6 integrantes.



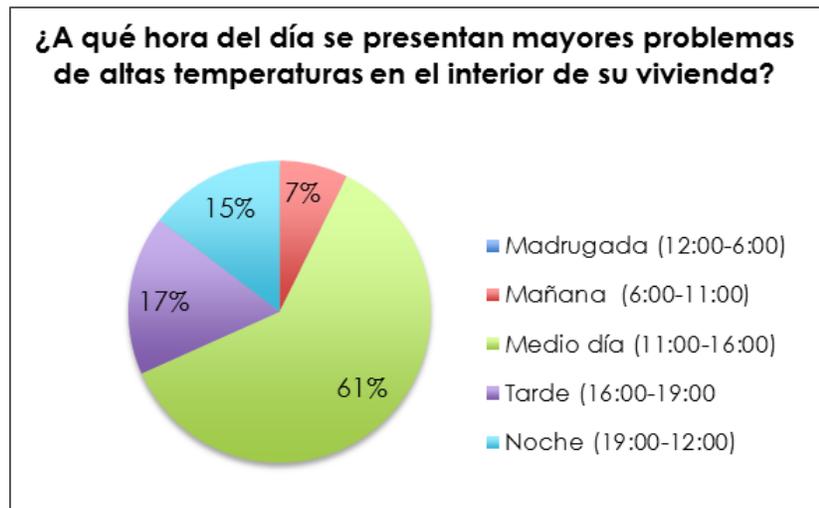
5.-¿Su vivienda presenta problemas de altas temperatura en el transcurso del día (durante alguna época del año)?

R. El 91% de los encuestados dicen tener problemas de altas temperaturas en alguna época del año, mientras el 9% dice que no es así.



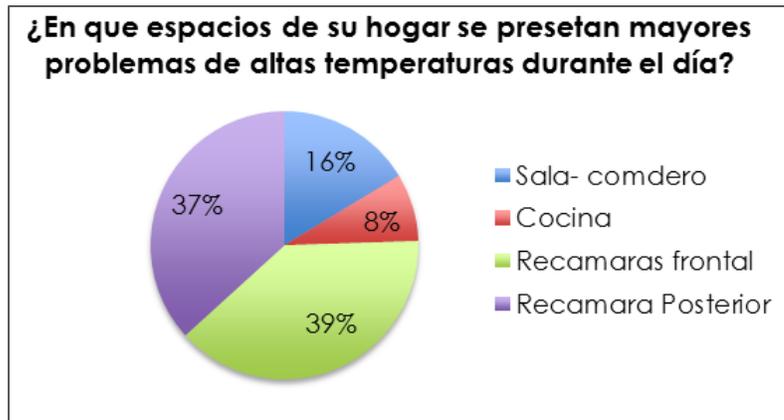
6.-¿A qué hora del día se presentan mayores problemas de alta temperatura en el interior de la vivienda? (De respuesta múltiple)

R. El 61% de los encuestados dice sentir más calor al medio día (11:00-16:00). Seguido con el 17% que dice sentir más calor por la tarde (16:00-19:00) y con un 15% dice sentir más calor por las noches.



7.- ¿En qué espacios de su hogar se presentan mayores problemas de altas temperaturas durante el día? (De respuesta múltiple)

R. El 39% los encuestados dicen sentir más calor en la recámara frontal, mientras el 37% dice sentir más calor en la recamara posterior. Con estos datos puedo concluir que la recamaras dependiendo de su orientación, son las que presentan mayores problemas de calentamiento. Seguido se encuentra la sala-comedor con un 16%.



8.- ¿Su vivienda presenta problemas de bajas temperaturas en el transcurso del día (durante alguna época del año)?

R. El 70% de los encuestados, dice sentir temperaturas bajas en su vivienda en alguna época del año. Mientras que un 30% dice que no.



9.- ¿A qué hora del día se presentan mayores problemas de bajas temperaturas en el interior de la vivienda? (De respuesta múltiple)

R. El 53% de los encuestados dice sentir bajas temperaturas por la madrugada, seguido de la noche con un 40%. Y por último el 7% dice sentir en la mañana. Se observó que en el transcurso del día y la tarde, los encuestados no sienten bajas temperaturas.



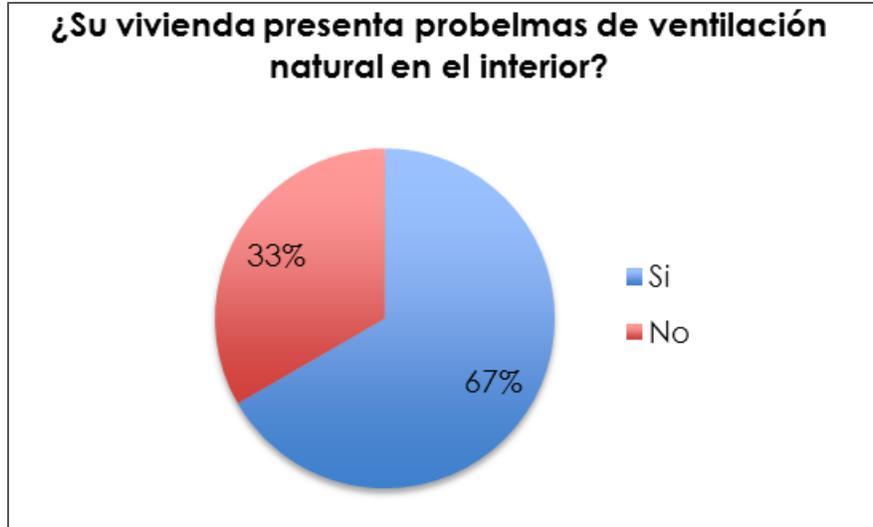
10.- ¿En qué espacios de su hogar se presentan mayores problemas de bajas temperaturas durante el día? (De respuesta múltiple)

R. El 33% de los encuestados menciono sentir mayores problemas de bajas temperaturas en la Sala-comedor, el 50% en las recamaras y por último el 17% en la cocina.



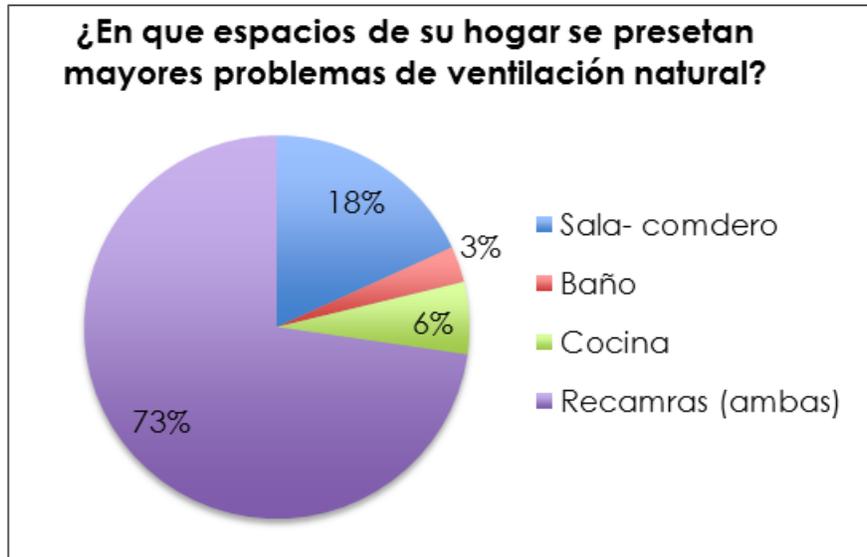
11.- ¿Su vivienda presenta problemas de ventilación natural en el interior?

R. El 67% de los encuestados dice tener problemas de ventilación en su hogar, mientras el 33% dice que no es así.



12.- ¿Qué espacios de su vivienda tiene problemas de ventilación natural? (De respuesta múltiple)

R. El 73% de los encuestados mencionaron que las recamaras de la vivienda son los espacios que presentan menos ventilación.



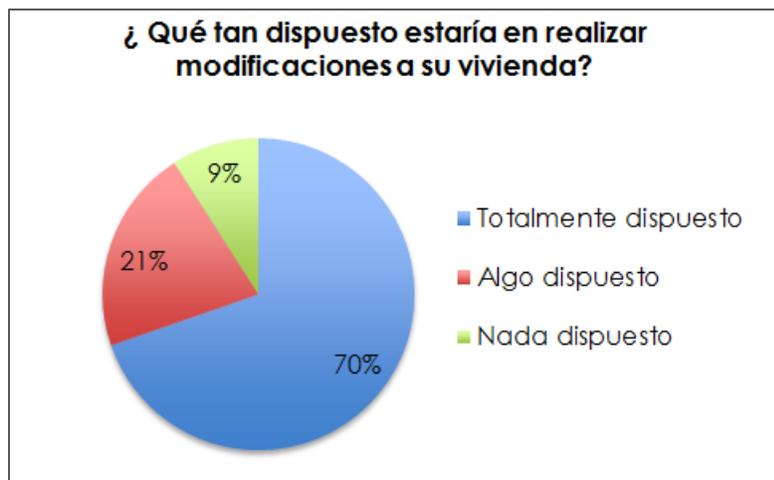
15.-En su vivienda cuenta con dispositivos ahorradores como: calentadores solares, llaves ahorradoras, sanitarios ecológicos y focos ahorradores.

R. Ninguna vivienda tiene calentador solar, mientras que solo el 4% de los encuestados dice tener llaves ahorradoras, el 6% cambio los sanitarios por sanitarios ecológicos y el 90% tiene focos ahorradores.



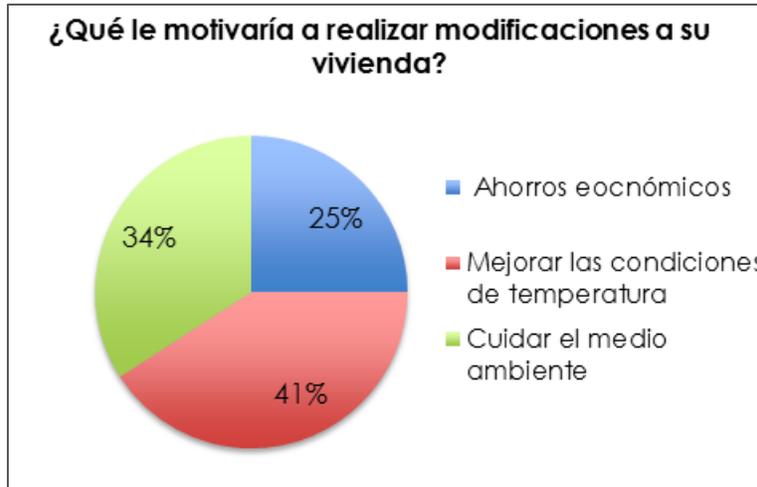
17.-¿Qué tan dispuesto estaría en realizar modificaciones a su vivienda, si obtuviera ahorros económicos en energía eléctrica y mejores condiciones de temperatura al interior de la vivienda?

R. El 70% de los encuetados menciona que estaría totalmente de acuerdo en realizar modificaciones a su vivienda si obtuviera beneficios económicos, además de mejorar las condiciones de temperatura en su vivienda. El 21% estaría algo dispuesto. Esto por cuestiones económicas. Y el 9% no estaría dispuesto a invertir.



18.-¿Qué le motivaría más a realizar las modificaciones? (De respuesta múltiple)

R. El 41% de los encuestados mencionan que realizarían las modificaciones por mejorar las condiciones de temperatura en hogar, mientras el 34% lo haría por cuidar el medio ambiente y se queda en último lugar con un 25% obtener ahorros económicos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Dubose, C. & Delgado Castillo, C. (2012). *Diseño y Construcción sostenible: realidad ineludible*. México: Universidad iberoamericana.

Arias Orozco, S. & Ávila Ramírez, D. (2004). *Diseño Bioclimático de la arquitectura*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

Barrera Paredes, O. & Alonso Navarrete, A. (2013). *Diseño y Evaluación de edificios sustentables*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Bazant, J. (2012). *Hacia un desarrollo Urbanos sustentable*. México: Limusa.

Bernal, F. & Ibarguengoitia, D. (2012). *Confort Ecológico*. En C. Aguilar Dubose & C. Delgado Castillo (Ed.), *Diseño y Construcción sostenible: realidad ineludible*. (pp. 105-107) México: Universidad iberoamericana.

Brundtland. (1987). *Our common future*. Oxford University Press. Recuperado de: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> (Fecha de consulta 11 de noviembre de 2014).

Bojórquez Báez, I. (2009). *Las casas vivas proyectos arquitectura sustentable*. México: Trillas.

Carrasco, C. & Morillón, D. (2004) *Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula*. Instituto de ingeniería-UNAM. 8(1), ISSN 0329-5184. Recuperado de: <http://www.asades.org.ar/modulos/averma/trabajos/2004/2004-t005-a017.pdf> (Fecha de consulta 9 noviembre de 2014).

Edwards, B. (2010). *Rough Guide to Sustainability*. Londres: RIBA.

Farrás Pérez, L. (2012). *Exteriores ecológicos, 50 soluciones para un hogar más sostenible*. Barcelona: Promopress.

Fernández Zayas, J. L. & Estrada-Cajigal, V. (1983). *Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana*. México: Instituto de Ingeniería- UNAM.

Fuentes Fraixanet, V. (2004). *Clima y arquitectura*. México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

Fuentes Freixanet, V. (2012). *Arquitectura pasiva*. En C. Aguilar Dubose & C. Delgado Castillo (Ed.), *Diseño y Construcción sostenible: realidad ineludible*. (pp. 102- 104) México: Universidad iberoamericana.

Fuentes Freixanet, V. (2013). *Diseño y Evaluación de edificios sustentables*. México: Universidad Autónoma Metropolitana. [720.47 SEM2012]

Garzón, B. (2012). *Arquitectura sostenible bases, soportes y casos demostrativos*. Bogotá: De la U.

González Díaz, M. (2004). *Arquitectura Sostenible y aprovechamiento solar*. Madrid: Publicaciones técnicas.

Lacomba, Ruth. (2009). *Las casas vivas proyectos arquitectura sustentable*. México: Trillas.

Maza Rodríguez, C. (2002). *Diagnóstico y adecuación bioclimática para el edificio de oficinas del FIGMA en la ciudad de Manzanillo*. (Tesis de maestría, universidad de Colima) Recuperado de http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/Carlos%20Hugo%20Maza%20Rodriguez%20MAESTRIA.pdf (Fecha de consulta 14 noviembre de 2014)

Moreno Coronado, T. et al. (2012). *Eficiencia energética*. México: Terracota.

Morillón, Gálvez, D. (1993). *Bioclimática sistemas pasivos de climatización*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara

Morillón Gálvez, D. (2012). *Generación de energía*. En C. Aguilar Dubose & C. Delgado Castillo (Ed.), *Diseño y Construcción sostenible: realidad ineludible*. (pp. 81- 84) México: Universidad iberoamericana.

Neale, J. (2006). *Como detener el calentamiento global*. España: El viejo topo.

Núñez Carrasco, R., Aramburu Gaviola F. & Botrán Rodríguez-Rey, C. (2012). *Bioclimática, sostenibilidad y ahorro de energía: Manual de técnicas de acondicionamiento térmico*. Madrid: CEU.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y clima manual de diseño bioclimático para arquitectos urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gil.

Padilla Galicia, S. & Fuentes Freixanet, V. (2012). *Habitad Sustentable*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Rodríguez Viqueira, M. et al. (2005). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México: Limusa.

Ruano, M. (2010). *Un Vitruvio ecológico principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible*. Londres: Gustavo Gil.

Serra Florensa, R. & Coch Roura, H. (2001). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Arquitect.

Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Gustavo Gili, SA

Stagno. B. (2012). *Cambio cuántico y transferibilidad*. En C. Aguilar Dubose & C. Delgado Castillo (Ed.), *Diseño y Construcción sostenible: realidad ineludible*. (pp. 37-44) México: Universidad iberoamericana.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). *UNE-EN ISO 7730*.

Ergonomía del ambiente térmico. Recuperado de:

<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0037517#.Vx0yFPnhBdq> (Fecha de consulta: Abril de 2016).

CFE. Comisión Federal de Electricidad. Tarifa domestica, 2016. Recuperado de:

http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2016 (Fecha de consulta: Marzo de 2016).

CONAVI. Comisión Nacional de Vivienda (2013). *NAMA de vivienda existente*.

Recuperado en <http://www.conavi.gob.mx/viviendasustentable> (última fecha de consulta 20 de noviembre de 2014)

CONAVI. (2014). *Programa nacional de vivienda 2014-2018*. Recuperado de:

http://www.conavi.gob.mx/images/documentos/plan_nacional_desarrollo_2013/2014/programa_nacional_de_vivienda_2014-2018.pdf (Fecha de consulta: Abril de 2016).

CONAVI. (2007). Código de Edificación de Vivienda. Recuperado de: <http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/biblioteca/archivos/CEV%20PDF.pdf> (Fecha de consulta: Noviembre de 2015).

FIDE. (2016). Catálogo Fide. Recuperado de: http://www.fide.org.mx/uploads/Materiales_back/CatalogoFide%20Diana-enero%2016-12.pdf (Fecha de consulta: Marzo d 2016).

INECC. Instituto Nacional Ecología y Cambio Climático. (2016). *El Cambio climático en México*. Recuperado de: http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_nayarit.html (Fecha de consulta: Marzo d 2016).

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Inventario Nacional de vivienda*. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/inv/> (Fecha de consulta: Abril de 2016).

INEGI. (2010). Censo de población y vivienda. Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/> (Fecha de consulta: Enero de 2016)

INEGI (2010). Atlas Nacional Interactivo de México. Recuperado de: <http://www.atlasdemexico.gob.mx/mapas3.html> (Fecha de consulta: Abril de 2015).

Ley de Vivienda, Congreso general de los estados unidos mexicanos. (2006).

Secretaría de energía. (2011). *Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltante de edificios para uso habitacional*. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011 (Fecha de consulta: Abril de 2016).

SMN. Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas. Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/> (Fecha de consulta: Agosto de 2015).

UNEP. (2011). SAT. Sustainable Assessment of Technology. Recuperado de: http://www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications/Waste%20Management/IETC_SAT%20Manual_Full%20Doc_for%20web_Nov.2012.pdf (Fecha de consulta: Abril de 2016).