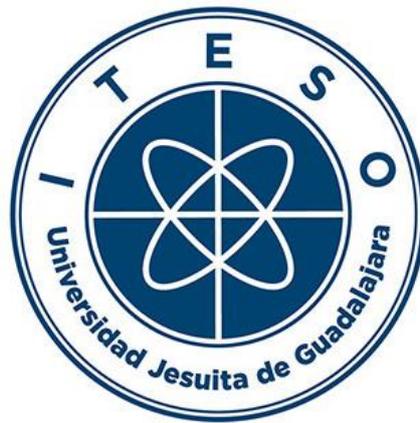


Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

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

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano
Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables



Indicadores de sustentabilidad y escenarios prospectivos para proyectos de vivienda vertical, en segmentos del sector medio de la Zona Metropolitana de Monterrey, Nuevo León

TRABAJO RECEPCIONAL para obtener el **GRADO** de
MAESTRA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: **ARQ. SELENE APARICIO TRUJILLO**

Tutora: **DRA. MARA ALEJANDRA CORTÉS LARA**

Tlaquepaque, Jalisco. Agosto de 2019.

Agradecimientos

Quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme la oportunidad de acceder a estudiar la Maestría de Proyectos y Edificación Sustentables en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO).

También al Departamento de Hábitat y Desarrollo Urbano y maestros del ITESO por su contribución en mi Trabajo de Obtención de Grado (TOG) y desarrollo profesional, mediante clases y asesorías. Así como a todos los involucrados en las entrevistas y dinámicas participativas, las cuales aportan un valor agregado a mi trabajo.

Especialmente a mi tutora la Dra. Mara Alejandra Cortés Lara por su acompañamiento y consejos a lo largo de todo el proceso de desarrollo de mi TOG, que ha sido posible gracias a su apoyo y disposición.

Mis compañeros de estudio que estuvieron presentes en el transcurso de la maestría, por su apoyo, conocimientos, convivencia y amistad.

A mi familia, sobre todo mis padres que, con su ejemplo de superación, perseverancia y su apoyo incondicional me impulsaron desde un inicio para cumplir una meta más. Y a mi novio por su entendimiento, apoyo, inspiración y motivación que estuvieron siempre presentes.

Resumen

La cultura de vivienda horizontal en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) ha demostrado no ser sustentable. La alternativa de vivienda vertical para contrarrestar los impactos que resultan del modelo de vivienda unifamiliar horizontal no soluciona el problema, ya que intenta resolverlo al implementar únicamente elementos bioclimáticos, sin considerar el impacto que tienen este tipo de edificaciones sobre el medio ambiente y sociedad. Otra problemática es que las edificaciones que cuentan con alguna certificación sustentable como LEED, son destinadas para el sector económico alto, que representa únicamente al 2% de la población, a diferencia del sector medio que ronda el 60%.

Por ello, el objetivo de este Trabajo de Obtención de Grado es establecer, mediante una evaluación a un conjunto habitacional vertical considerado como típico en la ZMM, los indicadores sustentables que mejoren las dimensiones ambientales y sociales de la sustentabilidad para un segmento del sector medio de la ZMM, N.L.

Se utilizó una metodología híbrida en nueve etapas: definir perfil de usuario y uso de vivienda, selección y ponderación de indicadores sustentables, análisis y evaluación del sitio y conjunto habitacional vertical típico, selección de estrategias sustentables para la adecuación del proyecto, cotejo del conjunto antes y después de las estrategias que demuestra la reducción de consumos de agua y energía, y emisiones de CO₂ eq a nivel metropolitano, validación de usuarios, propuesta financiera y conclusiones. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron herramientas como investigación documental, observación directa, *focus groups*, método *Delphi*, entrevistas, Bioclimarq²⁰¹⁶, Revit y una matriz de indicadores sustentables.

Palabras clave

Escenarios prospectivos, indicadores sustentables, sector económico medio, sustentabilidad, vivienda vertical.

LGAC

Eficiencia En El Uso De Recursos Naturales Y Energéticos

Abstract

The culture of horizontal housing in the Metropolitan Area of Monterrey (ZMM) has proved unsustainable. Vertical housing alternatives to counteract impacts that result from the horizontal single-family housing model does not solve the problem, since it tries to solve it by implementing only bioclimatic elements, without considering the impact that this type of buildings have on the environment and society. Another problem lies in the fact that the buildings that have sustainable certification such as LEED are destined for the high economic sector, which only represents 2% of the population, unlike the middle economic sector that's around 60%.

Therefore, the objective of this Master's Degree Final Project (MDFP) is to establish through an evaluation of a vertical housing complex considered as typical in the ZMM, the sustainable indicators that improve the environmental and social scopes of sustainability for a segment of the middle sector of the ZMM, N.L.

Hybrid methodology was used in nine stages: define user profile and housing use, selection and weighting of sustainable indicators, analysis and evaluation of the site and typical vertical housing complex, selection of sustainable strategies for the adequacy of the project, comparison of the complex before and after the strategies that demonstrate the reduction of water and energy consumption and CO₂ eq emissions at metropolitan level, user validation, financial proposal and conclusions. For the development of the project, tools such as documentary research, direct observation, focus groups, Delphi method, interviews, Bioclimarq2016, Revit and a matrix of sustainable indicators were used.

Key words

Middle economic sector, sustainability, prospective sceneries, sustainable indicators, vertical housing.

Índice

1. Planteamiento del tema	9
1.1 Delimitación del objeto de desarrollo.....	9
1.1.1 <i>Clima e hidrología</i>	10
1.1.2 <i>Vivienda</i>	12
1.1.3 <i>Cultura</i>	13
1.1.4 <i>Sector inmobiliario</i>	14
1.1.5 <i>Dentro de la sustentabilidad</i>	17
1.1.6 <i>Propuestas sustentables en Monterrey, Nuevo León</i>	20
1.2 Descripción de la situación-problema	21
1.3 Importancia del proyecto.....	23
2. Marco teórico	26
2.1 Sustentabilidad	26
2.2 Conjunto habitacional vertical.....	30
2.3 Sector económico medio	32
3. Marco contextual.....	34
3.1 Problemáticas de edificios actuales.....	34
3.2 Estrategias para la construcción sustentable.....	37
3.2.1 <i>Internacional</i>	37
3.2.2 <i>Nacional</i>	39
3.2.3 <i>Selección de indicadores</i>	41
3.3 Mercado meta: Sector medio.....	43
4. Estado del Arte	44
4.1 Sage On Jackson.....	44
4.2 “Buggi 50”	47
4.3 The Prince's Terrace Adelaide.....	49
4.4 Umwelt Haus (Casa del Medio Ambiente)	50
4.5 Comparativa	52
5. Diseño metodológico.....	54
5.1 Supuesto de trabajo	54
5.2 Preguntas generadoras	54
5.3 Objetivos	55
5.4 Postura epistémica.....	55
5.5 Metodología	56
5.6 Selección de técnicas y diseño de instrumentos	59
5.6.1 <i>Guía de observación directa</i>	59
5.6.2 <i>Guía de dinámica participativa (Focus Group)</i>	65
5.6.3 <i>Guía de entrevistas</i>	71
5.6.4 <i>Guía de método Delphi</i>	72

5.6.5	<i>Guía de encuesta (validación de usuarios)</i>	77
5.7	Cuadro de operacionalización de variables	84
5.8	Ruta crítica	86
6.	Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados.....	87
6.1	Síntesis interpretativa de los datos analizados.....	87
6.1.1	<i>Observación directa</i>	87
6.1.2	<i>Dinámica participativa (Focus Group)</i>	91
6.1.3	<i>Método Delphi</i>	96
6.1.4	<i>Encuesta (validación de usuarios)</i>	101
6.2	Hallazgos aprovechables	108
6.3	Diseño aplicativo de la solución.....	110
6.3.1	<i>Proyecto arquitectónico del conjunto habitacional vertical</i>	111
6.3.2	<i>Análisis climático</i>	125
6.3.3	<i>Matriz de indicadores</i>	135
6.3.4	<i>Análisis del conjunto habitacional vertical</i>	137
Sitio y suelo, ubicación y transporte.....	138	
Materiales	141	
Vegetación.....	142	
Energía	142	
Agua	143	
Sociedad, comunidad, áreas de uso común y seguridad.....	148	
Accesibilidad y transporte	150	
Financiamiento y mantenimiento	150	
6.3.5	<i>Análisis de viviendas dentro del conjunto habitacional vertical</i>	151
Energía	152	
<i>Confort térmico interno</i>	153	
<i>Iluminación natural</i>	156	
<i>Ventilación natural</i>	158	
Agua	159	
Accesibilidad y transporte	160	
Financiamiento y mantenimiento	161	
6.3.6	<i>Síntesis de análisis</i>	162
6.3.7	<i>Estrategias sustentables para el conjunto habitacional vertical</i>	164
Sitio y suelo, ubicación y transporte.....	164	
Materiales	164	
Vegetación.....	165	
Energía	166	
Agua	170	
Sociedad, comunidad, áreas de uso común y seguridad.....	177	

Accesibilidad y transporte	178
Financiamiento	180
Mantenimiento.....	184
6.3.8 Estrategias sustentables para las viviendas	186
Energía	187
Confort térmico interno	187
Iluminación natural.....	190
Ventilación natural.....	193
Accesibilidad y transporte.....	193
Financiamiento y mantenimiento	196
6.3.9 Resultados de estrategias sustentables.....	197
6.4 Factibilidad y validación	204
6.4.1 Validación de usuarios y definición de escenarios	205
6.4.2 Factibilidad ambiental	207
6.4.3 Factibilidad económica.....	210
7. Conclusiones y/o recomendaciones.....	219
8. Referencias	227
9. Anexos.....	240
9.1 Reportes de observación directa.....	240
9.2 Entrevistas	240
9.3 Matriz de indicadores	240
9.4 Presupuesto.....	240

Para fines de este proyecto se definen los siguientes conceptos y acrónimos:

AMAI - Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado	MDP - Millones de pesos
AMG - Área Metropolitana de Guadalajara	MMSD - <i>Milwaukee Metropolitan Sewerage District</i>
ASHRAE - <i>American Society Of Heating Refrigerating And Air-Conditioning Engineers</i>	MNTA - Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad
BREEAM - <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology</i>	NAMA - <i>Nationally Appropriate Mitigation Actions</i>
CAS - Coeficiente de Absorción de Suelo	NL - Nuevo León
CETES - Certificados de Tesorería de la Federación	NMX - Norma Mexicana
CFE - Comisión Federal de Electricidad	NOM - Norma Oficial Mexicana
CIPHE - <i>Chartered Institute of Plumbing and Heating Engineering</i>	NSE - Nivel Socio Económico
CMIC - Cámara Mexicana de Ingeniería de Costos	OMS - Organización Mundial de la Salud
CNBV - Comisión Nacional Bancaria y de Valores	ONG - Organización No Gubernamental
CO₂ eq. - Unidad global del potencial de calentamiento global de los diferentes gases invernadero, equivalente en CO ₂	ONU - Organización de las Naciones Unidas
CONAGUA - Comisión Nacional del Agua	Passivhaus - Edificaciones pasivas
CONAPO - Consejo Nacional de Población	PCES - Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables
CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda	PCU - Perímetros de Contención Urbano
COS - Coeficiente de Ocupación de Suelo	PM2.5 - Partículas en suspensión menores a 2,5 micras
CUS - Coeficiente de Uso de Suelo	Potcall - Potencial de Captación de Agua de Lluvia
DEEVi - Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda	PTAR - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
DGNB - <i>Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen</i>	RENE - Registro Nacional de Emisiones
DINKS - <i>Double Income No Kids</i>	RUV - Registro Único de Vivienda
DOF - Diario Oficial de la Federación	SAAVi - Simulación del Ahorro del Agua en la Vivienda
Edge - <i>Excellence in Design for Greater Efficiencies</i>	SADM - Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey
Empty Nesters - Padres cuyos hijos ya no viven con ellos	SBAT - <i>Sustainable Building Assessment Tool</i>
Energy Star - Certificado de eficiencia energética	SCS - <i>Soil Conservation Service</i>
FOVISSSTE - Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado	SEDEMA - Secretaría del Medio Ambiente
FSC - <i>Forest Stewardship Council</i>	SEDUVI - Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda
GBRS - <i>Green Building Rating Systems</i>	SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
GESPV - Guías de edificación sostenible en el País Vasco	SEP - Secretaría de Educación Pública
HVAC - <i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>	SHF - Sociedad Hipotecaria Federal
ICC - Consejo Internacional de Códigos	Sisevive-Ecocasa - Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde
IMPLANc MTY - Instituto Municipal de Planeación y Convivencia de Monterrey	TIR - Tasa Interna de Retorno
INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía	TOG - Trabajo de Obtención de Grado.
INFONAVIT - Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores	TREMA - Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable
ISSFAM - Instituto de Seguridad Social para las Fuerzas Armadas Mexicanas	UANL - Universidad Autónoma de Nuevo León
LEED - <i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>	UMA - Unidad de Medida y Actualización
MDFP - <i>Master's Degree Final Project</i>	UN - <i>United Nations</i>
	UNAM - Universidad Nacional Autónoma de México
	UNEP - <i>UN Environment Programme</i>
	USGBC - <i>U.S. Green Building Council</i>
	VNA - Valor Neto Actual
	VSMM - Veces Salario Mínimo Mensual
	ZMM - Zona Metropolitana de Monterey
	ZMVM - Zona Metropolitana del Valle de México

1. Planteamiento del tema

Aunque el cambio climático y la degradación del medio ambiente son temas que nos afectan a todos y que, inclusive, se pueden observar ejemplos de afectaciones negativas directas debido a la falta de sustentabilidad en nuestro estilo de vida, el desarrollo de las ciudades se centra más en el desarrollo económico que en uno sustentable. “Puesto que las externalidades no entran al ámbito del mercado, no hay suficientes incentivos monetarios para mitigar los efectos negativos o para promover los efectos positivos. El reto para los economistas ambientales, entonces, es encontrar instrumentos para ‘internalizarlas’” (Tetreault, 2008, p.17).

Entendemos las ‘externalidades’ como las consecuencias que tienen ciertas acciones, principalmente económicas, como la explotación de recursos, traslado, compra y venta. Dichos efectos después requieren ser mitigados, pero el costo de estos remedios no se considera dentro del ciclo económico y por lo tanto no se traslada ni a las empresas ni al consumidor final. Esto da lugar a un consumo poco responsable que enmascara el verdadero costo de producción y mitigación de impactos. Al final, este sistema llega a afectar a terceros, quienes no necesariamente se encuentren relacionados con estas actividades.

Ejemplo de externalidades son las emisiones de ‘CO₂ eq’ (unidad global del potencial de calentamiento global de los diferentes gases invernadero, equivalente en CO₂), el calentamiento global y la explotación excesiva de los recursos naturales, en donde los principales afectados son los sectores vulnerables.

En este caso, sería necesario modificar la mentalidad en donde la economía es el factor determinante para la toma de decisiones en cuanto a la construcción de vivienda, para priorizar a la comunidad y el medio ambiente. Y para que eso suceda, se deben de presentar opciones que convengan tanto al inversionista como a la sociedad y al planeta.

1.1 Delimitación del objeto de desarrollo

La investigación para el proyecto del conjunto habitacional vertical sustentable se llevará a cabo en la ciudad de Monterrey, en el estado de Nuevo León, México. En la Ilustración 1 se ubica del lado izquierdo el estado de Nuevo León, al centro se separan las zonas del estado, se

establece la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) en color amarillo, del lado derecho se identifican algunos hitos del municipio de Monterrey, así como la ubicación del proyecto.



Ilustración 1: Ubicación geográfica de Monterrey
Fuente: Elaboración propia

La extensión territorial de Nuevo León es de 64,156 km², está dividido en 51 municipios, representa al 3.27% la superficie total de la república. Específicamente la ZMM tiene una extensión territorial de 6,357 km² y cuenta con una población de 4,437,643 habitantes (INEGI, 2015b).

1.1.1 Clima e hidrología

En cuanto a su tipo de clima, la mayor parte del estado cuenta con un clima seco y extremo. Según los niveles históricos, los promedios de temperatura media anual en la ZMM son de 23°C, la mínima absoluta de 5°C (principalmente en enero), y la máxima de 43°C de junio a agosto. La ZMM tiene una precipitación promedio de 640 mm anuales, con lluvias principalmente en agosto y septiembre. Los vientos dominantes provenientes de oeste y sureste, excepto en invierno, que predominan los del norte, siendo febrero y marzo los meses con mayor fuerza. (González, 2015).

Monterrey es la novena ciudad generadora de CO₂ por consumo eléctrico en la vivienda que representa el equivalente de 1.75 ton/añual por vivienda, después de ciudades como La Paz, Hermosillo y Mexicali. (CONAVI & SEMARNAT, 2008). Lo anterior es solamente una de las causas por las cuales Monterrey figura como la ciudad con mayor contaminación ambiental en México y la novena en Latinoamérica al tener 36 PM_{2.5} (partículas en suspensión de menos de 2,5 micras) en la base de datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011).

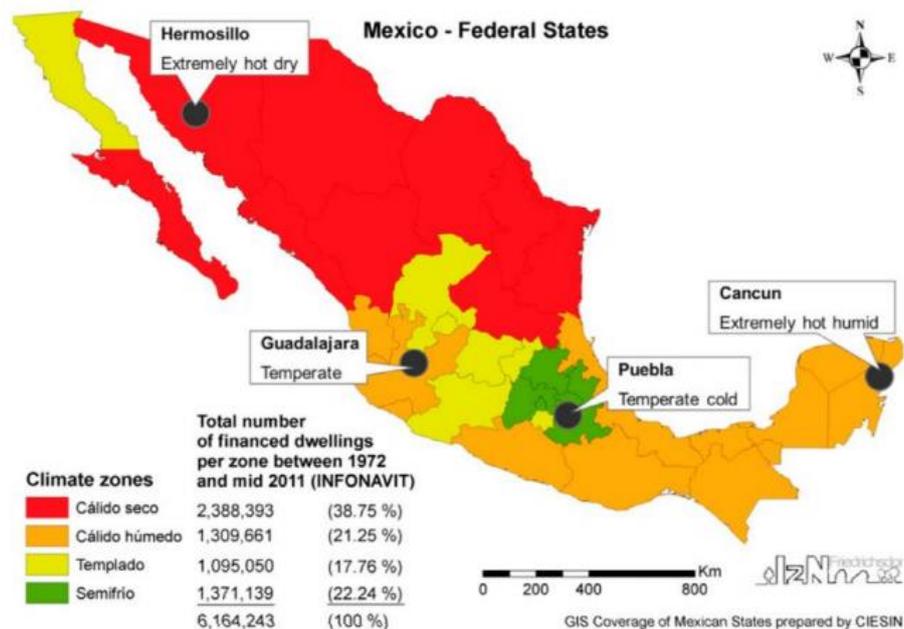


Ilustración 2: Regiones climáticas de México por estado

Fuente: IzN Friedrichsdorf

En la Ilustración 2, utilizada por la NAMA (*Nationally Appropriate Mitigation Actions*) se definen cuatro diferentes zonas climatológicas para realizar diferentes cálculos energéticos relacionados con la norma, donde Nuevo León se encuentra en un clima seco.

En materia hidrológica, actualmente el principal río que cruza la zona es el Río Santa Catarina, que, aun cuando usualmente se encuentra casi seco, durante épocas de lluvias su corriente se convierte en caudalosa, lo que provoca desbordes y serias inundaciones en la ciudad. Aunque para los primeros pobladores el río más importante fue el Río Santa Lucía, esto debido a que fungía como el principal recurso de agua, hoy en día es un lugar turístico debido a los cambios en usos de suelo y a la expansión urbana, el sistema hidrológico de Monterrey se basaba principalmente en mantos acuíferos de diversos municipios (González, 2015).

Actualmente el 55% se basa en las presas y el 45% en agua no superficial (Sánchez, J., Carbajal, F., González, J., Río, O., Gonzalvo, J., García, F., Gutiérrez, D., 2015). Según las Estadísticas del Agua en México, realizadas en el 2007 por la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), la región administrativa VI, en donde está ubicado Nuevo León, cuenta con una disponibilidad de agua extremadamente baja, menor a 1,000 m³/hab (CONAVI & SEMARNAT, 2008).

1.1.2 Vivienda

Si se compara la ZMM con las otras dos áreas metropolitanas más importantes de México, la del Valle de México y la de Guadalajara, la primera cuenta con una baja densidad poblacional de acuerdo con los metros cuadrados totales dentro de los municipios pertenecientes a la metrópoli, la cual es menor que estas otras dos ciudades. Lo que se ve reflejado en el porcentaje de viviendas ubicadas dentro de los Perímetros de Contención Urbano (PCU) y también del de las tipologías de vivienda horizontal y vertical.

Según el reporte temático por estado de oferta y demanda, la mayoría de las viviendas vigentes en RUV (Registro Único de Vivienda) se encuentran ubicadas principalmente en el PCU3. Aparte de establecer que el porcentaje de viviendas fuera de algún PCU es mayor a las que se encuentran dentro del PCU1. Este factor puede encontrarse relacionado no solamente a la oferta de vivienda asequible a las afueras de la zona metropolitana, sino que también a la disponibilidad de vivienda nueva, ya que esta modalidad representa el porcentaje más alto dentro de los créditos y subsidios en organismos como INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores), FOVISSSTE (Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado), Fondeo SHF (Sociedad Hipotecaria Federal), CNBV (Comisión Nacional Bancaria y de Valores), CONAVI (Comisión Nacional de Vivienda), y otros, si se compara con remodelaciones y vivienda usada (CONAVI, 2018).

Aunado a esto, la gran extensión territorial disponible para urbanización fomenta la construcción de vivienda horizontal, lo que se proyecta con el 96% de viviendas horizontales con las que cuenta Nuevo León, mientras que en el resto de la república el promedio es 23% menor (RUV, 2019).

1.1.3 Cultura histórica

No solamente la disponibilidad del territorio y oferta de vivienda horizontal crean un aumento en la demanda de esta tipología, sino que también se observa la influencia de los patrones culturales históricos de uso del espacio y la construcción de vivienda.

Como se menciona en el libro *Burguesía y capitalismo en Monterrey 1850-1910*, por Mario Cerutti (2006), después del cambio en la frontera entre el territorio de México con el de Estados Unidos, y durante los años de gobierno de Vidaurri entre 1855 y 1864, Monterrey, que se encuentra alejada de la capital del país, entabla fuertes relaciones con comunidades del otro lado de la frontera y aunque principalmente consistían en la recolección de los recursos aduanales por la exportación e importación, también se ven reflejadas en las influencias culturales y económicas. Ya que mientras Texas progresaba y aumentaba su población, lo mismo pasaba en Monterrey.

El gran porcentaje del sector medio en la población neoleonera surgió a finales de 1800, en Monterrey, cuando se comienzan a establecer las primeras industrias: la Fábrica de Hielo, Cerveza Cuauhtémoc, y Fundidora de Fierro y Acero Monterrey; y junto con esto, la construcción del ferrocarril, lo que propicia gran movilización hacia la ciudad para cumplir con la demanda que requieren las fábricas, que es el momento en que nace la clase obrera regiomontana, llamada por el filósofo Alfonso Reyes como ‘en mangas de camisa’ (Peredo, 2016). Ser regio o regiomontano es un término utilizado para llamar a los provenientes de la ciudad de Monterrey y sus alrededores. El sector económico medio se incrementó durante el porfiriato y en la actualidad continúa siendo el mayoritario ya que continúa siendo una ciudad industrial.

A finales del siglo XIX se establece una fuerte burguesía económica y social, que forma la clase dominante local (Cerutti, 2006), a la cual el resto de los habitantes de Monterrey admiraban y anhelaban ser parte. Y desde esos años, se acostumbraba el conseguir tanto insumos como artículos personales de Estados Unidos, debido a una mejor calidad y precio de lo que se pudiese encontrar en Monterrey o el resto de la república, así como también la cercanía a comparación con las demás ciudades mexicanas. Puesto que el ferrocarril no solamente facilitaba traslado de materia prima y productos, sino también de personas, favoreció el intercambio de cultura entre el norte de México con el sur de Estados Unidos.

Este vecino del norte, principalmente Texas, cuenta con un vasto terreno que, aunado al tipo de planeación urbana, zonificación, precios accesibles y acceso masivo al automóvil, la mayoría de las viviendas se encuentra en los suburbios, lo que propicia un crecimiento expansivo de baja densidad. Esto dificulta la implementación de espacios comunes para la socialización entre los habitantes, mismo esquema que se siguió en algunas ciudades mexicanas, incluyendo Monterrey. Tras esta tendencia sociocultural de contar con un terreno por cada familia, se observa un rechazo a la vivienda vertical que continúa presente en la actualidad (Castro, 2014).

Un ejemplo icónico de vivienda vertical de interés social son los Condominios Constitución (1964-1968), este conjunto de XX edificios verticales de XX niveles fue desarrollado por XX. La falta de cultura de vecindad y verticalidad generó un rechazo por la sociedad, lo que llevó al abandono e inseguridad dentro y en los alrededores del conjunto. Los departamentos se encuentran desocupados prácticamente desde que se terminó la construcción, pero, como menciona José Manuel Prieto G. “afortunadamente los edificios fueron muy bien construidos, pues, de lo contrario, es probable que ya hubieran desaparecido” (2014, p.115). Este proyecto de condominios ha sido centro de diversos Planes Parciales por parte del gobierno municipal, con el objetivo de rehabilitarlos y densificar la zona, pero no es hasta los últimos años que se vuelve a invertir en vivienda vertical, ya sea de interés social o residencial plus, y aun así este conjunto sigue abandonado.

El presente trabajo busca analizar un modelo de vivienda vertical que permita tener las mismas comodidades y estatus que representa el ser propietario de una vivienda horizontal, pero en un departamento vertical, y al mismo tiempo encontrarse en la cercanía del centro de la ZMM.

1.1.4 Sector inmobiliario

Aun cuando se observa el rechazo de la sociedad regiomontana hacia la vivienda vertical desde finales del siglo XIX, podemos encontrar un cambio en la demanda de tipología de vivienda, principalmente en personas que se encuentran en etapas de su vida sin hijos, así como los solteros, DINKS (*double income no kids*), y *empty nesters* (padres cuyos hijos ya no viven con ellos). Estos nichos representan al 90% de los compradores de departamentos en Monterrey

(Muñoz, 2014), y mientras no se estudien y analicen estos posibles usuarios, será difícil cumplir con las demandas sociales que estos presentan en el desarrollo de la ciudad.

El sector socioeconómico C+ es un segmento que tiene las posibilidades de adquirir vivienda por 2MDP (millones de pesos) o menos, las cuales se encuentran en el caso de Monterrey, alejadas de las zonas con mayor valor de la ciudad, por su acceso a equipamiento y servicios de calidad, por lo que es un sector socioeconómico que podría adquirir vivienda vertical y con mayor cercanía a zonas centrales de la ciudad.

Para comprender el mercado y nuevas tendencias al que se enfrenta el sector inmobiliario, existen empresas como Grupo 4S dedicadas al sector inmobiliario, incluyendo el marketing e investigación de nichos de mercado. Por ejemplo, en Monterrey, el 88% del producto ofertado, en cuanto a vivienda vertical, es igual a departamentos tradicionales (Hidalgo, 2018), los cuales se caracterizan por estar diseñados para una familia tradicional de cuatro integrantes, los dos papás e hijos, sin tomar en cuenta nuevas tendencias o necesidades específicas de diversos nichos. Por esta razón se vuelve importante conocer al mercado, sus necesidades y entorno, para así dar valor a los proyectos y ofrecer competitividad.

Esta misma empresa realiza un Panorama Inmobiliario anual con diferentes participantes de los perfiles: desarrollador inmobiliario, constructor, bróker, consultor inmobiliario, proveedor de la industria, banco y fondo de inversión, en las ciudades más importantes de México, incluyendo Monterrey. En 2018, se percibió que Monterrey mejoró su desempeño en el sector inmobiliario y aumentó la demanda. También se estableció que el 51 por ciento de los usuarios actuales de vivienda vertical está comprendido entre los 36 a 50 años de edad, el 43 por ciento son menores de 35 años y 6 por ciento son mayores de 51 años.

De los principales factores que afectarán la transformación del sector inmobiliario hacia el modelo de vivienda vertical, aparte de la urbanización de la población, es el cambio demográfico, seguido por avances tecnológicos, los esquemas de financiamiento accesibles, el cambio climático, la consciencia de sustentabilidad, la maduración política, y la escasez de recursos y de materias primas (Grupo 4S & ULI, 2018).

Aunque el factor del cambio demográfico figura entre los principales factores en el impulso de la vivienda vertical, también lo son otras variables tales como la apertura de nuevas

empresas, la oferta de trabajos o la posibilidad de construir núcleos de vivienda vertical en el marco de eventos como el Mundial 2026. Como establece la revista Forbes: “en Monterrey, el precio de las rentas ha aumentado en un año 23% en departamentos y 40% en casas, y la demanda por departamentos en renta pasó entre mayo 2017 y mayo 2018 de 62.8% a 70%” (2018). Esta información sugiere que la demanda de departamentos y el modelo de vivienda vertical comienza a tomar valor y seguirá con incremento en los próximos años.

Tabla 1: Proyección de hogares en N.L.

Año	Número de hogares	Porcentaje que incrementa
2015	1,370,883	
2018	1,460,840	+ 7%
2020	1,520,823	+ 4%
2025	1,670,773	+ 10%
2030	1,817,684	+ 9%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAVI

Finalmente, la proyección de hogares en el estado de Nuevo León, según CONAVI (2015) con información de las proyecciones de Consejo Nacional de Población (CONAPO) se presenta en la Tabla 1. Según el incremento observado en el número de hogares de la proyección anterior, se confirma que el sector inmobiliario para la vivienda seguirá en aumento; pero lo que no establece es la tipología de vivienda, en este caso si será horizontal o vertical, dejando a los desarrolladores con la tarea de conocer a su mercado y ofrecer lo más adecuado para este.

Esta información también se ve reforzada por un estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), *Presente y Futuro de las Ciudades de México*, en donde se estima el crecimiento urbano que tendrán las diferentes zonas metropolitanas del país, desde el 2014 hasta el 2030. El estudio sugiere que la ZMM contará con un crecimiento absoluto de 947,387 habitantes, 21.46% de acumulado en el periodo y 1.22% de crecimiento promedio anual, mientras que la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) el absoluto se estima en 2,068,172 habitantes, el acumulado en el periodo en 9.77% y el promedio anual en 0.58%. En el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), el crecimiento absoluto será de 777,622 habitantes, el acumulado de 16.42% y el promedio anual de 0.95%. Lo anterior sugiere que se

espera un gran crecimiento de población en Monterrey en los próximos años, al encontrarse en el cuarto lugar, junto con la Zona Metropolitana de Querétaro, respecto a las 20 zonas metropolitanas más grandes de México (2015).

1.1.5 Respeto de la sustentabilidad

Como se mencionó anteriormente, si no se toma en consideración la sustentabilidad, la vivienda vertical no es una solución ante las problemáticas ambientales, sociales y económicas que presenta la expansión urbana. Por lo que, de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible para el 2030, definidos en el 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), este proyecto se centra en el objetivo número 11 *Comunidades y Ciudades Sustentables*, ya que la propuesta se encuentra ligada directamente a una comunidad cambiante, que apueste por un futuro sustentable.

El proyecto, también se relacionan los objetivos 6 *Agua Limpia y Saneamiento*, 7 *Energía Asequible y Limpia*, y 13 *Acción Climática*, ya que se tomarán medidas para el manejo integral de aguas, la reducción del uso de energía, la utilización de energías renovables, la implementación de acciones para generar menor impacto en el ambiente y la mitigación de los efectos resultantes del cambio climático.

En cuanto a la perspectiva de la sustentabilidad, este trabajo aborda sus tres principales dimensiones, mostradas en la Ilustración 3, ambiental, social y económico, establecidos por la ONU desde 1992 (Naciones Unidas, 2002), las cuales actualmente ya abarcan otros temas importantes como la cultura o la gobernanza.

A partir de estas tres categorías se establece la matriz de indicadores y el análisis del proyecto, por lo que se utiliza la definición utilizada por la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (2017) para explicarlas a continuación.



Ilustración 3: Dimensiones de la sustentabilidad
Fuente: UANL, 2019

La dimensión ambiental establece un balance entre las actividades humanas y la preservación de los ecosistemas y la biodiversidad que los compone. El desarrollo continúa, así como la explotación de los recursos naturales, pero se toma en cuenta su capacidad de carga y si son renovable o no, para evitar su decremento en exceso o agotamiento por completo.

La dimensión social vela por mantener la red social conectada, para cumplir con este objetivo se utilizan políticas públicas incluyentes, al mismo tiempo que se considera la cultura en cada comunidad. Mejorar y mantener una buena calidad de vida durante el paso de las generaciones se puede lograr a través del cambio en el estilo de vida o actividades diarias personales y colectivas, donde se fomente el apoyo comunitario, educación, salud, paz, tranquilidad y justicia,

Por último, la dimensión económica se preocupa por continuar generando desarrollo y crecimiento económico a nivel personal, de comunidad, local, regional y global, pero sin alcanzar el límite de los recursos naturales para que sea rentable con el paso de las generaciones.

Los indicadores sustentables que serán tomados para analizar el proyecto arquitectónico y el sitio se basarán en normas, evaluaciones y certificaciones que estén vigentes tanto internacional como nacionalmente y serán ordenados en cada uno de los tres ámbitos de la sustentabilidad mencionados anteriormente. No se pretende crear nuevos indicadores, sino aplicar los ya existentes y que sean más eficientes para el contexto de la ZMM.

Las normas, evaluaciones y certificaciones nacionales e internacionales que fueron consideradas dentro de la metodología de este trabajo son:

- BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*),
- CONAVI (Comisión Nacional de Vivienda),
- DGNB (por sus siglas en alemán, *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*),
- Edge (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*),
- las Guías de Edificación Sostenible en el País Vasco,
- LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*),
- PCES (Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables),
- SBAT (*Sustainable Building Assessment Tool*), entre otras;

“Del análisis de los distintos sistemas de certificación o asesoramiento relacionados con la sostenibilidad de las edificaciones se desprende que la mayor parte de estos sistemas se centran en el análisis y baremación de los aspectos ambientales, ya que son más fácilmente cuantificables que los aspectos sociales y económicos, que conforman los 3 pilares del concepto de ‘sostenibilidad’.” (Pérez, 2010, p.13) En esta instancia se les da el mismo peso a los tres ámbitos de la sustentabilidad que se mencionaron anteriormente, por lo que se investigan los diferentes documentos mencionados para tomar los criterios e indicadores más relevantes para el estudio.

Desde la perspectiva de la dimensión ambiental, las normas, evaluaciones y certificaciones anteriores toman en cuenta factores relacionados al consumo energético, el confort térmico, las fuentes de energía renovables y no renovables, el uso de alumbrado y aparatos eficientes y ahorradores, entre otros. Consideran también el impacto en los recursos hídricos debido a la urbanización, el consumo de agua y el agua residual, elementos existentes del medio físico como ubicación, transporte público, espacios para estacionamiento, infraestructura y vegetación. También se analizan los materiales a utilizar para asegurarse que sean lo menos contaminante posible y provenientes de proveedores certificados, y por supuesto, el territorio, para considerar normas existentes y organismos reguladores, medidas de densificación, diversidad de usos y servicios cercanos, y ubicación de sitios de alta prioridad para la región.

De la dimensión social se consideran la disponibilidad de áreas de uso común, tanto para residentes como para la comunidad, diversidad, accesibilidad e inclusión, seguridad y transporte.

Respecto de la dimensión económica se incluye la viabilidad del proyecto en cuanto a mantenimiento, financiamientos y apoyos económicos, su valor patrimonial para los inversionistas y los usuarios de las viviendas; así como gestión de residuos, accesibilidad a áreas de mantenimiento, limpieza e higiene, consideraciones para agregar nuevas instalaciones, y cumplir con lo necesario para ser candidato de créditos y subsidios como la Hipoteca Verde, CONAVI o Edge.

1.1.6 Propuestas sustentables en Monterrey, Nuevo León

Respecto a lo anterior se analizan algunas iniciativas cuyo propósito es impulsar la sustentabilidad en la ZMM, las cuales están relacionadas tanto a los Objetivos del Desarrollo Sostenible, como con la cultura y las nuevas generaciones; que sugieren un patrón de crecimiento en la población que aprueba y apoya proyectos sustentables, y que, por lo mismo, fomenta la implementación de un proyecto con las características que propone este trabajo.

Durante las elecciones para presidente de la República en el 2018, también se presentaron las elecciones para senador en Nuevo León. En éstas, el Tribunal Superior de Justicia aceptó una consulta ciudadana para la propuesta lanzada por el diputado del municipio de Monterrey y candidato para senador del Estado, Samuel García. Ésta consistió en la gestión sustentable del proyecto de reconstrucción del Río Santa Catarina, el cuál fue destruido durante el huracán Alex en el 2010. Este proyecto incluía presas, humedales, vías recreativas, puentes vehiculares y peatonales, entre otros factores ambientales y sociales. Que, aunque no se logró la aprobación, forma parte de una serie de iniciativas que se apuestan por la sustentabilidad.

Otro ejemplo es el proyecto modular eólico de generación de energía eléctrica ubicado en el municipio de Santa Catarina, en los límites de Nuevo León y Coahuila, que dará servicio a distintos municipios de ambos estados, y abastecerá suficiente energía eléctrica para cubrir el alumbrado público. El proyecto hace uso de predios que se encontraban sin uso productivo, ya que esos terrenos no servían ni para aplicación agrícola ni ganadera y estaban compuestos principalmente por matorrales (SEMARNAT, 2008).

Por último, de acuerdo con el Consejo de Edificación Sustentable de México, la ciudad de Monterrey contaba en 2016 con al menos 23 edificios con certificación LEED, y actualmente cuenta con los primeros proyectos LEED v4 Platinum para Construcciones Nuevas y Operaciones y Mantenimiento para Edificios del país. Lo anterior parece indicar que Monterrey es líder en cuanto a edificación sustentable, al menos en cuanto a la aplicación de la certificación LEED (Betancourt, 2017). Hay que recordar, no obstante, que la mayoría de estos proyectos se encuentran ubicados en el municipio de San Pedro Garza García, donde nivel socio económico es alto y los hogares corresponden a las categorías residencial y residencial plus.

1.2 Descripción de la situación-problema

La cultura de vivienda horizontal de la ZMM, N.L., y sus inmediaciones explicada anteriormente, ha traído consecuencias negativas ambientales, sociales y económicas y ha demostrado no ser sustentable. Aunque el cambio climático y la degradación del medio ambiente son temas que nos afectan a todos, el estilo de vida que predomina en la cultura occidental, de la cual Monterrey también forma parte, se encuentra centrada en el desarrollo económico que, si bien puede ser un indicador de un estilo de vida cómodo, en ocasiones no es sustentable.

En otras palabras, expertos como Tetreault explican que las externalidades que influyen en el agravamiento del cambio climático y que se generan debido al desarrollo de las sociedades, no se encuentran definidas dentro del mercado económico, lo que exhibe la falta de incentivos monetarios para disminuir los efectos negativos del cambio climático o para promover acciones para contrarrestarlos (e.g. De la cámara, 2008; Garza, 2017; Leora & Beinker, 2017; Ionescu-Somers, 2012; Pontones & Fernández, s/f).

Una alternativa que podría ayudar a contrarrestar estos efectos es la construcción de vivienda vertical en diferentes ubicaciones de la ciudad. Sin embargo, esto no soluciona los problemas de fondo si no se entiende la sustentabilidad como un tema más allá de instalación de aparatos eficientes y aislamiento térmico, al dejar de lado el impacto real en el medio ambiente y la sociedad.

Otra problemática es que las edificaciones que cuentan con alguna certificación sustentable como LEED o Ecoperando PLUS son destinadas para una minoría de la población, ya que por sus altos costos son dirigidos hacia el sector económico de medio-alto a alto, que tan solo representa al 2% de la población en Nuevo León.

En cuanto a las certificaciones mencionadas, LEED pertenece a la organización USGBC (*U.S. Green Building Council*) y se basa en calificación por créditos en diferentes categorías para mejorar el impacto ambiental y calidad de vida de los usuarios. Ecoperando PLUS pertenece a la empresa Cemex y se encuentra enfocado principalmente al rendimiento energético, con el propósito de reducir en su mayoría el consumo energético, aunque también incluye temas como reducción en consumo de agua y uso de materiales reciclados.

2013). Como puede observarse en la Ilustración, el tipo de vivienda que se financia con el programa, en la ZMM, están ubicadas en la periferia y se encuentran alejadas de las zonas urbanas más consolidadas, con mayor equipamiento, infraestructura y servicios. El programa permite financiar tecnología apropiada en hogares de bajos ingresos, pero no apoya al sector social medio.

Es necesario tomar en cuenta las externalidades económicas para pasar de una mentalidad en donde la economía, especialmente la inversión inicial, es el factor determinante para la toma de decisiones en cuanto al diseño y construcción de vivienda, para priorizar a la comunidad y el medio ambiente. Para que eso suceda, se deben de presentar opciones que convengan a inversionistas y actores claves tomadores de decisiones, pero al mismo tiempo a las comunidades y al planeta.

1.3 Importancia del proyecto

Por diversas razones socioculturales, económicas y políticas, en el estado de Nuevo León cada vez es más común la construcción de fraccionamientos ubicados en los límites de la Zona Metropolitana, y por ende del transporte público, infraestructura y servicios básicos existentes, lo que genera un aumento en los traslados, el incremento del tráfico, de las emisiones de CO₂, y una mancha urbana dispersa, lo que trae finalmente como consecuencia la segregación social.

El crecimiento acelerado de la población en Nuevo León, las limitaciones de la administración pública para prever y organizar la ciudad de manera congruente, el modelo de desarrollo urbano vigente en nuestro marco normativo, que no toma en cuenta tanto vivienda como transporte y servicios públicos de manera integral, crea una desconexión entre los municipios, lo que incrementa la mancha urbana. “En el horizonte 2005 – 2030, se estima que a los 24.8 millones de hogares existentes (en México), se agreguen alrededor de 16 millones que plantearán necesidades de vivienda, con lo que el número de hogares llegará a casi el doble de los registrados en el año 2000” (CONAVI, 2008, p.12).

A este ritmo de demanda de vivienda, y si se continúa la implementación de las mismas características de desarrollo tanto urbano como de prototipos de vivienda, el problema ambiental (cambios de uso de suelo, pérdida de suelo fértil o de absorción de aguas pluviales, contaminación atmosférica, etc.), el problema económico (mayor inversión para provisión de

infraestructuras en las periferias, créditos sin pagar, aumento en costos de transporte para los habitantes por la lejanía, etc.), y el problema social (disminución de calidad de vida, inseguridad, tiempo perdido-invertido en transportación, desconexión con la ciudad, falta de pertenencia) también se verán proporcionalmente afectados (Lara, 2017).

Para mitigar las problemáticas de la expansión urbana desmedida, el gobierno estatal se encuentra en un proceso de regeneración por medio de programas de desarrollo urbano como *Nuevo León 2030*, que ha implementado medidas como la modificación en planes parciales, al realizar cambios de uso de suelo en la zona centro del municipio de Monterrey, de tal manera que se considere la vivienda y su medio ambiente. La visión del gobierno se comienza a enfocar en aumentar la densidad de la población en los principales PCU en un esfuerzo por combatir los efectos negativos de la dispersión de la mancha urbana.

Además, el 50% de la población neoleonesa va a pie, en bicicleta, o utiliza el transporte público (Peresbarbosa, 2017). Aunque la infraestructura vial se encuentre deteriorada en las zonas más antiguas de la ciudad, es posible rehabilitarlas y de ser necesario desarrollar nuevos sistemas de infraestructura para recibir la población que resulta de la densidad que provocan los programas de concentración de densificación, como el que actualmente se lleva a cabo en la zona centro del municipio de Monterrey, así como todos los PCU definidos como 1, e inclusive el 2. “Mientras la población crecía, también lo hizo la infraestructura ... para cumplir con la demanda. Y cuando la población comenzó a descender, la infraestructura se quedó habilitada, pero sin usuarios” (Ruelas, 2015). El presupuesto que se destina a proveer de servicios a nuevos fraccionamientos en los límites de la ciudad se puede direccionar al mejoramiento de la infraestructura existente en zonas que se estén rehabilitando por medio de vivienda vertical.

Los programas gubernamentales que promueven la densificación pueden verse como una posible solución para mitigar las problemáticas ambientales en cuanto a emisiones de CO₂ debido al transporte, y las sociales al evitar la fragmentación social y permitir la construcción de edificaciones verticales al cambiar el uso de suelo y sus densidades. Pero, también se deben de contemplar, dentro de la sustentabilidad, otros aspectos, puesto que, al intentar mitigar los efectos negativos de la vivienda horizontal, se puede dar lugar a otro tipo de problemáticas como hacinamiento social o problemas culturales por de falta de pertenencia.

El vicepresidente de la unidad de negocios *Buildings* de *Schneider Electric* México, Eduardo Alexander, menciona “una edificación sustentable reduce 30 por ciento el uso de energía; 35 por ciento las emisiones de carbono y de 30 a 50 por ciento el consumo de agua...” (Alexander, 2011). Por lo que, si se logra reducir los porcentajes de emisiones y de uso de energía, no solamente se aporta a la colonia o comunidad cercana, sino que a la ciudad en general ya que se reducen las emisiones correspondientes al sector de la vivienda.

Con lo que se espera lograr un impacto de repetición y llegar a la posibilidad de que Monterrey deje de ser la ciudad con mayor contaminación ambiental del país. Esto tomando en cuenta que el proyecto va dirigido al sector medio de la población, que según la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), conforma la mayoría de los habitantes en Nuevo León y su zona metropolitana.

Este proyecto toma en cuenta factores económicos, sociales y ambientales, por lo que se puede convertir en una base para otros proyectos similares, cambiando ciertos elementos dependiendo del nicho al que se quiera llegar.

Desarrollar un prototipo de vivienda vertical sustentable para la ZMM, que sea viable económicamente y exitoso socialmente, puede contribuir a cambiar la cultura de vivienda horizontal a este modelo de vivienda vertical, de manera ordenada y visto desde una perspectiva integral, y no solamente desde el tema económico o político.

2. Marco teórico

Existen varios términos que son indispensables para vincular entre sí el planteamiento del problema, el marco contextual, las preguntas y objetivos, la metodología, y finalmente, el proyecto. Estos términos o conceptos clave comienzan por el término de sustentabilidad y desarrollo sustentable, para especificar después los ámbitos de la sustentabilidad que se tomarán en cuenta para desarrollar el proyecto y delimitar qué se entiende por arquitectura sustentable y conjunto habitacional. Por último, se define también qué se entiende en el marco de este trabajo por el sector medio ya que será el mercado al que irá dirigida la propuesta.

2.1 Sustentabilidad

Dependiendo del autor o institución, en ocasiones se puede diferenciar entre la definición de sustentabilidad y la de desarrollo sustentable. En esta ocasión se tomará a la sustentabilidad como el proceso del desarrollo sustentable. Inclusive en ese término de desarrollo, también se marca una diferencia entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable, pero para efectos de este trabajo se considera como un mismo término. Específicamente se toma la definición de SEDESOL en el Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2017) ya que se basa en el modelo dominante de desarrollo sustentable definido en el Informe Brundtland y la Agenda 21, y, por lo tanto, está dentro de la misma línea de pensamiento de una economía capitalista y una cultura consumista.

Por otro lado, SEDESOL también describe a este desarrollo sustentable como un proceso evaluable por medio de criterios e indicadores ambientales, económicos y sociales, cumpliendo con uno de los objetivos de este Trabajo de Obtención de Grado.

El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras (CONAVI, 2017, p.29).

Porque, aun cuando un edificio o una vivienda cumpla con ser responsable ambientalmente por sí misma, si llegara a no ser viable económicamente para la población meta, entonces el potencial de réplica dentro del mismo nicho y de beneficio se reduce al mínimo. Así como si no se adapta a las necesidades actuales o futuras de los usuarios, entonces quiere decir que no cumple con los tres pilares básicos de la ONU, y hasta se podrían considerar como mínimos, de la sustentabilidad.

Por último, para justificar el uso de la definición mencionada anteriormente se analizarán los diferentes modelos y discursos de desarrollo sustentable, así como los ámbitos de la sustentabilidad y su aplicación dentro de la arquitectura.

Modelos del desarrollo sustentable

Para Tetreault (2008), existen cinco diferentes modelos de desarrollo sustentable: (1) el Modelo Dominante de Desarrollo Sustentable originado del Informe Brundtland y la Agenda 21, que apoya al crecimiento global, las ecotecnias y la mejor gestión de los recursos; (2) la Economía Ambiental, la cual propone incorporar la ecología en la economía e internalizar las externalidades; (3) la Economía Ecológica, en la cual analizan los flujos de energía y promueven los movimientos sociales ecologistas para internalizar las externalidades; (4) la Ecología Política, que investiga la dinámica socioeconómica de los problemas ambientales con ideas de redistribución de recursos y poder, y empodera a los actores marginados; (5) y la Agroecología, que trae de vuelta los elementos positivos de la producción campesina tradicional.

El modelo de desarrollo sustentable que se asimila más a los objetivos de este trabajo es el Modelo Dominante de Desarrollo Sustentable, aunque los otros cuatro modelos tienen elementos importantes, como lo son internalizar las externalidades, apoyo a sectores marginados y la producción campesina tradicional.

Por otro lado, Cohen (2005) también presenta distintos modelos sobre el desarrollo sustentable, agrupados en siete discursos ambientales: 1) el discurso de los Supervivientes, que esperan limitar el crecimiento al controlar los recursos y la población; 2) lo contrario de los Prometeos, que creen que los recursos son infinitos puesto que la tecnología e industria traerá la solución; 3) los Expertos en Racionalismo administrativo, Pragmatismo democrático y

Racionalismo que, por medio de políticas institucionales, consensos y mecanismos de mercado ambientales implementadas por parte de diferentes actores como el gobierno, Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y la sociedad se pueden resolver los problemas ambientales; 4) el Desarrollo sustentable, el punto medio entre los Supervivientes y Prometeos, pretende cuidar los recursos para la generación actual y las siguientes, al armonizar el medio ambiente con el crecimiento económico, el cambio es generado principalmente por parte de diversas ONG para países en desarrollo; 5.1) el Romanticismo verde espera cambiar la relación actual entre la sociedad y la naturaleza, con el objetivo de regresar al paraíso verde y vivir en armonía con la naturaleza, inclusive si significa reducir el desarrollo; 5.2) por otro lado, el Racionalismo verde plantea ver a la naturaleza como el eje de la vida humana, al traer de vuelta los valores del movimiento de la Ilustración; 6) la Modernización ecológica es similar a los Expertos y Desarrollo sustentable, ya que opta por adoptar políticas y procesos para cuidar al medio ambiente, a través de planes nacionales y cambios en procesos productivos, pero sin dejar de lado el crecimiento; 7) por último, la Modernidad reflexiva reconoce el riesgo e incertidumbre ocasionadas por la sociedad industrial, por lo que establece planes de contingencia mediante redes de organizaciones internacionales.

Nuevamente se elige el discurso del Desarrollo sustentable, pero también se identifican ideologías que van por el mismo camino de este trabajo, así como el uso de tecnología y la industria para solucionar ciertas problemáticas; también utilizar políticas públicas, consensos, procesos productivos y mecanismos de mercado ambientales para reducir los problemas ambientales; fomentar una relación de respeto ante la naturaleza y reconocer el riesgo, para tomar medidas preventivas y de mitigación de efectos negativos ambientales generados por el desarrollo; en este caso específico, las consecuencias ambientales por la construcción de conjuntos de vivienda vertical.

Ámbitos de la sustentabilidad

También existen otros enfoques como el que define John Elkington en 1994, quien se ha enfocado más en la sustentabilidad económica o de empresas. Utilizando el mismo formato de triada, define a los ámbitos de la sustentabilidad como el *Triple bottom line*, abreviado como TBL o 3BL, donde se enfoca en las ganancias, las personas y el planeta. Relaciona las ganancias y las personas con un modelo que sea equitativo y ético, que sea viable y eficiente con el planeta, entre las personas y el planeta, y que pueda ser soportado creando bienestar.

En comparación con la ONU, la propuesta de Elkington tiene la economía como el pilar más fuerte, y el planeta y personas después de ésta; dentro del planeta engloba a todo el medio ambiente y naturaleza, y dentro de las personas a lo social, cultura y muchos otros factores que hacen a una sociedad compleja. Pero la mayor diferencia es el término de ganancia en lugar de economía ya que se les da mayor peso a los beneficios económicos monetarios, que a otros que pudiera englobar una economía. Por lo que Elkington queda descartado, aun y cuando su propuesta se muestre similar a la utilizada en este trabajo.

Existen otros diagramas más utilizados en el contexto de los proyectos urbanos, como lo son los Círculos de la Sustentabilidad, donde se toma en cuenta también la economía y el ambiente, pero en lugar del ámbito social, se tiene la política y cultura por separado (Carabias, 2013). Donde si bien es un método exitoso que se usa en algunos países como Canadá, puede llegar a ser difícil de analizar para un país como México, en donde la cultura influye mucho dentro de la política.

Para efectos de este trabajo el modelo que será utilizado es el Informe Brundtland, con los ámbitos ambiental, social y económico. Que, aunque la ONU actualmente cuenta con 17 objetivos, estos pueden ser englobados en los tres principales pilares mencionados.

Arquitectura sustentable

Así como las definiciones de sustentabilidad y desarrollo sustentable, para la arquitectura sustentable existen muchos términos, que según el autor o arquitecto pueden o no ser sinónimos. Por ejemplo, Kean Yeang (2001) entiende la arquitectura verde de igual forma que la arquitectura sustentable y las define como una manera de proyectar con la naturaleza, de manera ecológicamente responsable, uniendo a la globalización con el término holístico.

En esta investigación se entenderán como sinónimos el diseño responsable, el diseño ambiental, ecológico y verde, siempre y cuando vayan precedidas de la palabra arquitectura; pero no arquitectura sustentable, ya que esta implica otros temas y elementos mencionados en los apartados anteriores. Entonces, aunque la arquitectura sustentable sí se encuentre relacionada con estos términos, no son sinónimos.

Las prácticas pasivas utilizadas en el diseño bioclimático, como lo son el uso de elementos como el clima, el asoleamiento, la orientación, los vientos y la forma deberían de ser considerados en todos los proyectos que pretendan ser sustentables.

Por ejemplo, en una recopilación en cuanto a arquitectura bioclimática, Fuentes (2007) comenta cómo Morillón (2000) discute que los métodos de diseño han llegado a convertirse en una guía que los diseñadores siguen a pie de letra, en lugar de crear nuevas ideas. Si esto lo relacionamos a la arquitectura sustentable y por ende a la bioclimática, nos encontramos con que cada edificación deberá ser diferente para lograr cumplir con todos los elementos mencionados en cuanto al clima y orientación, así como con los ámbitos de la sustentabilidad, ya que los diseños deben lograr soluciones acordes al contexto en que se encuentren.

2.2 Conjunto habitacional vertical

El Código de Edificación de la Vivienda 2010 publicado por CONAVI, explica que un conjunto habitacional es un “grupo de viviendas planificado y dispuesto en forma integral, con la dotación e instalaciones necesarias y adecuadas de servicios urbanos: vialidad, infraestructura, espacios verdes o abiertos, educación, comercio, servicios asistenciales y de salud” (2010) Para los fines de este trabajo se utiliza la anterior como la definición de conjunto habitacional, al cual se agrega el concepto vertical, es decir, una edificación de tres niveles o más.

El concepto de conjunto habitacional vertical no se debe de confundir con condominio, puesto que esta es una “forma de propiedad en la que diferentes departamentos... pertenecen a distintos propietarios en forma singular y exclusiva, los cuales además tienen un derecho de copropiedad sobre los elementos y partes comunes del inmueble” (2010). La forma de propiedad denominada condominio puede aplicar a conjuntos horizontales o verticales. Para que el modelo de condominio sea sustentable, se deberán especificar reglamentos estrictos en cuanto al mantenimiento de las áreas, y la accesibilidad a las áreas comunes, para no afectar tanto al ámbito ambiental ni al social de la edificación.

En cuanto a la clasificación del tipo de viviendas, para el presente trabajo se tomarán en cuenta dos tipos de información. En primer lugar, se muestra en la Tabla 2 en donde se especifican los metros cuadrados para cada tipo de vivienda, así como el número de cuartos

según esta tipología, de acuerdo con el Código de Edificación de la Vivienda 2017 (CONAVI, 2017, p.61).

Tabla 2: Clasificación de vivienda por superficie construida

	Vivienda	Superficie construida promedio	UMA / pesos (mensual)	Número de cuartos	
Vivienda de Interés Social	Económica	40 m ²	Hasta 118 / \$9,510.80	1 Baño Cocina	Área de usos múltiples
	Popular	50 m ²	118.1 a 200 / \$9,518.86 a \$16,120.00	1 Baño Cocina Estancia/Comedor	1 a 2 recámaras 1 cajón de estacionamiento
	Tradicional	71 m ²	200.1 a 350 / \$16,128.06 a \$28,210.00	1 y ½ Baños Cocina Estancia/Comedor	2 a 3 recámaras 1 cajón de estacionamiento
	Media	102 m ²	350.1 a 750 / \$28,218.06 a \$60,450.00	2 Baños Cocina Sala Comedor	2 a 3 recámaras Cuarto de servicio 1 a 2 cajones de estacionamiento
	Residencial	156 m ²	750.1 a 1500 / \$60,458.06 a \$120,900.00	3 a 4 baños Cocina Sala Comedor 3 a 4 recámaras	Cuarto de servicio Sala familiar 2 o 3 cajones de estacionamiento
	Residencial Plus	Más de 188 m ²	Mayor a 1500 / \$120,908.06	3 a 5 baños Cocina Sala Comedor 3 a más recámaras 1 a 2 cuartos de servicios	Sala familiar Más de 3 cajones de estacionamiento Gimnasio Salón de juegos Jardín

Fuente: CONAVI, 2017, p.61

De las seis tipologías, las primeras tres son conocidas usualmente como de interés social. Aunque no se considera el subsidio por parte de CONAVI si los ingresos mensuales son mayores a \$12,251.20 en caso de no tener seguridad social, y a partir de los \$6,860.67 si la persona es derechohabiente de INFONAVIT, FOVISSSTE o ISSFAM. Por lo tanto, el proyecto abarca desde la segunda mitad de la tipología popular, después de los \$12,250, hasta la media de acuerdo con la Unidad de Medida y Actualización (UMA).

2.3 Sector económico medio

Para determinar lo que se entiende por el sector medio, al cual irá dirigida la propuesta, se toman instituciones como INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), CONAVI, INFONAVIT y posteriormente al AMAI (Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado) para un valor cualitativo.

Aparte de las clasificaciones vistas anteriormente, como se muestra en la Tabla 3, INFONAVIT clasifica las viviendas en cinco categorías, según el valor de vivienda en UMA, el cual equivale mensualmente a \$2,450.24 en el 2018. El valor total de la vivienda en la categoría I es de \$428,792.00 a \$465,545.60, la II de \$387,137.92 a \$428,792.00, la III de \$333,232.64 a \$387,137.92, y la IV y V de \$147,014.40 a \$333,232.64.

Tabla 3: Clasificación de vivienda por UMA's

Categoría	Valor de vivienda en UMA Mensual	Rango de puntaje												
		0 hasta	≥350 hasta	≥400 hasta	≥450 hasta	≥500 hasta	≥550 hasta	≥600 hasta	≥650 hasta	≥700 hasta	≥750 hasta	≥800 hasta	≥850 hasta	≥900 hasta
		<350	<400	<450	<500	<550	<600	<650	<700	<750	<800	<850	<900	<1000
Montos máximos de Subsidio Federal en UMA Mensual:														
I	> 175 hasta 190	0	0	0	0	0	13	14	15	16	17	18	19	20
II	> 158 hasta 175	0	0	0	0	0	18	19	20	21	22	23	24	25
III	≥ 136 hasta 158	0	0	0	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
IV	≥ 60 hasta 136	0	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
V	≥ 60 hasta 136	0	25	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

Categoría I.- Viviendas con superficie construida igual o mayor a los valores mínimos por estados establecidos por la Instancia Normativa.
Categoría V.- Rango de ingreso de hasta 1.4 UMA Mensual

No se otorgará Subsidio Federal a personas que deseen adquirir vivienda nueva ubicada fuera de los Perímetros de Contención Urbana.

Fuente: INFONAVIT, 2018b

Mientras que CONAVI e INFONAVIT pueden dividir económicamente las clases según los UMA mensuales, para INEGI se vuelve más complicado debido a dos razones: la primera es distinguir en dónde termina la pobreza, ya que como puede haber trabajadores pobres, también

existe la clase trabajadora no pobre, pero tampoco media; y de ahí parte la segunda, la falta de una definición exacta y consensuada de clase media como le llama el INEGI.

Pero por el momento, en un ejercicio exploratorio de INEGI, por la dificultad de distinguir entre un estrato social y otro, se establece que para un hogar de clase media es muy probable que cuente con computadora, se inviertan \$4,380 trimestrales en alimentos y bebidas fuera del hogar, se paguen \$1,660 en tarjetas de crédito, al menos un integrante de la familia sea asalariado con contrato escrito y labore para una empresa con razón social del sector privado (sin mencionar si se encuentra asegurado socialmente por la empresa), el jefe de hogar cuenta con educación media superior, y se encuentre casado, los integrantes usualmente son cuatro, los hijos acuden a escuelas públicas, y la vivienda es propia o se está pagando financiada por recursos familiares o con créditos de interés social (INEGI, s/f).

Y al mismo tiempo, AMAI NSE considera a la clase media como el Nivel Socio Económico Medio (C), donde el 81% de los jefes de hogar cuentan con estudios mayores a primaria, el 73% tiene internet fijo en su vivienda, utilizan el 35% de sus ingresos en alimentación y el 9% en educación (2018).

Para fines de este proyecto, se eligieron como destinatarios del mismo a hogares que corresponden a la tercera y cuarta categoría descritas por INFONAVIT en la Tabla 3 y que perciben ingresos mensuales entre \$12,251.20 a los \$24,502.40. Otras características de estos usuarios es que cuenten con computadora e internet fijo en la vivienda, se inviertan \$4,380 trimestrales en alimentos y bebidas fuera del hogar, se paguen \$1,660 en tarjetas de crédito y cuenta con educación media superior. El mercado meta del sector medio será explicado con mayor detalle en el apartado 3.3.

3. Marco contextual

El proyecto aquí propuesto se encuentra ubicado en la Zona Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, pero se observa el contexto desde el ámbito internacional hasta el nacional, y finalmente a la zona de estudio.

En este apartado se definen las problemáticas de las edificaciones actuales y las estrategias que se han implementado para mitigar los efectos negativos de estas, por medio de normas y certificaciones.

Finalmente, se establece el nicho de mercado que se verá beneficiado por la propuesta de este trabajo.

3.1 Problemáticas de edificios actuales

La primera problemática inicia con la vivienda horizontal en el estado de Nuevo León, ya que según El Registro Único de Vivienda de CONAVI (RUV, 2019), en el año 2018 se tienen registradas 37,165 (96%) viviendas con tipología horizontal y 1,549 (4%) vertical, con un total de 38,714 viviendas. Cuando a nivel nacional el dato es de 190,422 (72%) horizontal y 72,556 (28%) vertical, con 262,978 en total. Esta tendencia indica que existe una clara inclinación por parte de los desarrolladores por la vivienda horizontal y de los usuarios al activar esta demanda en el mercado.

La información anterior sugiere también la falta de acciones para desarrollar vivienda vertical en la ciudad; e ignora las consecuencias que trae consigo una mancha urbana extendida y dispersa, tanto para la comunidad, como para la infraestructura urbana.

Otro fenómeno relacionado con la falta de oferta de vivienda accesible es el despoblamiento de las áreas centrales de la ZMM, que según (IMPLANc MTY, 2013), en los últimos 25 años del centro de la Zona Metropolitana ha presentado una pérdida de densidad de 23%, formando una desconexión dentro de la misma metrópoli, y afectando las relaciones de traslados y sociedad.

La falta de un buen sistema de transporte público dirige a las personas a realizar sus trayectos por medio de automóvil, que se convierte en uno de los factores por los que, desafortunadamente, Monterrey se encuentre en el primer lugar como ciudad con más contaminación atmosférica y la novena en Latinoamérica (OMS, 2011).

Este modelo de desarrollo urbano de baja densidad, Bruegmann (2005) lo define como “...disperso y de baja densidad que resulta de la ausencia de un proceso de planeación sistemático o de una planeación de uso del suelo a escala regional”. En el caso de Nuevo León, en los programas de desarrollo se destinan las hectáreas necesarias para la construcción de vivienda y con base en eso se generan los nuevos polígonos y cambios de uso de suelo. Pero no se toman en cuenta los predios que se encuentran abandonados en el interior de la ZMM, por lo que se continúa dispersando a la población, sin considerar otras opciones viables.

Un efecto negativo de los edificios verticales, en cuanto a la ubicación, orientación y alturas, es que se crean barreras de concreto que no permiten la libre circulación del viento, se obstruye el paso de iluminación natural, y, debido al conglomerado y densidad, se concentran los gases invernadero en la atmósfera, creando una capa de contaminantes atmosféricos constantes sobre el centro de la ciudad (Ng, 2010). Esta es una de las razones por las cuales la ciudad de Monterrey fue la más contaminada del país del 2008 al 2011 (Pontaza, 2017). Por esa razón es importante que se tomen medidas que permitan, de acuerdo con datos de CONAVI del 2011, disminuir la emisión de 1 a 1.5 toneladas de CO₂ por vivienda al año a nivel nacional.

Aunado al tema de la contaminación, si tomamos en cuenta la información que presenta la SEMARNAT en el 2011, la vivienda es responsable del 14.1% del uso de agua potable (Fundación IDEA, 2013), lo que no sería una problemática si la escasez de agua no fuese un tema presente en la ciudad. Actualmente en un sistema constructivo tradicional, de ese 14% no se reutiliza ningún porcentaje y se contamina el 100% del agua, lo que cambia el ciclo del agua natural y la posibilidad de aprovecharlo en el medio.

Respecto del clima, a lo largo del estado de Nuevo León es extremo, y en su mayoría es seco y semiseco 68%, cálido subhúmedo 20%, templado subhúmedo 7% y muy seco 5%, hasta contar con heladas que pueden ir de los 0 a los 60 días de diciembre a febrero, y granizadas de 0 a 4 días al año. Tiene una temperatura promedio anual que oscila entre los 5°C a los 32°C, aunque puede llegar hasta 43°C en la máxima y rondar los 0°C en la mínima. Mientras que

específicamente la ZMM es de clima semiseco, con temperatura media anual de 23°C, la mínima de 8°C y la máxima de 43°C.

En cuando a las lluvias, éstas varían en cantidad y temporada, por lo que se presentan lluvias tanto en verano como en invierno. La precipitación anual es de 650mm, principalmente entre agosto y septiembre (INEGI, 2015b).

Para intentar contrarrestar los efectos del clima que llegan a afectar el confort de la población, actualmente se implementan indicadores relacionados con el uso de los aparatos eficientes de aire acondicionado, calefacción y boiler, los aislamientos en muros, llaves y focos ahorradores, y la eficiencia energética por medio de automatización en luminarias y aparatos eléctricos; pero sin tomar en cuenta los efectos que en realidad tengan estos elementos para el confort térmico o el medio ambiente al no realizar estudios de confort y ahorros de agua o energía, y olvidando la arquitectura bioclimática, sin mencionar los factores socioeconómicos que forman parte de la sustentabilidad.

Adicionalmente se observa un sobre costo en cuanto a este tipo de edificaciones debido a la inversión inicial que representan las ecotecnologías implementadas, por consiguiente, los edificios que cuentan con alguna certificación como lo es LEED, Edge, o Cemex, están dirigidos principalmente a la clase social alta y ubicados en el municipio de San Pedro G.G., a menos de que sean proyectos de interés social subsidiados por los diferentes gobiernos, ya sea el mexicano o alemán, que apoyan con programas como NAMA.

3.2 Estrategias para la construcción sustentable

Existen diversas formas de saber qué tan sustentable o no es una edificación, y en cada país o institución se toman en cuenta indicadores y medios de medición diferentes.



Ilustración 5: Sistemas de Evaluación en el Mundo

Fuente: Pérez, 2010

Aunque en el nivel internacional podemos encontrar muchas opciones, ya sea de evaluación o de certificación, como se muestra en la Ilustración 5, para esta investigación se mencionan los sistemas internacionales y nacionales que incluyen indicadores relevantes para el contexto de México, específicamente de la ZMM.

3.2.1 Certificaciones internacionales

Por ser internacional, estos sistemas son totalmente opcionales para las edificaciones en México, pero cuentan con beneficios como apoyos financieros, responsabilidad social de empresas, buena publicidad, entre otros, los cuales dan un empuje extra a ser utilizados.

Sistemas de evaluación opcionales:

1. BREEAM: Precursor de Green Star (Canadá), HK BEAM (Hong Kong), y Green Globes (Canadá, E.U.A.). Evalúa, clasifica y certifica la energía, gestión, salud y bienestar, transporte, agua, materiales, residuos, uso de suelo, contaminación y ecología (BREEAM, 2016).
2. Guías de edificación sostenible en el País Vasco: Por medio de guías para diferentes tipos de edificaciones, atacan temas de materiales, energía, agua potable, aguas grises,

- la atmosfera, calidad interior del aire, el confort y la salud, los residuos, usos de suelo, movilidad y transporte, y los ecosistemas (EVE, IHOBE, ORUBIDE & VISESA, 2006).
3. DGNB: Certifica: ecología (agua potable, emisión de sustancias tóxicas y riesgos), economía (limpieza, mantenimiento y reparaciones), procesos (concepción, planificación y construcción), emplazamiento (ubicación, integración, transporte público, etc.), social y funcionalidad (entorno, valor de descanso y tiempo libre, bienestar y confort) (DGNB, 2008).
 4. LEED (BD+C: *New Construction and Major Renovation*): Incrementa calidad de vida del contexto cercano y se cuenta con transporte de calidad, ubicación sustentable (polígono de servicios e infraestructura, trato de aguas, espacio abierto), eficiencia de agua (reducción de uso de agua), energía y atmósfera (reducción de uso de energía, eficiente manejo de refrigeración, energías renovables), materiales y recursos (reciclaje, basura de construcción, optimización y ciclo de vida de los materiales), calidad de vida (calidad del aire interior, confort térmico, iluminación interior, solar, vistas de calidad, contaminación auditiva), innovación, y prioridad regional (USGBC, 2014a).
 5. SBAT: Desarrollado para países emergentes, evalúa la economía (eficiencia, adaptabilidad, flexibilidad, mantenimiento e inversión inicial), el medioambiente (agua, energía, residuos, materiales, emplazamiento, y componentes), y lo social (confort, accesibilidad, participación, educación, salud, y seguridad) (CSIR, s/f; CSIR, 2015; Kruger, Lancaster, Landman, Liebermann, Louw & Robertshaw, 2016).
 6. Edge, ISO 50001: Uso eficiente de energía, proponer metas y objetivos, uso de datos duros, medición de resultados, revisión de estos, mejora del manejo de energía (IFC, 2015).
 7. Consejo Internacional de Códigos (ICC): Soluciones sustentables para el sitio y suelo, conservación del agua, eficiencia energética, mitigar impactos ambientales desde el origen de los materiales (ciclo de vida), calidad ambiental en los interiores de los edificios, innovación (ICC, s/f).

3.2.2 Certificaciones y normas nacionales

En México existen diversos sistemas de certificación cuyo uso y aplicación es opcional, y aparte están las normas que son federales, las cuales idealmente deben cumplirse según la zona en que se encuentre la edificación ya que serían verificados por instituciones gubernamentales. En la actualidad por la falta de organización por parte del gobierno, lo imprescindible es cumplir con las especificaciones presentadas por el municipio, siendo generalmente el cumplimiento de requisitos en cuanto a COS (Coeficiente de Ocupación de Suelo), CUS (Coeficiente de Uso de Suelo), CAS (Coeficiente de Absorción de Suelo), estacionamiento y en ocasiones sustitución de árboles por daños en obra, por parte de la Secretaría de Ecología.

De acuerdo con la UNEP (UN Environment Programme) (2009, p.24), los programas obligatorios son más efectivos que los voluntarios, y para una mayor efectividad, se puede hacer una combinación de ambos.

Sistema de certificación opcional:

- 1. PCES (Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables):** Certificación específicamente para el Distrito Federal, donde por medio de puntuación se hacen requerimientos para recursos naturales, emisiones de gases invernadero, ahorro y eficiencia energética, agua e implementación de medidas preventivas para reducir las correctivas (SEDEMA, 2012).

Normas obligatorias:

- 2. NOM-020-ENER-2011 ‘Eficiencia energética en edificaciones. - Envolvente de edificios para uso habitacional’:** Busca disminuir las ganancias de calor en edificaciones residenciales a través de la envolvente del edificio, para reducir la cantidad de energía necesaria para refrigeración (DOF, 2018).
- 3. NOM-007-ENER-2004, NOM-013-ENER-2004, NOM-028-ENER-2010, NOM-017-ENER/SCFI-2008 y NOM-064-SCFI-2000, NOM-025-STPS- 2008):** Energías renovables, rendimiento de equipos y normas de iluminación (DOF, 2018).
- 4. NOM-001-SEDE-2005, NOM-001-ENER-2009, NOM-004- ENER-2008, NOM-005- ENER-2010, NOM-010-ENER-2004, NOM-011-ENER-2006, NOM-014- ENER-2004, NOM-016-ENER-2010, NOM-023-ENER-2010:** Normas de instalaciones, equipos y aparatos (DOF, 2018).

5. NOM- 003-CONAGUA-1996, NOM-006-ENER-1995, NOM-003-SEMARNAT-1997: Aprovechamiento de agua (DOF, 2018).

Normas opcionales y recomendaciones:

6. NMX-AA-164-SCFI-2013: Edificación Sustentable. - Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos. Es un documento opcional para obra nueva o existente, en relación con el manejo de material, excavaciones, material proveniente de bosques certificados, reforestación, reciclaje de materiales, transporte público, movilidad, alumbrado, rendimiento de equipos, impacto ambiental, eficiencia energética y de agua (DOF, 2018).

Calculadoras opcionales:

7. Sisevive-Ecocasa: Sistema que permite evaluar diseño, características constructivas y tecnologías de viviendas en México. Toma en cuenta el confort térmico y consumo de agua, respecto a una vivienda de referencia (BID, CADZ, EBM, GIZ, INFONAVIT, RUV & SIF, 2014).
 - i) DEEVi (Diseño Energéticamente Eficiente de la Vivienda): Como la NOM-020, también mide las ganancias de calor, temperatura y consumo de aires acondicionados, humedad, ocupación de la casa, consumo de electrodomésticos, ventilación, higiene y calidad de aire.
 - ii) SAAVi (Simulación del Ahorro del Agua en la Vivienda): Con esta herramienta se calcula el uso de agua por habitante, según los accesorios utilizados en su vivienda. Comparando una base, con el proyecto, el cual debe consumir igual o menor l/vivienda/día.
8. Hipoteca Verde: Es un monto adicional que se le otorga a todos los créditos para que disminuyan los consumos de agua, luz y gas, y se ahorre dinero, por medio de la implementación de ecotecnologías (Infonavit, 2018a).

Manual opcional:

9. Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad (MNTA): Aunque no es norma aun, cuenta con especificaciones en beneficio a personas con diversas discapacidades, tanto de movilidad, como visual (SEDUVI, 2016).

Cada una de las certificaciones y normas mencionadas anteriormente mide de manera diferente los elementos a cuantificar en cuanto a las ecotecnologías o sistemas constructivos que apelan hacia el desarrollo sustentable. Por ejemplo, LEED se basa en la acumulación de mínimo 40 puntos en diversos temas para su certificación, mientras que la Hipoteca Verde en un ahorro económico mínimo de consumo tanto de energía como de agua. La NOM-020 y Sisevive-Ecocasa, junto con DEEVi y SAAVi, toman un proyecto o medición base para tomar acciones en cuanto a la prevención de uso de energía o agua, reduciendo el impacto negativo ambiental.

3.2.3 Selección de indicadores

A pesar de que existan las normas, certificaciones, calculadoras, evaluaciones, y más, mencionadas anteriormente y otras que no figuraron en el listado, se considera necesario realizar una selección de indicadores para generar un instrumento que cumpla con el contexto específico de Monterrey ya que, como se mencionó anteriormente, la situación de vivienda horizontal, clima, hidrología, cultura, expectativas de los usuarios, características del sector inmobiliario y la cuestión política, la ZMM llega a ser muy diferente al resto de la República, y por supuesto de otros países como Estados Unidos, a pesar de que se encuentre cerca de la frontera.

Por esa razón, para los fines de esta investigación, los indicadores que se tomarán en consideración para realizar el análisis de sustentabilidad del conjunto habitacional vertical seleccionado se dividirán en los tres pilares de la sustentabilidad: social, económico y ambiental.

Aparte de las normas y evaluaciones mexicanas, se identificaron diferentes certificaciones internacionales, así como el estudio realizado por Pilar Pérez (2010), Consejera Ambiental del Gobierno Vasco, *Green Building Rating Systems: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación?*, en donde se realiza una comparativa de diferentes evaluaciones y certificaciones y se muestran los puntos que cada una de estas, toca dentro de los tres ámbitos mencionados.

A partir de la investigación realizada de diferentes certificaciones, normas y evaluaciones nacionales e internacionales, se eligieron los indicadores más relevantes para el contexto de la

ZMM. Estos indicadores fueron establecidos en el diagrama de acuerdo con la clasificación mostrada en la Ilustración 6.

Primero se divide en dos secciones ya que algunos indicadores afectan a todo el conjunto y otros a cada vivienda por separado, después vienen los tres ámbitos seleccionados previamente en el ‘marco teórico’ de este trabajo, luego dentro de cada uno se ubican las diferentes categorías. Estas categorías son con base en las certificaciones, normas y evaluaciones investigadas en este apartado y en caso de ser necesario se repitieron en los diversos ámbitos, para que cada una de las categorías contara con diferentes indicadores relacionados a estas.

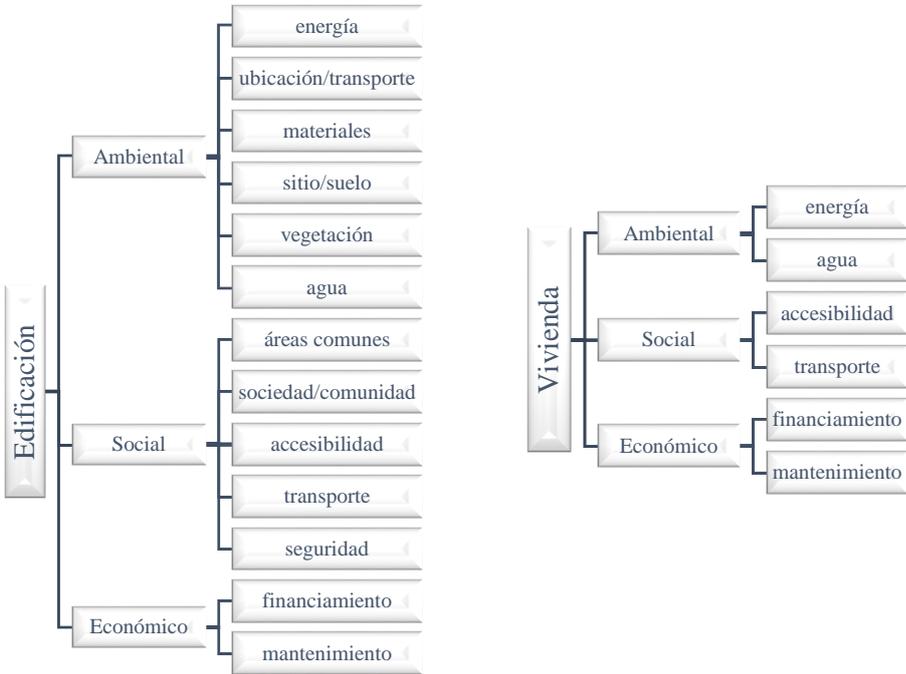


Ilustración 6: Clasificación de indicadores
Fuente: Elaboración propia

El ámbito del medio ambiente se enfoca principalmente en medidas para reducir el consumo de recursos, mitigar el cambio climático y mejorar la calidad de vida de las personas en cuanto a confort térmico y salud.

El ámbito social se centra mayormente en los elementos de entorno, valor de descanso y tiempo libre, bienestar y confort, accesibilidad, participación, educación, salud y seguridad. La razón por la cual se le da importancia a esta dimensión es para modificar el valor que se le da

al usuario al momento de desarrollar la vivienda, es decir, que en este caso se tomen en cuenta no solamente las necesidades básicas de descanso, comida, aseo y convivencia, sino que también se incluyan otros factores que son igual de relevantes.

Para los factores económicos se tomaron en cuenta financiamientos como la Hipoteca Verde e inversiones, así como el mantenimiento, modificaciones, reparaciones de la vivienda, eficiencia y adaptabilidad que se pudiesen realizar a corto y largo plazo; todo con el objetivo de promover mayor flexibilidad financiera a los actores relacionados al proyecto, y que los financiamientos no se conviertan en una obstrucción ante el desarrollo de vivienda sustentable.

En el ‘Anexo 3’ se encuentra la recopilación de los indicadores obtenidos de las diferentes fuentes mencionadas anteriormente. Después de establecerlos dentro de cada categoría, se mencionó la fuente de donde se obtuvieron, así como su unidad de medida y normalización y al final la ponderación que se realizó por medio de diferentes expertos utilizando el método *Delphi*, herramienta explicada más detalladamente en el apartado de diseño metodológico.

3.3 Mercado meta: Sector medio

De las razones principales para la selección del sector medio es el porcentaje de la población neoleonesa que forma parte de ese segmento, la cual, según el boletín de investigación de clases medias en México de INEGI 2013, el 39.2% de la población total del país, son de clase media (Forbes Staff, 2014), aunque en un estudio de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) se estima que en el estado de Nuevo León es del 60%. Por ser este sector la mayoría de la población en el Estado, el impacto que se pueda generar al implementar este tipo de soluciones puede tener un efecto positivo en la ciudad ambientalmente, tomando medidas para dejar de ser la ciudad con mayor contaminación atmosférica del país con 36 PM2.5 (partículas en suspensión de menos de 2,5 micras), así como para beneficiar al ámbito sociocultural.

Aunado a esto, según el Gobierno Municipal de Monterrey en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano para el Distrito Purísima-Alameda realizado por la Universidad Regiomontana (U-erre) por medio de LabCiudad, se puede encontrar una gran parte del público meta en la zona Cumbres, dentro del municipio de Monterrey. Los principales NSE identificados en la ZMM son B, C+, C y C- (2015). Los mismos identificados anteriormente como sector económico medio.

4. Estado del Arte

En este apartado se presentan cuatro casos internacionales de vivienda vertical que se denominan como sustentables, verdes, ecológicos o ahorradores, en donde se comparan tanto las características de la vivienda o de diseño, como los indicadores utilizados para ser sustentables según sea el caso. Algunos cuentan con certificación LEED, como el proyecto *Sage On Jackson*, *The Prince's Terrace Adelaide* que obtuvo *Green Star*, Otros, como el proyecto *Buggi 50*, es un proyecto gubernamental para aumentar el valor y calidad de vida de una zona en específico Los proyectos aquí analizados no necesariamente cumplen con los mismos criterios, aunque pueden ser considerados como sustentables.

Internacionalmente existen muchas edificaciones sustentables, por lo que se tomaron ejemplos de diferentes países en los que variaran sus condiciones climáticas, así como el estrato económico al que se encuentran dirigidos.

4.1 Sage On Jackson



Ilustración 7: Sage On Jackson

Fuente: Properties, 2013

Como se observa en la Ilustración 7, es un edificio multifamiliar de 20 departamentos, dirigido a personas que se preocupan por el futuro del planeta y quieren tener un impacto positivo. Cuentan con tres diseños diferentes mostrados en la Ilustración 8, todos de dos recámaras más un estudio pequeño. Las rentas van desde los \$1,595dls a los \$2,195dls (\$30,496 a \$ 41,968 pesos con un tipo de cambio en \$19.12 según el Banco de México al 11 de junio 2019) dependiendo el tipo y ubicación.



Ilustración 8: Tipos de departamentos SOJ

Fuente: Properties, 2013

Sin contar las de la certificación LEED, en la Tabla 4 se muestran las comodidades que incluye el edificio:

Tabla 4: Amenidades departamentos SOJ

Amenidades del edificio	Servicios incluidos	Amenidades de la vivienda
Ubicación central	Aire acondicionado y calefacción	Piso de madera / cerámica
Transporte público al frente	Agua caliente	Walk-in clósets
Estacionamiento subterráneo climatizado y estaciones para autos eléctricos	Gas	Accesorios de acero inoxidable + Energy Star
Bodegas de almacenamiento	Recolección de basura	Gabinets de madera
Gimnasio	Internet	Barra de cocina de cuarzo
Lobby con seguridad	Luz	Chimenea
Tintorería	Preparaciones para cable	Lavadora y secadora
Accesible		Lavavajillas
Pet friendly		Balcón
Libre de humo		Intercomunicador
Azotea verde / Patio / Terraza		

Fuente: Properties, 2013

Ubicación



Ilustración 9: Ubicación SOJ

Fuente: Properties, 2013

Como se indica en la Ilustración 9, la ubicación en la zona centro de Millwaukee, Wisconsin, USA, permite que los quehaceres diarios no requieran de transporte por medio de automóvil, ya que la mayoría de los destinos se encuentran a 5 minutos aproximadamente (0.25 millas, menos de medio kilómetro).

Indicadores sustentables

La edificación cuenta con certificación LEED Platinum 2014, con 103 créditos, siendo uno de los puntajes más altos. Aquí se mencionan algunos de los indicadores más relevantes e innovadores que se implementaron.

El software utilizado para medir la eficiencia energética del edificio, es ARC, el cuál es permitido por los sistemas LEED.

Sitio

Se encuentra al norte del distrito de negocios central y junto al corredor *Park East*, lo que ofrece una ubicación cercana a tiendas de conveniencia, locales, entretenimiento, y todo lo necesario para un estilo de vida activo. Este edificio incrementa la densidad en el área y la infraestructura local de manera positiva y sustentable.

Estructura

Los muros exteriores cuentan con paneles prefabricados de madera 2x8, lo que reduce desperdicios, y los generados se reciclan en la misma fábrica; estos marcos se encuentran rellenos con lana mineral para aislamiento térmico y acústico.

Diseño

La fachada frontal da la impresión de ser dos edificios diferentes, para no dominar y restar importancia a las casas existentes en la calle en que se encuentra. Los materiales y colores hacen resaltar la estructura, pero con del mismo estilo que el vecindario.

Desechos

Se recicló el 88% de los residuos de la construcción.

Azotea verde, aprovechamiento de agua pluvial y plomería

Por medio de la agencia gubernamental MMSD (*Milwaukee Metropolitan Sewerage District*), la azotea verde puede contener hasta 3,900gal (14,763 l) de agua de lluvia por cada evento. En caso de tormenta, se puede sumar la cantidad de 5,400gal (20,440 l), al utilizar un sistema de retención ubicado debajo de la banqueta. En cuanto al agua potable que llega a la cocina, esta pasa por plomería de cobre y un filtro de carbón, lo que la hace segura para beber y cocinar.

Iluminación y energía solar fotovoltaica

Por medio del diseño, se toma en cuenta la iluminación natural y luminarias LED o fluorescentes para reducir el consumo energético, pero en adición a esas medidas, en la azotea se encuentra un sistema de paneles fotovoltaicos que producen 19.95kW.

HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning)

Desde el diseño se contempla el eficientizar el uso de la climatización dentro de los departamentos, para incrementar el confort. Incluye un pozo bajo la estructura para calentar el aire, así como aparatos eficientes, y un boiler que funciona al 95%, en caso de requerirse.

Accesorios

Son certificados *Energy Star*® y similares. Así como las estufas *AquaLift*®, las cuales no requieren de mucha energía o de químicos para limpiarlas. Aparte de realizar las compras de manera local, a excepción de los microondas.

Pisos y acabados

Todos los productos de madera fueron de material reciclado, cultivadas y cosechadas de forma sostenible de bosques nativos y se consideró el ciclo de vida de los materiales. En cuanto al piso en el gimnasio, es caucho reciclado, el piso cerámico proviene de un proveedor local. El ladrillo de la fachada también es de una compañía ubicada en Wisconsin, *CalStar*®, y es de materiales reciclados, utilizando menos energía para su producción.

Todos los materiales, desde pintura hasta las alfombras se seleccionaron para asegurarse de que el edificio cuente con una baja cantidad de emisiones dañinas debido a los químicos contenidos en cada acabado.

La Ilustración 10 contiene algunas de las imágenes al interior de la edificación en donde se observan los materiales finales, la iluminación, y el sistema de control para el enfriamiento y calentamiento.



Ilustración 10: Galería de fotografías interiores

Fuente: Properties, 2013

4.2 “Buggi 50”

Se puede observar en la Ilustración 11 el edificio de vivienda, con 16 pisos, fusiona elementos tecnológicos y sociales. Es parte de un proceso de cambios en la zona, a partir del

2011, para modernizar el distrito, a través de rehabilitación de edificaciones de interés social, desde 4 hasta 16 niveles.



Ilustración 11: Buggi 50
Fuente: Fastenrath & Hulke, 2015

Se trabajó con los inquilinos y trabajadores sociales para contar con retroalimentación positiva y lograr las metas de reactivación del área, así como producir energía alternativa para la zona. Se diseñó un jardín y lugares para la comunidad, se acordó un mantenimiento regular, y se instalaron cámaras de seguridad. Al realizar juntas comunales, los inquilinos conocieron a sus futuros vecinos y se intercambiaron departamentos para lograr armonía. Además, se instruyó a algunas mujeres en el uso de las diferentes tecnologías para el ahorro de energía, para que puedan enseñar a los demás vecinos.

La renta aumentó el 28% de 4,82€/m² a 6,67€/m² (\$104.30 a \$144.34 pesos el m²; con el tipo de cambio en \$21.64 según el Banco de México al 11 de junio 2019), lo que trajo muchas críticas por la exclusión de personas de bajos ingresos, tratándose de un edificio de interés social, pero al convertirse en una vivienda pasiva, los ahorros energéticos obtenidos compensan el incremento.

Ubicación

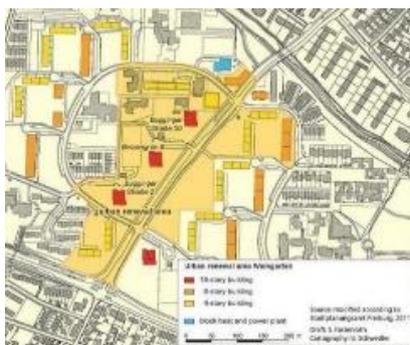


Ilustración 12: Ubicación B50
Fuente: Fastenrath & Hulke, 2015

La ubicación, mostrada en la Ilustración 12, de esta edificación es BuggingerStrasse 50, Freiburg, Alemania. Una zona abandonada en su mayoría, y de un nivel socioeconómico de interés social.

Indicadores sustentables

En cuanto a lo tecnológico, se mejoró la protección de la envolvente por medio de aislamiento en fachadas, azotea y sótano, y se implementaron nuevas ventanas triples. Se optó por un sistema de aire acondicionado con recuperación de calor con ventilación cruzada. La energía renovable se obtiene por celdas fotovoltaicas, lo que logró bajar de 68 a 15 kWh al año, en la energía utilizada para la calefacción.

4.3 The Prince's Terrace Adelaide

Es un conjunto de viviendas de tres niveles, los cuales cuentan con ocho departamentos con tres recámaras tipo *townhouse*, y cuatro unidades medianas, así como se observa en la Ilustración 13. Variando entre los 1,200 m².

El proyecto se logra a través de una mancuerna entre tres diferentes fundaciones (The



Ilustración 13: The Prince's Terrace Adelaide

Fuente: DHA, 2015

Prince's Foundation for Building Community, Prince's Charities Australia, Renewal SA and Defence Housing Australia), consiguiendo un estilo de vivienda con bajas emisiones de carbono, pero sin comprometer calidad, accesibilidad y acabados.

Ubicación

Este complejo de viviendas se ubica en Sixth Street, Bowden, Australia, antes una zona industrial, la cual fue rehabilitada.

Indicadores sustentables



*Ilustración 14:
Certificación Green Star*

Fuente: GBCA, 2015

Con la rehabilitación de la zona industrial para convertirse en habitacional, se promueve la densificación, reuso, y, por ende, una pequeña parte de la sustentabilidad. Al implementar métodos para eficientizar el uso de electricidad y agua en un 50% menos, se logra ser la primera residencia en recibir la certificación *Green Star* de la

zona (Ilustración 14). Utilizando elementos como la orientación, ventilación cruzada, iluminación natural, aislamiento en fachadas y azoteas, ventanas dobles, aparatos eficientes como en el aire acondicionado, ventiladores y chimeneas; se promueve el confort térmico para reducir el uso de energías, que cuando se requiere, se toma de las celdas fotovoltaicas, las cuales por el tipo de clima producen casi el 100% de la energía necesaria.

Los materiales utilizados, son entre reciclados, naturales y con mucho énfasis en locales, para promover el comercio en los alrededores y también reducir la huella de carbono total. La ubicación es céntrica, con fácil acceso a tiendas, cafés y amenidades, así como al transporte público.

4.4 Umwelt Haus (Casa del Medio Ambiente)



Ilustración 16: Umwelt Haus
Fuente: Carazo, 2015

Es la primera edificación autónoma en Suiza, diseñada para albergar a nueve familias. Se puede ver un render de uno de los departamentos, así como del exterior, en las Ilustración 15 y 16 respectivamente. Las personas que viven ahí desde el año 2016, fueron elegidas por medio de una audición para asegurar el éxito del proyecto, ya que son personas preocupadas con el medio ambiente y la eficiencia en el uso de energía. Y habiendo pasado la prueba en el invierno de ese año, se realizaron las modificaciones necesarias correspondientes a los módulos fotovoltaicos, para continuar con las mediciones y pruebas de eficiencia (First Energetic Multi-Family House in Brütten, 2017).

El estacionamiento es subterráneo, y se dispusieron dos automóviles para el uso de los habitantes, uno eléctrico que puede ser recargado ahí, y otro que utiliza biocombustible que puede abastecerse con los desechos orgánicos generados en el mismo edificio.



Ilustración 15: Render interior UH
Fuente: (Erstes energieautarkes Mehrfamilienhaus der Welt, s/f)

Pero el diseño, no solamente está realizado para eficientizar la energía, sino que también se toma en cuenta la vida diaria y personas comunes. Que, si bien están consternadas por el medio

ambiente, no se debe dejar de lado el confort personal; como dice su logo: “La construcción sostenible y la vida - sin sacrificar la comodidad”.

Ubicación

Este conjunto de departamentos se encuentra ubicado en Brütten, Zurich, Suiza, en un vecindario privilegiado, lo que complementa la elección de los habitantes.

Indicadores sustentables

En cuanto a los elementos sustentables utilizados por esta edificación, el más importante es que solamente utilizará energía solar, ya que se encontrará sin conexión a la red eléctrica ni de gas; lo que implica una reducción en el uso de energía para, al implementar aparatos eficientes, automatización de iluminación y sombreado, luminarias LED, tecnologías, entre otros.

Debido a la cantidad de módulos fotovoltaicos en la fachada principal y de energía requerida, según los cálculos de los arquitectos, una hora de sol al día basta para cumplir con esas necesidades, y en caso de que haya más horas, se acumula para los días en los que haga falta, utilizando baterías de hidrógeno. Para aprovechar al máximo la energía generada, se cuenta con un control del suministro, para no desperdiciar lo generado, en momentos donde no se utiliza. Aunado a la transformación de la energía, estos módulos también funcionan como paneles de aislamiento ante las altas temperaturas que se pueden llegar a registrar en ciertos meses del año; lo que también implica una reducción en costos al momento de implementar otras medidas de aislamientos, ya que se realizaron mediciones para no sobre proteger al edificio si no es necesario.

El agua será calentada por medio de sistemas de recuperación de calor, reduciendo el uso de energía y las emisiones que se podrían emitir por un medio convencional.

En cuanto a los materiales, más de treinta empresas se unieron para llevar a cabo el proyecto y contar en su portafolio con un proyecto sustentable.

4.5 Comparativa

En la Tabla 5 se muestran las diferentes características de las edificaciones analizadas anteriormente, así como sus indicadores sustentables. De todos los indicadores que contienen, se eligieron los más representativos para exponerse, y se presentan los que son repetitivos en los cuatro ejemplos.

Tabla 5: Comparación de edificaciones

Imágenes	Edificaciones	Características	Indicadores Sustentables
	1. Sage On Jackson E.U.A.	Edificio 20 departamentos	Arq. Bioclimática Aislamiento Energía renovable Energy Star Ubicación céntrica Reciclaje de desechos Accesible
	2. Buggi 50 Alemania	Edificio 16 pisos	Arq. Bioclimática Aislamiento Energía renovable HVAC eficiente Rehabilitación de zona habitacional Inclusión de inquilinos
	3. The Prince's Terrace Adelaide Australia	Conjunto de viviendas 8 departamentos	Arq. Bioclimática Aislamiento Energía renovable Aparatos eficientes Ubicación céntrica Bajas emisiones de carbono Rehabilitación de zona industrial
	4. Umwelt Haus Suiza	Conjunto habitacional 9 departamentos	Arq. Bioclimática Aislamiento Energía renovable Desconectado a la red eléctrica Aparatos eficientes Reciclaje de desechos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 5, de las cuatro edificaciones, todas comparten los indicadores para implementar la arquitectura bioclimática en el diseño, aun cuando se encuentran en ubicaciones con climas distintos. También la instalación de aislamientos térmicos, el uso de energías renovables, incluyendo la edificación en Suiza donde se realizaron

estudios específicos para solamente depender de la energía solar, y, por último, la utilización de aparatos eficientes.

Se puede observar que, aunque las edificaciones son destinadas hacia distintos grupos económicos, con diversos climas y diferentes normas con las que deben cumplir, todos cuentan con al menos estos indicadores sustentables: arquitectura bioclimática, aislamiento térmico, implementación de energías renovables y aplicación de aparatos eficientes. De igual manera, otros indicadores relevantes son la ubicación céntrica y la rehabilitación de zonas industriales o abandonadas.

5. Diseño metodológico

A partir de la situación descrita anteriormente y el contexto en que se encuentra la problemática, se define un proceso metodológico para llegar del supuesto de trabajo y preguntas generadoras, a completar los objetivos propuestos en este apartado.

5.1 Supuesto de trabajo

Utilizando los indicadores adecuados para la Zona Metropolitana de Monterrey, N.L., se puede reducir el impacto ambiental de los conjuntos de vivienda vertical y al mismo tiempo promover una mejor calidad de vida, respetando también un presupuesto que haga el proyecto alcanzable para un segmento del sector medio de la población neoleonesa.

5.2 Preguntas generadoras

Se define una pregunta principal, de la que se generan dos secundarias. Las tres están ubicadas en el contexto que anteriormente fue descrito.

Pregunta principal

1. ¿Qué criterios de diseño sustentable requiere una vivienda vertical para el sector medio, en la Zona Metropolitana de Monterrey, para considerarse sustentable?

Preguntas secundarias

2. ¿Qué impactos ambientales y sociales pueden esperarse del diseño y construcción de un conjunto habitacional vertical típico en la Zona Metropolitana de Monterrey, N.L., y cómo se pueden mitigarse los impactos negativos?

3. ¿De qué manera es posible financiar un conjunto habitacional vertical sustentable, para amortizar el sobre costo que resulta de la inversión inicial de las estrategias sustentables?

5.3 Objetivos del proyecto

Los siguientes tres objetivos responden a las preguntas generadoras que se definieron en el apartado anterior.

Objetivo Principal

1. Establecer los criterios e indicadores de diseño sustentable para edificaciones de vivienda verticales que se adecúen al contexto dentro del sector medio, para mejorar el impacto ambiental y social de la Zona Metropolitana de Monterrey, N.L.

Objetivos Secundarios

2. Cotejar en tres escenarios las mejoras ambientales, sociales y económicas del conjunto habitacional vertical ubicado en la Zona Metropolitana de Monterrey, según los indicadores sustentables obtenidos, antes y después de aplicar las estrategias.

3. Verificar la viabilidad económica de la propuesta por medio de un modelo de financiamiento, para amortizar el sobre costo de las estrategias sustentables en el conjunto habitacional vertical.

5.4 Postura epistémica

Se toma una postura crítica con una metodología híbrida. Para ambas situaciones se utilizará la investigación documental.

Aunado a esto, para la metodología cualitativa se aplicará primero la observación de diferentes casos de estudio, corroborando los indicadores con los que cuentan las edificaciones sustentables en la ZMM y definir el perfil del usuario, para complementar el listado de indicadores y conocer la situación actual en cuanto a vivienda vertical.

Además, se aplican *focus groups* como dinámicas participativas a una sección representativa del mercado al cual va dirigido con el fin de conocer la opinión de los usuarios potenciales en cuanto a la vivienda vertical y la sustentabilidad, así como también agregar otro enfoque a la

selección de indicadores. Para después realizar una segunda dinámica con los mismos participantes donde se explore su opinión en cuanto a la ponderación de los indicadores y otros temas financieros y de inversión.

Posteriormente, se utilizará el método *Delphi* con la finalidad de ponderar los indicadores previamente seleccionados y normalizados, utilizando la experiencia y conocimiento de especialistas en los diferentes temas acorde a la realidad en Monterrey.

Por último, las entrevistas a funcionarios públicos e instituciones financieras públicas y privadas, con la finalidad de ratificar la viabilidad económica del proyecto.

En cuanto a la metodología cuantitativa, se realizará un modelado en 3D del conjunto habitacional por diferentes softwares, para la medición y su posterior análisis de los efectos ambientales, así como una propuesta de su posible financiamiento y diferentes escenarios de los resultados proyectados a nivel metropolitano.

5.5 Metodología

La metodología seleccionada se divide en nueve etapas, las cuales apuntan hacia cumplir los tres objetivos definidos anteriormente y se resumen en la Tabla 6. Estos son, principalmente, establecer por medio de una evaluación a un conjunto habitacional vertical considerado como típico en la ZMM, los indicadores sustentables que mejoren el impacto ambiental y social para un segmento del sector medio; después, cotejar las mejoras ambientales, sociales y económicas del conjunto habitacional vertical ubicado en la ZMM, según los indicadores sustentables obtenidos, antes y después de aplicar las estrategias; y por último, verificar la viabilidad económica de la propuesta por medio de un modelo de financiamiento.

Tabla 6: Metodología

Etapa	Herramienta	Producto
1. Definición de perfil de usuario y uso de vivienda	- Investigación documental - Observación directa - <i>Focus groups</i>	Perfil de usuario y uso de la vivienda
2. Matriz de indicadores	- Investigación documental - Observación directa - Método <i>Delphi</i>	Matriz de indicadores sustentables
3. Análisis del sitio y conjunto habitacional vertical existente	- Bioclimarq ²⁰¹⁶ - Revit / Insight	Análisis previo para evaluación del proyecto existente en la matriz de indicadores sustentables
4. Evaluación de conjunto habitacional vertical existente	- Matriz de indicadores sustentables - Revit / Insight	Nivel de sustentabilidad del conjunto habitacional vertical existente
5. Selección de estrategias de adecuación al proyecto	- Matriz de indicadores sustentables	Tres diferentes escenarios de mejoras que se pueden lograr según las estrategias seleccionadas
6. Cotejo del conjunto antes y después de las estrategias	- Matriz de indicadores sustentables - Mediciones de consumos de agua, energía eléctrica y emisiones de CO ₂ eq.	Conocer las mejoras, reducciones de consumo y emisiones a nivel metropolitano, según la proyección inmobiliaria y los permisos emitidos para esta tipología de edificación
7. Validación de la propuesta y escenarios prospectivos	- Dinámica participativa	Validación de las estrategias sustentables por parte de los usuarios que participaron en los <i>focus groups</i> y definir los tres escenarios prospectivos
8. Propuesta financiera	- Entrevistas semiestructuradas a funcionarios públicos, e instituciones financieras - Excel - Revit	Propuesta financiera a corto, mediano y largo plazo, con plan de manteamientos y mejoras en los tres escenarios propuestos anteriormente
9. Conclusiones	Etapas 1 a 8	Trabajo de Obtención de Grado

Fuente: Elaboración propia

Así como se establece en la Tabla 6, primero se definió el perfil del usuario y el uso que le da a la vivienda a través de tres herramientas: 1) investigación documental, donde se realizó un estudio del nicho más adecuado en cuanto a edad, ingreso, ubicación de su vivienda actual, entre otros factores; 2) observación directa a edificaciones consideradas como sustentables, ecológicas, verdes o ahorradoras, donde se analizan sus principales indicadores y el uso de la vivienda por parte de los usuarios; y 3) tres dinámicas participativas con *focus groups*, donde

se conocen las opiniones de usuarios en cuanto a la sustentabilidad, las preferencias, gustos y tendencias, específicamente en el sector económico seleccionado.

Después, por medio de investigación documental se hizo un análisis de indicadores que implementan las distintas normas, certificaciones y financiamientos ya establecidos, para hacer una selección previa de indicadores a observar, tanto en la edificación como en cada vivienda por separado, con el objetivo de encontrar los elementos que aplica cada edificio observado. Por último, se aplicó el método *Delphi* junto con diferentes expertos de la ZMM, para depurar y ponderar la matriz de indicadores sustentables previamente seleccionados con base en el contexto ambiental, social, cultural, político y económico de la ciudad de Monterrey.

Luego, con base en el diseño, otorgado por un externo, de un conjunto habitacional vertical considerado como típico de la ZMM, principalmente por el tipo de materiales utilizados y número de niveles, se definió la ubicación en que se establecerá la propuesta y se comienza con el análisis. Primero se hace un análisis climático general y posteriormente se analiza el conjunto vertical y las viviendas para entrar en contexto.

En seguida se evaluó al conjunto y viviendas en el sitio destinado, utilizando la matriz de indicadores sustentables, identificando las debilidades y oportunidades con las que cuentan, para considerar las estrategias por implementar.

Posterior a la evaluación, se definieron las estrategias de adecuación que serán aplicadas al proyecto típico, las cuales serán ubicadas dentro de tres escenarios en donde, según los elementos seleccionados, se llegará a un porcentaje de mejora en los diferentes ámbitos de la sustentabilidad dentro de la matriz.

Para comprobar las mejoras de la propuesta se cotejaron los resultados del conjunto antes y después de la implementación de las estrategias sustentables, utilizando la medición de la matriz de indicadores y consumos de agua, energía eléctrica y emisiones de CO₂ eq. No solamente para conocer las mejoras de esta edificación en específico, sino también, para tomar esas reducciones de consumo y emisiones, y calcularlas según la proyección inmobiliaria y los permisos emitidos para esta tipología de edificación en la ZMM en el último año, y así exponer las mejoras que tendría la implementación de cada uno de los escenarios a nivel metropolitano.

Con el propósito de validar que la propuesta sea aceptada por los usuarios del sector económico definido, se elaboró una dinámica con los mismos participantes de los *focus groups*, en donde se conoció su opinión ante las estrategias sustentables propuestas. También se definen los tres escenarios prospectivos, donde según la matriz el nivel de sustentabilidad del conjunto varía entre básico, medio e ideal.

Por último, se creó una propuesta financiera a corto, mediano y largo plazo, con plan de mantenciones y mejoras en los tres escenarios propuestos anteriormente utilizando Revit y Excel, también tomando en cuenta la opinión de funcionarios públicos e instituciones financieras públicas y privadas quienes facilitaron su conocimiento por medio de entrevistas semiestructuradas.

Finalmente, se tomaron las conclusiones desde la primera etapa hasta la última, para formular el Trabajo de Obtención de Grado.

5.6 Selección de técnicas y diseño de instrumentos

Tras elegir las herramientas metodológicas a utilizar para cumplir con los objetivos, se diseñaron cuatro instrumentos para obtener y analizar la información, las cuales serán utilizadas posteriormente para crear la propuesta. Estos son: observación directa, *focus group* como dinámica participativa, entrevistas semiestructuradas y el método *Delphi*.

5.6.1 Guía de observación directa

Objetivos de la actividad

Con el objetivo de complementar la matriz de indicadores para la evaluación de las edificaciones y alcanzar un mayor impacto ambiental, social y económico, así como identificar el perfil del usuario, uso de las viviendas, y obtener una comparativa entre las metrópolis de Monterrey y Guadalajara en cuanto a vivienda vertical sustentable, se realizó un listado de edificaciones de uso habitacional, publicadas como sustentables en la Zona Metropolitana de Monterrey y de Guadalajara.

Los estados de Nuevo León y Jalisco son que cuentan con mayor número de registro de viviendas, 286,277 y 213,915 respectivamente al año 2018 (RUV, 2019). Lo que indica un desarrollo constante en el sector inmobiliario para ambos casos, por lo que se pretende obtener una comparativa en las tipologías de vivienda vertical publicitadas como sustentables y obtener un mayor conocimiento del mercado.

Se observaron las características constructivas, de materiales, el sitio y ubicación junto con su infraestructura dentro y en los alrededores, la implementación de sistemas pasivos y ecotecnologías, los ámbitos sociales como la tipología de los habitantes, la accesibilidad, las amenidades ofrecidas, y los ámbitos económicos como subsidios, inversión o financiamientos gubernamentales, bancarios, internacionales o privados, así como si existió la venta o renta de los departamentos. Estos indicadores son una combinación que distintas instituciones, certificaciones y normas, nacionales e internacionales, toman en consideración al momento de otorgar la certificación de sustentabilidad.

Detalles del contexto

Los edificios sustentables para la aplicación del reporte de observación de campo cuentan con las siguientes características: la publicidad como edificación sustentable, verde o ecológica, la tipología de vivienda habitacional vertical (excluyendo los usos mixtos, comercial u oficinas) y la ubicación dentro de la Zona Metropolitana de Monterrey y Guadalajara, según el siguiente apartado.

Nota: Los recorridos serán por la tarde, para percibir el asoleamiento que reciben, así como la calidad de iluminación con la que se cuenta. La guía para realizar la observación directa se encuentra en el ‘Anexo 1’.

Ubicación

La ubicación para la selección de las edificaciones elegibles para la Observación de Campo será dentro de la Zona Metropolitana tanto de Monterrey, Nuevo León, y de Guadalajara, Jalisco.

Para un primer filtro, se toman en cuenta todos los municipios que se ubiquen dentro de ambas Zonas Metropolitanas reconocidos por INEGI, CONAPO y la Secretaría de Desarrollo

Social y que se encuentren dentro del perímetro de contención urbana según CONAVI 2017, PCU 1 o 2.

En la ZMM son 12 municipios: Apodaca, Cadereyta Jiménez, García, San Pedro Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina, y Santiago. Mientras que en la ZMG son 8 municipios: El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan (INEGI, 2010).

Listado de edificios Monterrey

A partir de estos parámetros, se realizó una búsqueda, por medio del *buscador* de internet Google, para ubicar diferentes opciones de posibles casos para realizar las observaciones, dándole preferencia a las edificaciones más recientes, ya que contarían con las ecotecnologías utilizadas actualmente. De esta búsqueda se redujo solamente a cuatro edificaciones verticales con tipología habitacional y publicitados como sustentables, verdes, ecológicos o ahorradores, una dentro del municipio de San Pedro Garza García y tres dentro de Monterrey. El resultado se observa en la Ilustración 17.

1. Iconos Monterrey. Dirección: José Alvarado No. 1000, Monterrey.
2. Lucena Residencial. Dirección: Sendero de las Privanzas 300, Valle Poniente, Fracc. Privanzas 4°S, San Pedro Garza García.
3. El Semillero. Dirección: Mariano Matamoros 584, Centro, Monterrey.
4. Torre Up. Dirección: 15ª Avenida 101, Cumbres 1° Sector, Secc. A, Monterrey.

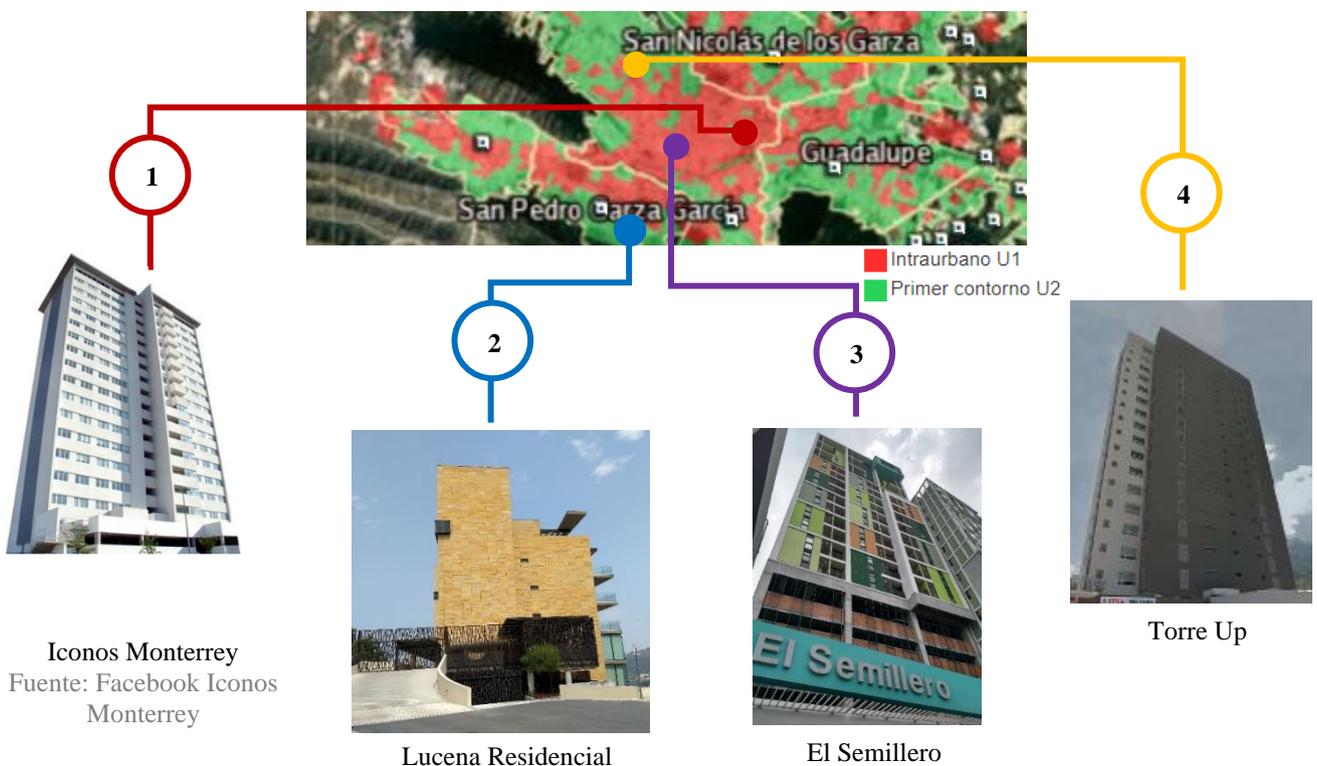


Ilustración 17: Listado de edificaciones de Monterrey
Fuente: Elaboración propia, con PCU de INEGI, 2016

Para obtener la comparativa entre ambas metrópolis, se realizaron cuatro visitas para Observación en Campo, en edificaciones dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara, utilizando los mismos caracteres mencionados anteriormente. Mostrando los resultados en la Ilustración 18.

1. Tre Alberta. Dirección: Calle Alberta 2082, Colomos Providencia, Guadalajara.
2. Haus 21. Dirección: Av. Guadalupe 4409, Ciudad de los Niños, Zapopan.
3. Torres Altos del Cortijo. Dirección: Federación 725, La Perla, Guadalajara.
4. Industria 401. Dirección: Industria 391, La Perla, Guadalajara.



Ilustración 18: Listado de edificaciones de Guadalajara
Fuente: Elaboración propia, con PCU de INEGI, 2016

Procedimiento de la actividad

Para comprobar la funcionalidad del Reporte de Campo para la aplicación de la observación directa, se planeó una prueba piloto en el edificio de departamentos FR Moderna, pero el cual fue eliminado de la lista debido a que se encontraba todavía en etapa constructiva por lo que se definió que las edificaciones tenían que estar terminadas con las ventanas y los accesorios instalados, ya que es una parte importante de la observación.

A partir de eso, se eligieron cuatro edificaciones en Guadalajara, no solamente para fungir como pruebas piloto antes de realizar las observaciones en Monterrey, sino también para tener una comparativa entre las dos metrópolis, en cuanto a la aplicación de diferentes técnicas y materiales para cumplir con los diferentes estándares de la sustentabilidad.

Al momento de realizar las primeras observaciones se vio la necesidad de agregar los datos de los desarrolladores, ya que a través de ellos fue más fácil obtener información en cuanto a los sistemas constructivos y otras especificaciones técnicas. También, en un inicio se tenía planeado obtener los porcentajes de tipologías de familias según la clasificación de hogares de INEGI, las cuales son nucleares, ampliados, compuesto, unipersonales, y corresidente, pero por razones de protección de la información de los residentes, se optó por cambiar a una descripción más general, la cual fue entregada por parte de los vendedores y administración.

Para las edificaciones en Guadalajara, el acercamiento fue primero directamente en las edificaciones y ahí mismo se solicitó permiso a administración en cuanto a las fotografías y la información adicional. No se contó con problemas de acceso a las edificaciones, ni de solicitud de informes, por lo que se logró tomar la información de primera mano.

A diferencia de Monterrey que, debido a motivos de inseguridad y privacidad ante los vecinos, las áreas comunes son para su uso personal ya que los departamentos se encontraban vendidos y habitados, por lo que las fotografías solamente se obtuvieron desde el exterior del terreno. Sin embargo, sí se logró un recorrido por parte de los vendedores, explicando el funcionamiento de las áreas, materiales y tipología de habitantes.

Aunque no formaba parte de la guía de observación, se observó que en todas las edificaciones las áreas comunes son utilizadas constantemente por los residentes. En algunas se pudo observar directamente, y, en donde no se encontraban personas presentes, se confirmó con el contacto, ya fuera administración o vendedores.

Reportes de observación Guadalajara

En esta sección (ubicada en el 'Anexo 1'), se muestra la información recolectada por medio de la observación directa en la Zona Metropolitana de Guadalajara, en cada una de las edificaciones elegidas anteriormente.

Los principales hallazgos de esta sección fue el uso que se le da a todas las áreas de las edificaciones visitadas y la tipología de usuarios que las habitan, así como los elementos ‘ecológicos’ presentes.

Reportes de observación Monterrey

En este apartado (ubicado en el ‘Anexo 1’), se indica la información recolectada por medio de la observación directa en la Zona Metropolitana de Monterrey, en cada una de las edificaciones elegidas anteriormente.

Los descubrimientos más relevantes, así como en el apartado anterior, fueron el conocimiento en cuanto al uso de las edificaciones y la tipología de usuarios que habitan en estas, además de las estrategias sustentables que implementa.

5.6.2 Guía de dinámica participativa (Focus Group)

Objetivos de la actividad

El objetivo de esta dinámica participativa es conocer las opiniones de los posibles residentes del edificio en cuanto a la sustentabilidad y la vivienda, para tomarlos en cuenta al momento de la planeación y diseño, y definir el perfil del usuario. Esto a través de una serie de preguntas abiertas y dos actividades.

Actividades

La primera actividad consistió en ordenar de mayor a menor importancia un conjunto de indicadores, los cuales se encuentran divididos en las siguientes categorías: seguridad, ubicación, accesibilidad, y sustentabilidad ambiental. La razón de esa clasificación fue el separar los indicadores ambientales de los sociales. Al mismo tiempo se agregó la categoría de amenidades, ya que, aunque no todas las palabras formasen parte de indicadores sustentables, indica las expectativas y gustos que tienen los usuarios. La selección de los indicadores se basó en la investigación realizada previamente en el marco teórico, pero se tradujeron algunos conceptos a palabras coloquiales para que pudiesen ser entendidas por todos los asistentes. Un

ejemplo es el concepto confort interno, que se tradujo a ‘aislante en paredes y techo que no deje pasar mucho calor/frío’.

Y la segunda actividad se basó en representar los diferentes cuartos de una vivienda con los metros cuadrados estándar, entregando a los asistentes una hoja cuadriculada y cuadros de papel representando los diferentes cuartos de una vivienda con los metros cuadrados. La cuadrícula funge como metros cuadrados de un departamento, por lo que cada participante puede ubicar la cantidad de cuartos deseable en su vivienda, según el tamaño del departamento.

Detalles del contexto

Se realizaron tres *focus group* para cumplir con la etapa 01 de la metodología, ‘definición de perfil de usuario y uso de vivienda’, divididos en tres grupos según la disponibilidad de los asistentes. Las sesiones se llevaron a cabo el lunes 26, martes 27 y miércoles 28 en una oficina en Colinas de San Jerónimo, a las 7:00pm.

Justificación para el perfil de participantes

Para definir el perfil de los participantes se tomaron en cuenta diferentes factores como lo son el ingreso mensual, edad, género, ubicación de su residencia, así como otros elementos característicos del sector medio, de acuerdo a INEGI, CONAVI, AMAI, y SEP (Secretaría de Educación Pública), según sea el caso.

Para determinar el ingreso se toma en cuenta el costo de la vivienda definido por INFONAVIT, específicamente la vivienda tradicional, en donde el mínimo sería de 200 VSMM (Veces Salario Mínimo Mensual) (\$486,643.20) y el máximo de 350 VSMM (\$851,625.20). Por lo que se realiza un cálculo en donde se obtiene que, para obtener este tipo de vivienda a 10 años, con no más del 30% del ingreso, se requeriría un sueldo mensual de \$13,517.88 a \$23,656.27. Para términos del estudio, se redondearán las cantidades de \$13,500 a \$25,000.

Aunque la edad mínima para obtener un crédito es de 18 años y la máxima de 64 años (con 11 meses), las hipotecas para jóvenes ofrecen más beneficios, mientras que después de los 40 años no suelen llegar al 100% del inmueble. Otro requisito usualmente es el de un historial de trabajo de mínimo dos años, por lo que tomando en cuenta que, en el estado de Nuevo León,

según la SEP (2016), la mayoría de las personas se gradúan a los 22 años, si se le suman otros 2 años de experiencia en un trabajo, entonces la edad mínima para esta dinámica será de 24 años, y la máxima de 39 años, los cuales serán divididos en dos grupos, un grupo comprende de 24 a 31 años, y el segundo grupo comprende de 32 a los 39 años de edad.

Para obtener una representación equitativa dentro de cada sesión, tomando en cuenta el género de las personas, éste será preferentemente del 50% para mujeres y 50% para hombres. Aunque puede llegar a ser hasta 60% hombres y 40% mujeres, lo que representaría a la población económicamente activa en el estado de Nuevo León, según datos de INEGI hasta el año 2015. Según INEGI, la población entre estos rangos de edad es de aproximadamente 24% de la población en el estado de Nuevo León en el 2015, siendo casi $\frac{1}{4}$ de la población total.

En cuanto a la ubicación, se considerarán todos los 12 municipios (Apodaca, Cadereyta Jiménez, García, San Pedro Garza García, General Escobedo, Guadalupe, Juárez, Monterrey, Salinas Victoria, San Nicolás de los Garza, Santa Catarina, y Santiago) y las colonias que se encuentren dentro del PCU 1 o 2 de la Zona Metropolitana de Monterrey.

Para las otras características, se hizo una recopilación de lo que define al sector medio conforme INEGI y AMAI, que, como señala la última, el Nivel Socio Económico Medio (C), forma el 20% de la población en la ZMM. Entonces, se agregan los siguientes puntos: contar con computadora, preparatoria terminada, viven en casa o departamento rentado o con algún tipo de crédito o hipoteca, y cuentan con un trabajo asalariado.

Perfil de participantes

Tras analizar la información anterior, se decidió establecer los siguientes parámetros para la selección de los participantes de una manera más eficiente y rápida:

- Ingresos de \$13,500.00 a \$25,999.00
- Edad de 24 a 39 años
- Género: 40% mujeres y 60% hombres
- Vivienda dentro de la Zona Metropolitana de Monterrey
- Otros
 - Cuenta con computadora
 - Preparatoria terminada

Guía para las sesiones

Materiales necesarios para la actividad

- Información de los 8 asistentes
- Listado de preguntas
- Grabadora de sonido
- Diario de campo y pluma o lápiz
- Mesa redonda / rectangular
- 9 sillas (1 moderador y 8 participantes)
- Aperitivos y bebidas

Bienvenida:

Buen día, les agradezco por venir, mi nombre es Selene Aparicio. El tema de este estudio va a ser la sustentabilidad, y en específico la construcción sustentable, pero antes de iniciar quisiera me contaran un poco de ustedes, si pudieran decir su nombre y a que se dedican o que estudiaron, y algunas actividades que realicen en su tiempo libre.

Vamos a tener una cámara y una grabadora para llevar un registro preciso de la actividad.

Preguntas:

1. ¿Alguien sabe qué es la sustentabilidad? (y anotar sus respuestas en el rotafolio)
 - Les voy a leer la versión más básica que se origina en 1992 con el tratado de Brundtland, en donde se define como satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer las de las futuras. Y se centra, principalmente, en el ámbito ambiental, social y económico, pero se debe incluir también la cultura, pobreza, agua, recursos, justicia, entre otros.
2. Ustedes conocen o han oído hablar de algún casa o edificio que sea sustentable en Monterrey
3. ¿Si les dieran la oportunidad, vivirían en una casa o edificio sustentable?
4. ¿Qué características creen que lo hacen sustentable?
5. Ordenar estas palabras en columnas de lo más importante a lo menos

Aislante paredes que no deje pasar mucho calor/frío	Sistema de riego ahorrador	Varios tipos de departamentos (1, 2 o 3 recámaras)	Reja para autos
Aislante techo que no deje pasar mucho calor/frío	Energías renovables	Estacionamiento para residentes	Lobby/Recepción
Ventanas doble cristal que no dejen pasar mucho calor/frío	Aire acondicionado eficiente	Estacionamiento para visitas	Lavandería (dentro del departamento o compartida)
Alta densidad	Aparatos eficientes (llaves de agua/regaderas/sanitarios)	Ciclopuerto	Tiendita dentro del mismo terreno
Transporte público cercano	Protección solar	Rampas para silla de ruedas/carriolas	Terraza
Ciclovía cercana	Iluminación natural	Piso táctil para invidentes	Salón eventos
Baja afectación al suelo/montañas/ríos	Ventilación cruzada (natural)	Elevador	Alberca
Alta absorción de agua cuando llueve	Uso de composta natural para áreas verdes	Interfón	Gimnasio
Reúso de agua residual (lavabos/regaderas/baños)	Vegetación abundante	CCTV (cámaras de seguridad)	Canchas
Captación y reúso de agua pluvial (lluvia)	Huerto urbano	Barda con alambrado	Áreas verdes privadas
		Guardia de seguridad	Juegos infantiles
		Pluma para autos	Pet friendly

6. ¿Qué desventajas encontrarían en vivir en un edificio de vivienda sustentable?
7. En estas dos fotos podemos ver una casa tradicional, y otra sustentable. En la vivienda sustentable estarían ahorrando en agua y energía, y por lo tanto en los recibos mensuales, aparte de contribuir con el medio ambiente. ¿Pagarían más por vivir ahí?
 - 2 fotos de la misma vivienda, una sustentable y la otra no
 - Sí, ¿hasta cuánto porcentaje más?
 - No, ¿por qué?



8. Los que dijeron que sí, ¿estarían dispuestos a pagar un poco más de mantenimiento para dar servicio a los elementos sustentables (tanto muros verdes como tecnologías sustentables, así como paneles o calefactores solares)?
9. ¿Qué otro factor haría que eligieras la vivienda sustentable sobre la tradicional?

10. Ya casi terminamos, si se supone que dentro de los próximos cinco años se estarían pensando en mudar o adquirir una vivienda, ¿con quiénes se irían a vivir ahí, familia, pareja, amigos?
11. ¿Qué cosas les gustaría que haya cerca de su vivienda?
12. Y, por último, vamos a realizar una actividad.
 - Cada quién tiene un cuadro que representa el espacio promedio en m² de un departamento, y los otros cuadros representan los cuartos que pudieran incluir, también con sus m² aproximados.
 - Entonces acomoden en su departamento todos los cuartos que quieran, y que les quepan, según sus planes a futuro, dependiendo del número de personas, sus gustos y estilo de vida (si les gusta invitar gente, etc.)

Despedida:

Con esto termina la sesión, les agradezco mucho su tiempo y que hayan compartido su opinión, que tengan un buen día.

Procedimiento de la actividad

Para la preparación de la dinámica participativa, primero se definieron las ubicaciones en donde se llevarían a cabo las sesiones, las cuales, por la temática, fueron patrocinados por distintas empresas, así como los aperitivos que fueron ofrecidos a los asistentes. A partir de eso, y con el perfil de los participantes definido, se buscó, a 20 personas que cumplieran con lo anterior.

Después, se imprimieron las preguntas y las dinámicas que se realizarían en cada sesión, para llevar el material listo en los días indicados.

Durante la primera sesión, en la actividad de categorización de las palabras relacionadas a la sustentabilidad, se separaron en cinco categorías en el momento, para llevar un mejor control tanto para el trabajo como para los participantes. En cuanto a la segunda actividad, donde se les dio la libertad de “diseñar” su propio departamento, también se les permitió doblar las hojas que representaban los diferentes cuartos, reduciendo los metros cuadrados de los espacios. En la Ilustración 19 se pueden observar ejemplos de ambas actividades.

Detalles

Se realizaron las entrevistas en el periodo primavera-verano 2018, para contar con la información necesaria antes de comenzar con la etapa 5 de selección de estrategias sustentables, así como la etapa 8 de la propuesta financiera.

Los tipos de personas que se busca entrevistar forman parte de los siguientes tipos de grupos característicos:

1. Institución pública relacionados a la construcción

- a. IMPLANc MTY (Instituto Municipal de Planeación Urbana y Convivencia de Monterrey)

2. Inversión financiera

- a. Pública nacional: INFONAVIT
- b. Privada: Banorte

Procedimiento de la actividad

Al ubicarse el proyecto en la Zona Metropolitana de Monterrey, se enfocaron las entrevistas a esa zona, en específico IMPLANc MTY, Banorte, e Infonavit.

Debido a la distancia y comodidad del entrevistado, las entrevistas se realizaron por medio de correo electrónico.

Las instancias de Infonavit e IMPLANc MTY fueron las primeras en responder, mientras que para la institución financiera Banorte, se cambió dos veces de entrevistado, para lograr la entrevista de un tercero, quien después de iniciadas las preguntas vía telefónica, requirió que se realizara vía correo electrónico.

5.6.4 Guía de método Delphi

Objetivos de la actividad

Por medio de investigación documental, se configuró una matriz de indicadores de sustentabilidad conformada de diferentes normas y sistemas de evaluación y certificación, internacionales y nacionales, analizados previamente en el apartado del marco contextual.

La forma en que son medidos cambia de uno a otro, inclusive si se encuentran dentro del mismo ámbito de la sustentabilidad, razón por la cual el objetivo de esta herramienta es otorgar una ponderación de cada uno de los indicadores de la matriz propuesta, de la manera más objetiva y realista posible, basándose en la experiencia de diferentes expertos en cada una de las categorías que se pueden encontrar en la matriz de indicadores.

Esto se debe a que el valor que cada indicador puede aportar para el ambiente y la comunidad cambian según el contexto. Por esa razón se realizó una ponderación de cada indicador, para fomentar la sustentabilidad, específicamente en el contexto ambiental y socioeconómico de la ZMM.

Selección de expertos

A través de investigación documental y conocimiento empírico, se ubicaron a diferentes expertos dispuesto a colaborar con el estudio, tomando diferentes expertos por cada una de las categorías dentro de los tres ámbitos de la sustentabilidad. Todos estos individuos, grupos de personas u organizaciones, tienen alguna relación con la ZMM ya que así se obtendrán valoraciones representativas para el tema en cuestión.

Una de las características del *Método Delphi* es el anonimato, por lo que se caracterizan las categorías de los expertos para responder a las diferentes preguntas y posteriormente realizar la ponderación de los indicadores. Pero sí deberán de encontrarse relacionados con alguna de las categorías que se mencionaron anteriormente. La cantidad de expertos también es anónima, tomando en cuenta que la importancia radica en la calidad de la información que se puede aportar, y no en la cantidad.

Se tomaron diversos expertos *académicos*, los cuales aportan una visión desde el conocimiento por medio de investigación y desde la aplicación en diversos sectores, ya que estos aparte de encontrarse en un nivel de investigación, también se ven involucrados en la práctica profesional.

Para tomar en cuenta actores involucrados en el desarrollo de la vivienda, así como programas de servicios básicos, se considera la participación del *sector público*.

Por otro lado, el *sector privado* otorga una perspectiva influenciada por las normativas, proyectos o especificaciones del sector público, como por inversionistas y al no encontrarse atados a un sector en específico, las *asociaciones civiles* forman un sector clave para la valoración de los indicadores, puesto que se rodean de diferentes visiones y forman parte de un grupo de expertos que se dedican a obtener lo mejor para la sociedad, tratando de no involucrarse en temas de índole políticos o privados.

En conclusión, los perfiles de los expertos seleccionados se dividen, de tal manera que las diferentes áreas relacionadas al desarrollo de conjuntos habitacionales verticales queden cubiertas, en los siguientes grupos:

1. Académicos con experiencia en desarrollo urbano público y privado.
2. Académicos con experiencia en sustentabilidad.
3. Instituciones públicas nacionales relacionadas a desarrollo de vivienda y financiamientos.
4. Instituciones públicas nacionales relacionadas al desarrollo urbano y construcción.
5. Instituciones privadas nacionales relacionadas al desarrollo de vivienda y construcción.

Detalles

Cada uno de los indicadores se asignará a la categoría correspondiente dentro de los tres pilares de la sustentabilidad. Las categorías dentro del ámbito ambiental son: energía, ubicación y transporte, materiales, sitio y suelo, vegetación, y agua; en cuanto al ámbito social se cuenta con: áreas comunes, sociedad y comunidad, accesibilidad, transporte, y seguridad; y en el ámbito económico se encuentra el financiamiento y el mantenimiento.

Se realizaron dos rondas durante la actividad. La primera con preguntas para los expertos, que dieron pie a una selección previa de los indicadores más relevantes, según la frecuencia con la que éstos hayan sido mencionados. Después de analizar las respuestas, se envió retroalimentación a los participantes, para una mayor comprensión y perspectiva, para después iniciar con la segunda ronda en donde se ponderaron los indicadores seleccionados.

Ronda 1. Preguntas

A través de las preguntas que se enviaron a los expertos, se obtuvo la frecuencia con la que fueron mencionadas ciertas problemáticas ambientales y sociales, así como soluciones para mitigarlas, y certificaciones o normas que mejor apliquen para el contexto del medio ambiente y sociedad de la ZMM. O en su defecto, que pudieran afectar de manera negativa al no tomarse en cuenta dentro del contexto.

El formato incluye un párrafo en donde se contextualizó el propósito de la investigación:

Tomando en cuenta el panorama futuro específico para la ZMM en donde se prevé un incremento de desarrollos verticales, se espera que a través de esta investigación se defina una serie de indicadores sustentables los cuales impactarán de una manera positiva a la ZMM, considerando el estilo de vida en la comunidad y la cultura de vivienda horizontal con la que se cuenta en el área.

1. ¿Cuáles son las problemáticas ambientales y sociales más evidentes en la Zona Metropolitana de Monterrey, con relación a la vivienda vertical?
2. ¿Qué elementos constructivos o de diseño son los más utilizados para intentar mitigar estas problemáticas?
3. ¿Qué certificaciones, evaluaciones o normas, internacionales o nacionales son más relevantes para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y del Plan Estratégico 2030 de N.L., relacionados con vivienda vertical y desarrollo sustentable?
4. ¿Qué elementos son los más relevantes al momento de proyectar un conjunto de vivienda vertical?
5. ¿Qué razones creen que impiden la implementación de medidas sustentables en las distintas edificaciones?
6. En la matriz adjunta, identificar con un color los indicadores que se consideren indispensables para un desarrollo sustentable, y de otro color los que no sean relevantes, y en donde se considere necesario incluir una justificación.

Ronda 2. Ponderación

Para la ponderación se tomaron en cuenta los indicadores que se eligieron a partir de las preguntas en la primera ronda. Por un lado, se pondera cada indicador según su importancia, numerando del 1 al 4 (de menor a mayor valor), y por otro, se valora la categoría que contiene los indicadores, puesto que también representan diferente nivel de importancia entre uno y otro.

Procedimiento de la actividad

La actividad fue desarrollada a lo largo del verano 2018. En primer lugar, se contactó a diferentes expertos con la propuesta de participar en la actividad. A partir de las confirmaciones de participación, fueron enviadas las preguntas y matriz correspondientes a la primera ronda, en donde se obtuvieron respuestas y una reducción de indicadores considerando los más relevantes, a discreción de cada experto por separado. Algunos resultados fueron recibidos por correo electrónico, mientras que otros se obtuvieron por medio de llamadas telefónicas, y les fueron requeridas mínimo tres respuestas por pregunta para lograr un mejor análisis y síntesis de estas

Estos intercambios resultaron en distintos gráficos donde se identificaron los puntos más importantes de cada una de las preguntas.

Posteriormente se reenvió la matriz, únicamente con los indicadores resultantes de la primera ronda, por lo que la ponderación, aparte de aplicarse a cada categoría, también se realizó para los indicadores que resultaron más relevantes.

Como información adicional, en la pregunta número tres se hace referencia al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y del Plan Estratégico 2030 de N.L., relacionados con vivienda vertical y desarrollo sustentable, ya que en el diseño de metodología, se consideró que habría una relación directa, pero se tomaron las respuestas en general, como mejoramiento en cuanto a la contaminación atmosférica, recurso hídrico, energía eléctrica, y beneficios para la sociedad neoleonesa.

Resultados preliminares

Además de conocer la opinión de los expertos, el principal resultado fue la depuración y ponderación de todos los indicadores, por lo que se completó la matriz de indicadores necesaria para cumplir con los objetivos de este trabajo.

5.6.5 Guía de encuesta (validación de usuarios)

Objetivos de la actividad

El objetivo de esta encuesta es conocer la opinión de los usuarios en cuanto a los proyectos de vivienda vertical sustentable, así como sus opciones, posibilidades y expectativas de inversión para implementación de estrategias sustentables y establecer la importancia de éstas para ellos; para después realizar una comparativa con la ponderación recibida por parte de los expertos. Esto a través de una encuesta y una actividad dinámica dentro de la misma.

Actividad

La actividad consiste en separar las estrategias sustentables en los tres escenarios propuestos en los que se aplican las diferentes estrategias o ecotecnologías para cumplir con un porcentaje de sustentabilidad; estos son: básico 50% (lo mínimo que deberían de tener todas las viviendas), medio 75% e ideal 100% (si se quiere llegar a ser 100% sustentable).

En la Ilustración 21 se muestra un ejemplo de cómo se les presentaron los escenarios a los participantes, en donde debieron de elegir el tipo de escenario para cada estrategia después de una breve explicación.

Perfil de participantes

Para continuar con la congruencia del proyecto, se eligieron los mismos participantes de los tres *focus groups* realizados anteriormente, aprovechando su conocimiento previo

9 No exceder espacios de estacionamiento pedidos por municipio. Si no hay lugares de más, se buscan otros medios de transporte.

10 Pintura sin contaminantes. Se prohíben pinturas con minio o sustancias crómicas que afectan la salud y contaminan durante su producción.

11 Cerámicos sin contaminantes. Se prohíben cerámicos con metales pesados que afectan la salud y contaminan durante su producción.

12 Madera Certificada. Asegurarse que la madera provenga de bosques protegidos y certificados que restoraran.

	9	10	11	12	13	14	15	16
Básico	<input type="checkbox"/>							
Medio	<input type="checkbox"/>							
Ideal	<input type="checkbox"/>							

Ilustración 21: Selección de escenarios para estrategias
Fuente: Elaboración propia

por la sustentabilidad. Por lo que también se espera conocer si existen discrepancias entre las preguntas anteriores y las actuales.

Detalles del contexto

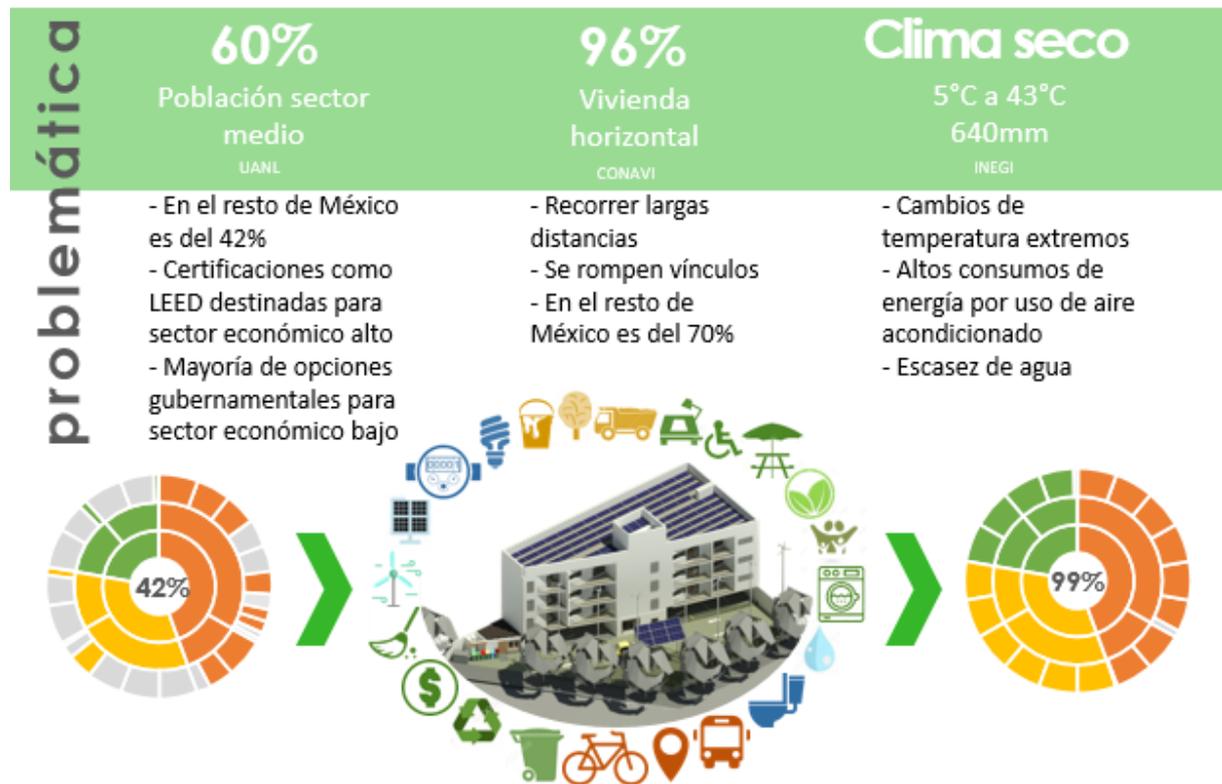
Con esta dinámica participativa se logra cumplir con la etapa 07 de la metodología, validación de propuesta. Se envió electrónicamente a todos los participantes el viernes 31 de mayo del 2019 y se dejó abierta durante una semana, en la cual se obtuvieron todas las respuestas requeridas.

Sección 1 - Problemática

Vivienda Vertical Sustentable

Ya existen certificaciones sustentables de diferentes países, pero el contexto cambia según la ubicación, y lo que funciona en un lugar no sirve igual en otro.

MTY
Mayor contaminación atmosférica en México y #9 en LATAM
36 PM2.5 anual
WHO



Se realizó un análisis de usuarios y viviendas, así como uno climático para identificar los indicadores sustentables que traen mayores beneficios al medio ambiente y sociedad, según el contexto específico de Monterrey, N.L.

1. ¿Qué tan importante es la sustentabilidad para ti y tu familia?

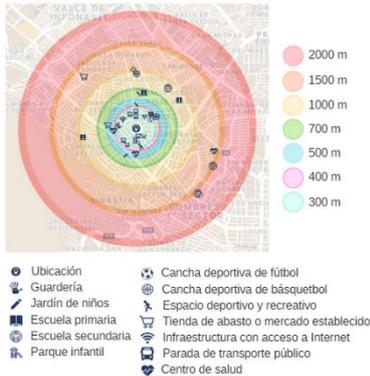
1 2 3 4 5

Nada Mucho

2. ¿Te gustaría vivir en una vivienda sustentable?

- Sí
- No
- No es relevante para mí / Me da igual

Sección 2 - ¿Ubicación, ubicación, ubicación!



Cumbres 2do Sector, a 5 cuadras de Paseo de los Leones
(25.712390,-100.372530)

<https://goo.gl/maps/NnhsDGJLhJVgcVT2A>

La ubicación seleccionada cuenta con los diferentes usos, servicios e infraestructura a los diversos radios de distancia mostrados en la siguiente imagen.

3. Escribe al menos 2 "pros" de la ubicación anterior:

- 1.
- 2.

4. Escribe al menos 2 "contras" de la ubicación anterior:

- 1.
- 2.

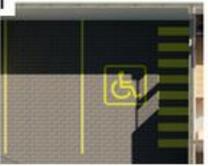
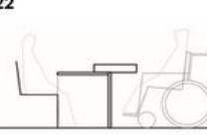
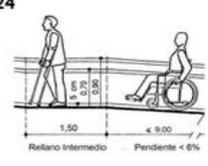
5. ¿Es una tipología de zona en la que te gustaría vivir?

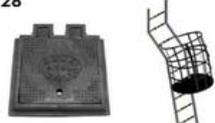
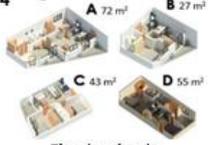
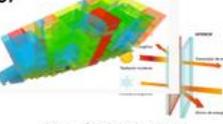
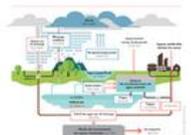
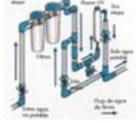
- Sí
- No

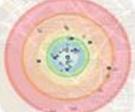
Sección 3 - Clasificación de estrategias sustentables

Para este ejercicio se consideran 3 escenarios en los que se aplican diferentes estrategias sustentables o ecotecnologías para cumplir con un porcentaje de sustentabilidad. Estos niveles de sustentabilidad son: básico 50% (lo mínimo que deberían de tener todas las viviendas sustentables), medio 75% e ideal 100% (si se quiere llegar a ser 100% sustentable).

6. Selecciona el nivel de sustentabilidad al que debería pertenecer cada estrategia

<p>1</p>  <p>Focos ahorradores Ahorro de energía Ahorro en el recibo de la luz</p>	<p>2</p>  <p>Medición de consumo de energía por zona o departamento Conoces cuánto gastas e identificas fallas para no gastar de más</p>	<p>3</p>  <p>Medición de consumo de agua por zona o departamento Conoces cuánto gastas e identificas fugas para no gastar de más</p>	<p>4</p>  <p>Energías Renovables Cambias energía de fuentes no renovables por las renovables Puedes ahorrar dinero según tu consumo</p>
<p>5</p>  <p>Energías Renovables Cambias energía de fuentes no renovables por las renovables Puedes ahorrar dinero según tu consumo</p>	<p>6</p>  <p>Calentador de agua solar Gastas menos energía o gas Ahorro en los recibos de luz o gas</p>	<p>7</p>  <p>Área de secado de ropa en lavandería Ahorro de energía al no usar la secadora Ahorro en el recibo de luz y gas</p>	<p>8</p>  <p>Bomba ahorradora para subir agua de calle a último piso Se prohíben bombas caseras o armadas sin certificación, para asegurar la eficiencia y ahorro energético No gastas más en recibo de luz</p>
<p>9</p>  <p>No exceder espacios de estacionamiento pedidos por municipio Si no hay lugares de más, se buscan otros medios de transporte</p>	<p>10</p>  <p>Pintura sin contaminantes Se prohíben pinturas con minio o sustancias crómicas que afectan la salud y contaminan durante su producción</p>	<p>11</p>  <p>Cerámicos sin contaminantes Se prohíben cerámicos con metales pesados que afectan la salud y contaminan durante su producción</p>	<p>12</p>  <p>Madera Certificada Asegurarse que la madera provenga de bosques protegidos y certificados que reforestan</p>
<p>13</p>  <p>Ahorro de energía en alumbrado EXTERIOR Ahorro de energía al: Usar temporizadores o sensores Eliminar lámparas de adorno Ahorro en el recibo de luz</p>	<p>14</p>  <p>Ahorro de energía en alumbrado INTERIOR Ahorro de energía al: Usar temporizadores o sensores Eliminar lámparas de adorno Ahorro en el recibo de luz</p>	<p>15</p>  <p>Transporte público cercano Promueve la reducción en el uso del automóvil y se reduce la contaminación por vehículos propios (mejora la calidad del aire)</p>	<p>16</p>  <p>Tienda abasto cercana Promueve la reducción en el uso del automóvil y se reduce la contaminación por vehículos propios (mejora la calidad del aire)</p>
<p>17</p>  <p>Materiales locales Promueve trabajos para comunidades cercanas Reduce contaminación por transportes (mejora calidad del aire)</p>	<p>18</p>  <p>Conservar árboles existentes No quitar los árboles grandes que se encuentren en el terreno</p>	<p>19</p>  <p>Huerto Promueves la generación de alimentos Ahorras su compra y el transporte</p>	<p>20</p>  <p>Lavandería comunal Promueves la socialización entre la comunidad y te aseguras de que los equipos sean ahorradores para que consuman menos energía y se ahorre en el recibo de luz</p>
<p>21</p>  <p>Estacionamiento Mínimo 2% o 1 cajón para discapacitados</p>	<p>22</p>  <p>Mobiliario Implementar mobiliario accesible en áreas comunes para incluir a todas las personas</p>	<p>23</p>  <p>Baños y cambiadores Uso de mobiliario y espacios mínimos accesibles en áreas comunes</p>	<p>24</p>  <p>Movilidad al INTERIOR Rampas para asegurar accesibilidad en toda la planta baja</p>

<p>25</p>  <p>Valor patrimonial Prever que sea posible inversión para diferentes personas (inversionistas, residentes, gobierno, etc.)</p>	<p>26</p>  <p>Separación de residuos Se promueve el reciclaje, cambio de cultura, las ganancias recibidas se pueden aprovechar en el conjunto</p>	<p>27</p>  <p>Ciclopuerto Instalación de ciclopuertos seguros para residentes y visitas. Promueve la reducción en el uso del automóvil y se reduce la contaminación por vehículos propios (mejora la calidad del aire)</p>	<p>28</p>  <p>Diseño para fácil mantenimiento Se dejan registros, escaleras, espacios necesarios para dar mantenimientos y no tener que hacer demoliciones y gastos innecesarios.</p>
<p>29</p>  <p>Ahorro mínimo mensual por ecotecnologías Cumplir con los requisitos mínimos para cumplir con la hipoteca verde. Ahorros en recibos de luz, agua y gas. Se puede recibir el crédito</p>	<p>30</p>  <p>Limpieza e higiene Diseño sin esquinas o huecos donde se dificulte la limpieza para evitar acumulación de polvo (alergias) o falta de mantenimiento</p>	<p>31</p>  <p>Reducción isla de calor Tener menos materiales expuestos que absorban calor, para que no se calienten los alrededores. Ahorro en el recibo de la luz al no usar clima intentando regular ese aumento de temperatura</p>	<p>32</p>  <p>Movilidad al EXTERIOR Banquetas amplias y árboles que den sombra para cuidar al peatón. Promueve la reducción en el uso del automóvil y se reduce la contaminación por vehículos propios (mejora la calidad del aire)</p>
<p>33</p>  <p>Interiores modificables Diseñar las divisiones interiores para que puedan ser modificados por los usuarios a su gusto sin generar tantos residuos y gastos innecesarios</p>	<p>34</p>  <p>Tipología de departamentos Tener diferentes tipos de departamentos para las diversas familias (familia nuclear, roomies, solteros, etc.)</p>	<p>35</p>  <p>Oficina en casa Designar un espacio para un escritorio y lugar de trabajo para promover home office y reducir transportes</p>	<p>36</p>  <p>Nuevas instalaciones Dejar preparaciones para la instalación de futuros nuevos servicios, como cable, internet, sistemas inteligentes, minisplits, etc. y no tener que hacer demoliciones y gastos innecesarios</p>
<p>37</p>  <p>Confort interno Aumentar el aislamiento para reducir el uso de aires acondicionados al intentar moderar temperaturas. Y reducir el uso de energía eléctrica. Ahorro en el recibo de luz</p>	<p>38</p>  <p>Iluminación natural Comprobar que la iluminación interior sea la ideal con ubicación y tamaños de ventanas o persianas para no utilizar lámparas durante el día. Ahorro en el recibo de luz</p>	<p>39</p>  <p>Ventilación natural Modificar tamaños de ventanas para permitir que corra más el viento y utilizar menos el aire acondicionado. Ahorro en el recibo de luz</p>	
<p>40</p>  <p>Impacto hidrológico cero Reduce el impacto del conjunto a las inundaciones por lluvia. Menos inundaciones. Mas seguridad</p>	<p>41</p>  <p>Captación de agua de lluvia Se reusa el agua de la lluvia y se ahorra en recibo de agua</p>	<p>42</p>  <p>Azotea verde Mejora la calidad de aire y aspecto visual, reduce las emisiones de CO2 y protege las cubiertas del sol directo</p>	<p>43</p>  <p>Reducción de uso de agua externo Selección de vegetación de la zona (requiere menos agua y soporta la temperatura). Reduce el mantenimiento (jardinero). Se implementan sistemas de riego ahorradores. Ahorro en recibo de agua</p>
<p>44</p>  <p>Planta de tratamiento de agua residual Con la planta de tratamiento de aguas residuales se puede reusar el agua negra obtenida de todos los muebles sanitarios incluyendo los w.c. Alto costo pero ahorro en recibo de agua</p>	<p>45</p>  <p>Filtros de agua Se filtran las aguas grises de los muebles sanitarios, excepto los w.c. Menor costo y aun se ahorra en el recibo de agua</p>	<p>46</p>  <p>Reducción de uso de agua interno Reducir uso de agua con aparatos ahorradores. Ahorros en recibo de agua</p>	<p>47</p>  <p>Cubierta Vegetal La mayoría del área verde es cubierta vegetal. Reduce calor y absorbe agua</p>

<p>48</p>  <p>Área de socialización Establecer el 30% de los espacios abiertos de los conjuntos para la socialización Promueve comunidad, relaciones y actividades al aire libre</p>	<p>49</p>  <p>Espacios sociales cercanos Que la ubicación tenga canchas, parques, centros comunitarios y áreas verdes cercanas Promueve comunidad, actividad física, reducción en uso de automóvil</p>	<p>50</p>  <p>Áreas comunes Designar un espacio para mínimo el 20% de los residentes Promueve comunidad y relaciones</p>	<p>51</p>  <p>Accesibilidad al público Permitir el acceso al público general en ciertas áreas comunes Promueve comunidad y seguridad</p>
<p>52</p>  <p>Diversidad de usos e infraestructura Promueve la reducción en el uso del automóvil y se reduce la contaminación por vehículos propios (mejora la calidad del aire)</p>	<p>53</p>  <p>Densificación Entre mayor cantidad de gente en un área, existe mayor proliferación en la zona</p>	<p>54</p>  <p>Zona de alta densidad Al encontrarse en zonas de mayor densidad significa que habrá mayor cantidad de servicios, infraestructura y desarrollo Evita los traslados de grandes distancias</p>	<p>55</p>  <p>Sitio de alta prioridad El gobierno considera la zona en sus programas de desarrollo y crecimiento Se promueve la construcción de diferentes usos y servicios</p>

	1	2	3	...	52	53	54	55
Básico	<input type="checkbox"/>							
Medio	<input type="checkbox"/>							
Ideal	<input type="checkbox"/>							

Sección 4 – Preguntas

7. Si adquirieras un inmueble, después de la inversión inicial ¿cuánto tiempo pasaría antes de que hicieras otra inversión para aplicar -más- ecotecnologías?

- 1 a 5 años
- 5 a 10 años
- 10 a 15 años
- 15 a 20 años
- Más

8. Después de los años elegidos en la pregunta anterior ¿cuánto estarías dispuesto a invertir para agregar más ecotecnologías a tu inmueble? Selecciona las opciones que apliquen:

- 1% de la inversión inicial
- 5% de la inversión inicial
- 10% de la inversión inicial
- La cantidad que se haya ahorrado con las ecotecnologías implementadas desde la compra del inmueble (paneles s ...
- Nada
- Other...

9. Tomando en cuenta que se recomienda invertir no más del 25% al 30% de los ingresos en la vivienda, selecciona las opciones que apliquen:

- Podría vivir en menos m2 (tamaño de inmueble) si es sustentable
- Pagaría más para que fueran los m2 (tamaño de inmueble) que deseo y que sea sustentable al mismo tiempo
- Tendría que ser la misma cantidad de m2 (tamaño de inmueble) y precio
- Other...

Sección 5 - Información de contacto

10. Para corroborar si se obtuvieron las respuestas de todos los participantes anteriores se les pidieron sus nombres, así como el municipio donde residen actualmente para conocer su ubicación en caso de que hubiera cambiado durante el último año.

Procedimiento de la actividad

La plataforma utilizada fue *Google Forms*, ya que facilitó la entrega de la encuesta electrónicamente a los 20 participantes, así como la separación de las preguntas y el tipo de actividad que se requirió para las estrategias sustentables. Los resultados se encuentran en el apartado de *síntesis interpretativa de los resultados*.

Resultados preliminares

A partir de los resultados de la encuesta, se definen tres escenarios que se requieren para proponer diferentes niveles de sustentabilidad, según las estrategias aplicadas.

5.7 Cuadro de operacionalización de variables

Para comprobar la concordancia de todo el diseño metodológico, se presenta la Ilustración 22, desde el planteamiento del título y la problemática, el supuesto de investigación, las preguntas generadoras y objetivos, hasta los observables y variables que contienen estos últimos puntos.

TÍTULO

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD Y ESCENARIOS PROSPECTIVOS PARA PROYECTOS DE VIVIENDA VERTICAL, EN SEGMENTOS DEL SECTOR MEDIO DE LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY, NUEVO LEÓN

C.H.V.T.= Conjunto Habitacional Vertical Típico
 C.H.V.S.= Conjunto Habitacional Vertical Sustentable
 Z.M.M.= Zona Metropolitana de Monterrey

SITUACIÓN PROBLEMA

 Cultura de vivienda horizontal y en los límites de la Z.M.M., N.L.	 Se propone vivienda vertical pero, sin considerar criterios de la sustentabilidad.	 LEED se destina al sector alto que representa al 2% de la población, el gobierno tiene apoyos para interés social, dejando al 60% de la población en el sector medio sin la oportunidad de un desarrollo de vivienda sustentable.
---	---	--

SUPUESTO INICIAL DE INVESTIGACIÓN





Utilizando los indicadores adecuados para la Zona Metropolitana de Monterrey, N.L., se puede reducir el impacto ambiental de los conjuntos de vivienda vertical, al mismo tiempo promover una mejor calidad de vida, y respetando también un presupuesto que haga el proyecto alcanzable para un segmento del sector medio de la población neolonesa.

PREGUNTAS GENERADORAS

 ¿Qué criterios requiere una vivienda vertical para el sector medio, en la Z.M.M., para considerarse sustentable?	 ¿Qué impacto ambiental y social tiene un C.H.V.T. en la Z.M.M., N.L., y cómo se pueden mejorar dichos efectos?	 ¿De qué manera es posible financiar un C.H.V.S., para amortizar el sobrecosto de las estrategias sustentables?
--	--	--

OBJETIVOS

 Establecer los indicadores sustentables que se adecúen al contexto dentro del sector medio, para mejorar el impacto ambiental y social de la ZMM, N.L.	 Cotejar las mejoras del C.H.V. en la Z.M.M., según los indicadores sustentables obtenidos, antes y después de aplicar las estrategias.	 Verificar la viabilidad económica de la propuesta por medio de un modelo de financiamiento, para amortizar el sobrecosto de las estrategias sustentables en el C.H.V.
---	---	--

CONCEPTOS ORDENADORES

 Conjunto Habitacional Vertical	 Sector Medio	 Sustentabilidad	 Impacto Ambiental y Social / Indicadores Sustentables	 Financiamiento
---	---	--	--	---

OBSERVABLES / VARIABLES

 Perfil de Usuarios y uso de Vivienda INEGI, CONAVI, Infonavit y AMAI \$13,500.00 a \$25,999.00	 Sitio y Conjunto Habitacional Vertical Típico	 Indicadores	 Opción de pagos Mantenimiento
---	--	---	--

Ilustración 22: Cuadro de operacionalización
 Fuente: Elaboración propia

5.8 Ruta crítica

La ruta crítica se dividió en tres periodos al año (primavera, verano y otoño), ubicando cada herramienta en un tiempo específico para cumplir con los tres principales objetivos previamente establecidos. Así se definieron los entregables en los que se trabajó de una manera gradual en cada una de las siete etapas, observadas en la Ilustración 23.



Ilustración 23: Ruta crítica
Fuente: Elaboración propia

6. Análisis, desarrollo de la propuesta y resultados

Después de aplicar los instrumentos seleccionados para las diferentes etapas de la metodología, se realiza una síntesis de los datos obtenidos en las diferentes herramientas. A partir del análisis de los datos, se concretan los hallazgos que podrán ser aprovechables para ser aplicados en la propuesta. La cual es evaluada por su impacto ambiental y viabilidad económica.

6.1 Síntesis interpretativa de los datos analizados

Al concluir con la aplicación de los instrumentos configurados para cada herramienta, se realiza un pre análisis para decidir la mejor técnica de sistematización, según la información obtenida. Y posteriormente presentar un análisis comparativo de las herramientas.

6.1.1 Observación directa

Para la observación, debido a que se registró la actividad en formato de tablas, también fue la forma de presentarla, y así obtener conclusiones comparativas de cada una de las edificaciones visitadas.

Datos de la realidad observada

Después de la investigación de los indicadores que maneja cada una de las diferentes certificaciones, se diseñó una lista de los indicadores, mismos que fueron los observables para las edificaciones elegidas a reportar con la herramienta de observación directa. Estos elementos por observar serán medidos en cuanto al ahorro que generaría cada implementación de diseño o ecotecnología, aunque algunos de estos serán requisitos, independientemente del ahorro que generan.

Se hizo esta observación para obtener una comparativa entre las edificaciones existentes que se hacen llamar sustentables, verdes, ecológicos o ahorradores, ya sea que cuenten o no con algún tipo de certificación. Cabe resaltar que parte de la problemática que se estableció en un inicio, fue la escasez de indicadores; ya que usualmente se incluyen aparatos eficientes y aislamiento térmico, pasando de largo otros sistemas o ecotecnologías, y olvidando

completamente el ámbito social como lo es la accesibilidad, o la asequibilidad del ámbito económico.

Resultados

Esta comparativa inicial sirve de apoyo Gráfico, con la intención de observar, a primera vista, las similitudes que pudieran tener las diferentes edificaciones. Primero se examina el ámbito ambiental en la Tabla 7. En esta etapa se define una edificación ideal que cuente con todos los indicadores y un total de 25 puntos, y de ahí parten las observaciones a cada una de las edificaciones observadas.

Tabla 7: Comparativa inicial ámbito ambiental

ÁMBITO AMBIENTAL Especificaciones	GUADALAJARA					MONTERREY				
	Ideal	Tre Alberta	haus 21	Federación 725	Industria 401	Ideal	Iconos	Lucena Residencial	El Semillero	Torre Up
Material envolvente	1	1				1	1	1	1	
Material azotea	1					1		1		
Aislante muros	1	1				1	1	1		1
Aislante azotea	1	1		1		1	1	1		
Ventanas 2 cristal	1	1				1	1	1		
Alta densidad	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Transporte público	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Ciclovia	1	1	1	1	1	1	1		1	
Infraestructura	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Afectación suelo	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Absorción agua	1			1	1	1	1	1		
Agua residual	1					1				
Agua pluvial	1	1		1		1	1	1		
Riego ahorrador	1					1		1		
Energías renovables	1	1	1	1		1	1	1		
Calentador de paso	1	1	1	1	1	1	1		1	1
HVAC eficiente	1	1	1			1		1		
Aparatos eficientes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Focos ahorradores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Protección solar	1	1	1	1		1	1	1	1	
Iluminación natural	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Ventilación cruzada	1	1		1	1	1		1	1	
Composta	1					1				
Vegetación	1			1	1	1		1		
Huerto urbano	1			1		1			1	
TOTAL	25	18	10	17	12	25	17	18	13	9

Fuente: Elaboración propia

La primera observación son los puntos que ninguna edificación cumplió, siendo el ‘manejo de aguas negras y grises’, seguido por la ‘utilización de composta’ para sus áreas verdes. El primer punto demuestra la falta de interés en cuanto a opciones para combatir la escasez de agua, ya sea por presupuesto, desconocimiento del tema, o por aumento en el precio de la construcción con un bajo aumento en la valuación de la vivienda (Schneiderová, 2011). En cuanto al segundo, aunque no es un tema considerable, puede ser un indicador para un déficit en el manejo de residuos.

Después, los puntos que solamente una o dos edificaciones manejan son: la implementación de un material con baja conductividad térmica en la azotea, uso de un sistema de riego ahorrador, e instalación de un huerto urbano. Los primeros dos puntos se utilizaron por una edificación destinada a la clase alta, lo que refleja que la inversión es mayor. El material fue distribuido por la empresa Cemex, misma que entregó la certificación Ecoperando PLUS, con reducción casi del 50% de su energía. El sistema de riego ahorrador se instaló también para eficientizar el mantenimiento de sus diversas áreas verdes. Por último, los huertos se instalaron para crear un mayor sentido de comunidad y sustentabilidad tanto en El Semillero, como en Federación 725, cumpliendo con el ámbito social.

En la mayoría de las edificaciones se encontró que la ubicación es céntrica, al mismo tiempo que el sitio es de baja afectación, ya sea para el suelo, las montañas, o los ríos, punto que, para los usuarios, es relevante al momento de decidir en la inversión.

En la Tabla 8 se visualiza el ámbito social, el cual incluye indicadores relacionados a accesibilidad, seguridad y amenidades. Al igual que la Tabla anterior, se define una edificación ideal que cuente con los 24 indicadores del ámbito social, y de ahí parte la comparativa con las edificaciones observadas.

Tabla 8: Comparativa inicial ámbito social

ÁMBITO SOCIAL	GUADALAJARA					MONTERREY				
	Ideal	Tre Alberta	haus 21	Federación 725	Industria 401	Ideal	Iconos	Lucena Residencial	El Semillero	Torre Up
Tipología depas	1	1	1			1			1	
Estacionamiento res	1	1		1		1	1	1	1	1
Estacionamiento visi	1					1	1	1	1	1
Bicipuerto	1	1		1		1			1	
Rampas	1	1		1		1				1
Piso táctil	1					1				
Elevador	1	1				1	1	1	1	1
Interfón	1	1		1	1	1			1	
CCTV	1	1	1			1	1	1	1	1
Barda alambrado	1	1			1	1	1			
Guardia	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Pluma	1					1	1		1	
Reja	1	1		1		1	1	1		1
Lobby	1	1			1	1	1	1	1	1
Lavandería	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Tiendita	1					1				
Terraza	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Salón eventos	1	1				1	1	1	1	1
Alberca	1	1				1		1		
Gym	1	1				1	1	1	1	1
Canchas	1					1				
Área verde	1			1	1	1	1	1		1
Jueguitos	1			1		1	1		1	1
Pet friendly	1	1	1	1		1		1	1	1
TOTAL	24	17	4	11	7	24	15	14	16	15

Fuente: Elaboración propia

A comparación del ámbito ambiental, el social se encuentra más relegado, lejos del ideal por cuestiones de presupuesto y falta de conocimiento o estudios de mercado de la población.

Para realizar las siguientes gráficas comparativas, se tomaron como base las tablas, en donde puntuación ideal es la máxima, derivando de ahí las demás.

Como se puede observar en el Gráfico 1 para Guadalajara, tanto Tre Alberta como Torres Altos del Cortijo cuentan con una puntuación muy cercana en el ámbito ambiental, tomando en cuenta que la primera está aplicando para obtener una certificación LEED para un sector de clase media-alta a alta, mientras que la segunda es resultado de proyectos gubernamentales para la redensificación de la zona centro, dirigido al sector medio o medio-bajo. Por otro lado, en el ámbito social, que incluye una serie de amenidades, se puede observar que el segundo edificio tiene un nivel más bajo, lo cual se puede atribuir al nivel socioeconómico al que van dirigidos.

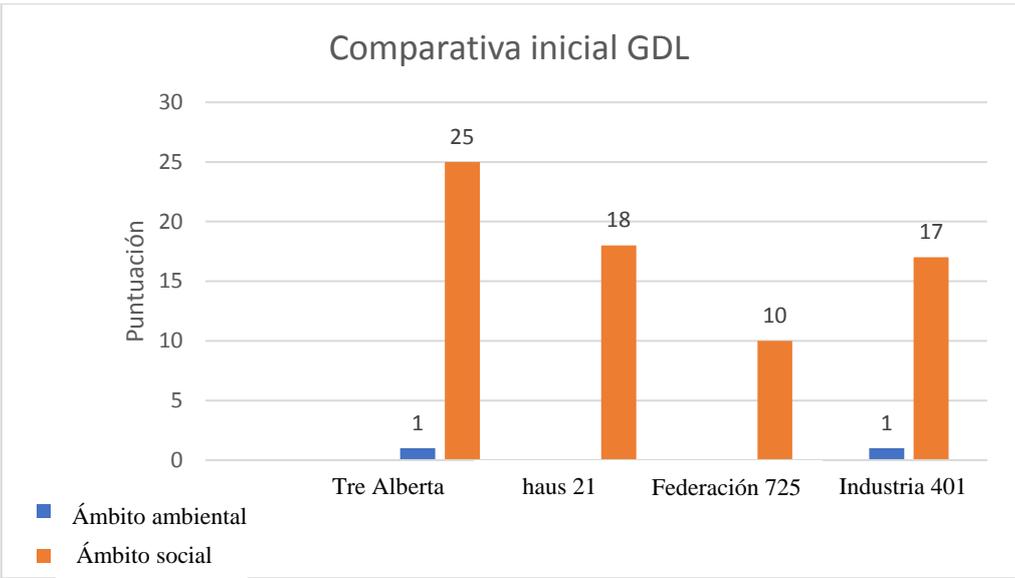


Gráfico 1: Comparativa inicial de indicadores sustentables Guadalajara
Elaboración propia

Específicamente en el reporte de observación de Tre Alberta se encontraron incoherencias entre la información de internet, con la que en realidad se observó en la edificación, como el estacionamiento para visitas, y el área verde, la cual era una terraza con pasto artificial. Lo que confirma la idea principal que, el hecho de que una edificación sea publicitada como sustentable, no necesariamente significa que en verdad lo sea (hablando en términos de engaños en la publicidad, como el ‘greenwashing’, ya que el indicador del área verde no juega un papel

muy fuerte a tomarse en cuenta para la sustentabilidad). Pero, a pesar de estas faltas, en general esta edificación cuenta solamente con un 28% menos de lo que en este caso sería el ideal.

A diferencia de lo que se observó en el Gráfico 2 entre las edificaciones de Tre Alberta y Torres Altos del Cortijo en Guadalajara; en Monterrey, Lucena Residencial, que es una edificación ubicada en San Pedro G.G. dirigida hacia la clase alta, es la edificación con menos puntaje en el ámbito social, a pesar de que figura como el más alto en el ambiental.

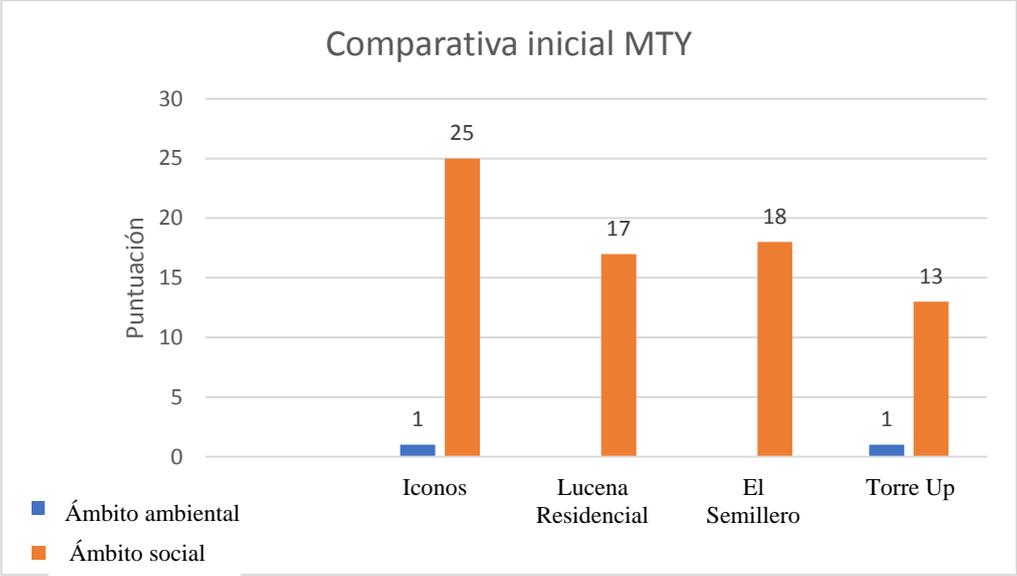


Gráfico 2: Comparativa inicial de indicadores sustentables Monterrey
Elaboración propia

Comparando las dos ciudades, podemos encontrar que las que cuentan con algún tipo de certificación para el ahorro de energía, se acercan más a la puntuación máxima ambiental, pero en cuanto al ámbito social hay mayor variación, y no depende del sector al que vaya dirigida la edificación, sin embargo, sí se encontró que los más altos son los certificados por LEED.

6.1.2 Dinámica participativa (Focus Group)

Dentro de los *focus groups* se realizaron tres tipos de dinámicas. la primera son preguntas abiertas, en donde los participantes dieron su opinión acerca de diferentes temas de la vivienda vertical y la sustentabilidad, la segunda es el ordenamiento de mayor a menor importancia de elementos sustentables en cinco categorías y en la tercera se definió la demanda en cuanto a la tipología de departamentos.

En el Gráfico 3 se muestran las diferentes respuestas a las principales preguntas realizadas, como la definición de sustentabilidad, los ejemplos que conocieran de edificaciones sustentables en Monterrey, las desventajas que encontraban en viviendas sustentables, y si vivirían en una vivienda sustentable, así como los factores que influyeron en su respuesta.



Gráfico 3: Respuestas a Preguntas del Focus Groups
Fuente: Elaboración propia

En general, se asoció a la sustentabilidad con respetar al medio ambiente, logrando la armonía entre el humano y el ecosistema. Después se les explicó a los asistentes que la sustentabilidad implica más que solo el medio ambiente, que también se debe tomar en cuenta a la sociedad, la economía, así como la cultura, equidad, pobreza, entre otros. A partir de ahí, los ejemplos que pudieron localizar en la ZMM fueron dos conjuntos de usos mixtos llamados Sofía y Arboleda, destinados al sector alto de la población, y de manera más general, se habló del uso de paneles solares o sistemas de captación de agua pluvial para viviendas individuales.

En conclusión, sí vivirían en una vivienda sustentable ya que ayudaría al medio ambiente, consideran que es una buena inversión a futuro y aumenta el estatus social; pero, su decisión

dependería de si el ahorro en los servicios se ve reflejado o no en su ‘cartera’. Siendo así la mayor desventaja, que es una inversión a largo plazo, seguido de otros factores como el aumento relacionado al mantenimiento de las ecotecnologías o la disciplina a formarse para utilizarlas de manera correcta; así como la cultura en la que se vive, donde no se le toma mucha importancia los efectos que tengan las acciones que se realizan día a día para el planeta.

Además, el contexto de infraestructura urbana puede no estar preparado para recibir ciertas implementaciones de la sustentabilidad, como la instalación de ciclovías y ciclopuertos; considerando que, sin una ciclovía cercana accesible, la instalación de ciclopuertos no sería muy relevante.

En el Gráfico 4 se numeran las características que fueron más importantes para los tres grupos, divididas en las categorías de amenidades, accesibilidad, ubicación y sustentabilidad ambiental; las cuales forman parte del objetivo principal de esta actividad, puesto que será importante tomarlas en cuenta para el diseño del conjunto habitacional.

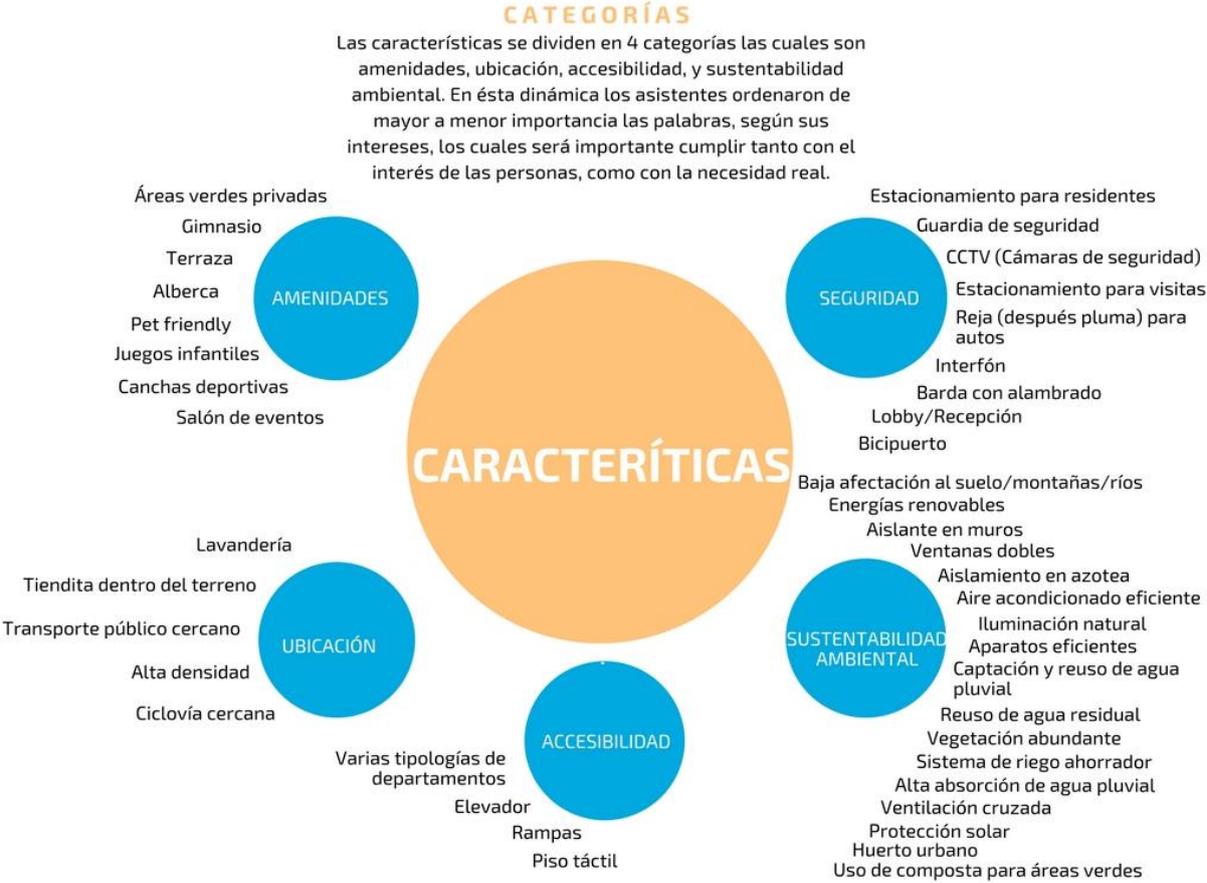


Gráfico 4: Dinámicas de Focus Groups
Fuente: Elaboración propia

Aparte del ordenamiento de las características que se muestran en el Gráfico anterior, en cuanto a las discusiones que se llevaron a cabo durante las sesiones, se destaca lo siguiente:

- En amenidades, la presencia de áreas verdes en los departamentos, no necesariamente por que se fueran a utilizar sino por la vista.
- En seguridad, lo más importante fue el estacionamiento seguido por guardias de seguridad y sistemas de vigilancia, y luego estacionamiento para visitas el cual variaba en su ubicación, pero siempre manteniéndose arriba.
- En ubicación, aunque el medio de transporte principal de la mayoría es automóvil privado, el transporte público figuró en los primeros lugares. En cambio, la ciclovía cercana se descartaba debido a las condiciones climáticas.
- En la sustentabilidad ambiental, se mantuvo arriba la baja afectación a las montañas, suelos y ríos, debido a situaciones en donde se han visto afectadas viviendas en los últimos años por derrumbes o inundaciones, después se enfocaron en las energías renovables con el razonamiento de que obteniendo estas, se puede gastar lo que uno quisiera en aires acondicionados y otros electrodomésticos, pero de igual manera se tomaron en consideración las medidas para aislar la edificación, seguido por aparatos eficientes, agua pluvial y residual, y finalmente vegetación, contradiciendo el punto inicial de áreas verdes como amenidades.
- En accesibilidad, lo principal fue la disponibilidad de diferentes tipologías de departamentos antes que rampas o facilidades para personas con alguna discapacidad.

Por último, en el Gráfico 5 se muestran los resultados de la actividad donde se les entregó una cuadrícula que representaba un departamento de 70 m² a cada persona, junto con los cuartos que podrían tener dentro del mismo como recamaras, sala, comedor, cocina, baños, lavandería, cuarto de servicio y balcón; dejándose la posibilidad de agregar o quitar algo extra en caso de ser necesario, puesto que fue una actividad personal.

TIPOLOGÍAS

En esta sección se estandarizan los cuartos de la tipología de los diferentes departamentos que se recopilieron durante las sesiones.



Gráfico 5: Dinámicas de Focus Groups

Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar una similitud en la mayoría de los casos donde se tienen dos recamaras con baño completo cada una, un medio baño para las áreas comunes, sala, comedor, cocina, y un balcón el cual fue incrementado de tamaño en varias ocasiones. También se encontró la opción de tres recamaras, pensado para una familia, y, aunque solamente una persona eligió de una recamara, en los comentarios hechos respecto a la tipología de vivienda que quisieran en un futuro, se mencionó que primero vivirían solos o con corresidentes, antes de comenzar a vivir con su pareja, lo que indica que también se requieren departamentos de una sola recamara o unipersonales, así como de tres recamaras para corresidentes.

De las respuestas y dinámicas se obtuvieron elementos suficientes para conocer el perfil de los posibles usuarios y sus opiniones, no solamente en cuanto a su punto de vista de la sustentabilidad, sino que también sus necesidades o requerimientos que tendrían para elegir una vivienda vertical sustentable. Lo que podrá ser tomado en consideración para el diseño del proyecto, pero también para la ubicación del terreno y el financiamiento. Las características que se encuentren en los primeros niveles serán los esenciales para la propuesta, al centro se

encontrarán los elementos que puedan ser implementados en un futuro, y al final los que se puede prescindir de ellos, sin repercusiones para la mercadotecnia.

El resultado más importante es la visión de las personas sobre las características de la sustentabilidad, ya que se convierte en un reto para los desarrolladores el implementar estos elementos; convenciendo, tanto al usuario final como al inversionista, de que son factores claves para la sustentabilidad y que deben ser superpuestos sobre otros lujos no necesarios.

6.1.3 Método Delphi

Para sintetizar las respuestas obtenidas de las preguntas realizadas a los expertos, se realizaron los gráficos mostrados a continuación, los cuales indican las palabras mencionadas con mayor frecuencia, así como el lugar en el que fueron nombradas.

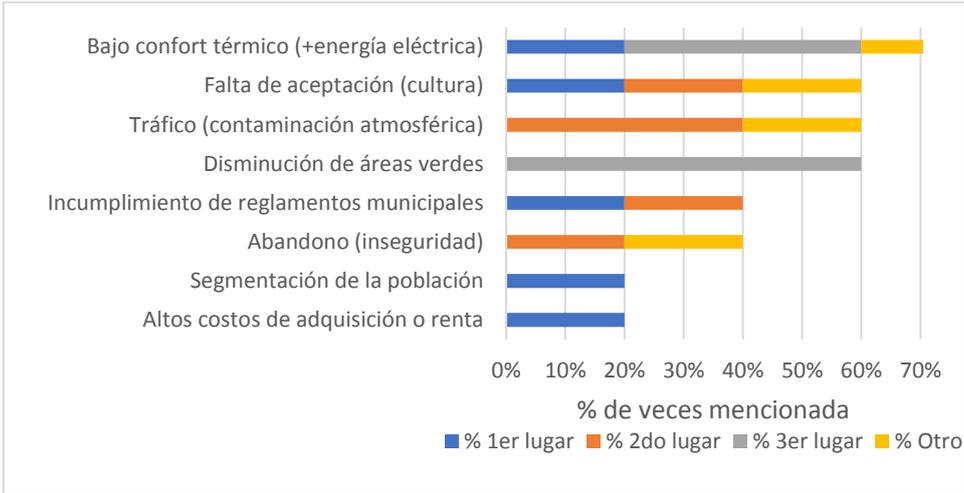


Gráfico 6: Problemáticas ambientales y sociales
Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 6 muestra las problemáticas sociales, ambientales y económicas más evidentes en la ZMM, en relación con la vivienda vertical. El puntaje más alto es un bajo confort térmico, generando un aumento en el uso de energía eléctrica y que podría convertirse en una razón de abandono. Después se encuentra una falta de aceptación por parte de la población hacia la adquisición de este tipo de viviendas y al sistema de condominios. Se genera mayor tráfico, primero durante la construcción por invasión de carriles, y luego por el aumento de densidad.

Con menor puntaje se encuentra el incumplimiento de los reglamentos municipales al aumentar metros cuadrados de construcción o de niveles permitidos, entre otros. Se menciona nuevamente el abandono, pero esta vez generado por falta de servicios o mala planeación, lo que conlleva inseguridad y problemas de sanidad. Los puntajes más bajos incluyen la segmentación de la población por falta de planeación y diseño inclusivo, y los altos costos de adquisición y renta en algunos puntos clave de la ciudad.

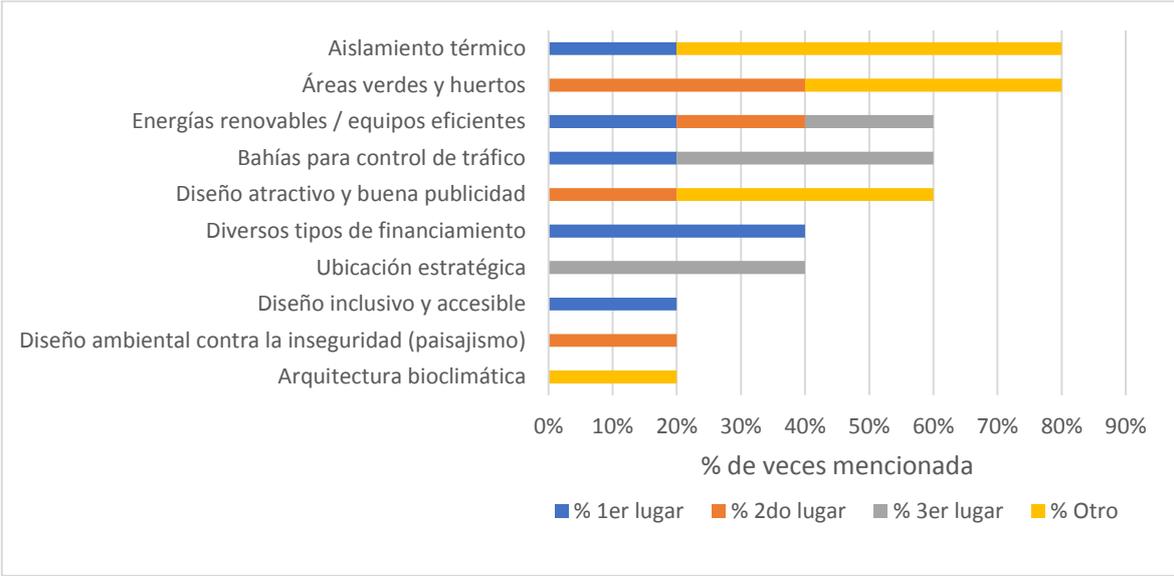


Gráfico 7: Elementos más utilizados para mitigar problemáticas
Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7 se establecen los elementos constructivos o de diseño más utilizados para mitigar los problemas mencionados anteriormente. Para un mayor confort térmico se incluye el aislamiento térmico y arquitectura bioclimática y en cuanto al aumento en uso de energía, se prefirieron energías renovables y aparatos eficientes o de bajo consumo. La falta de áreas verdes se une con la implementación de huertos urbanos, y se le añade un diseño ambiental contra la inseguridad con uso de paisajismo adecuado. Se proponen bahías dentro del predio para no influir en el aumento de tráfico.

La falta de aceptación de la población se contrapone con un diseño atractivo, una buena publicidad y una ubicación estratégica, que esta última también funge como solución ante el abandono de viviendas. Finalmente, y no menos importante, es el diseño inclusivo y accesible para evitar así la segmentación de la población.

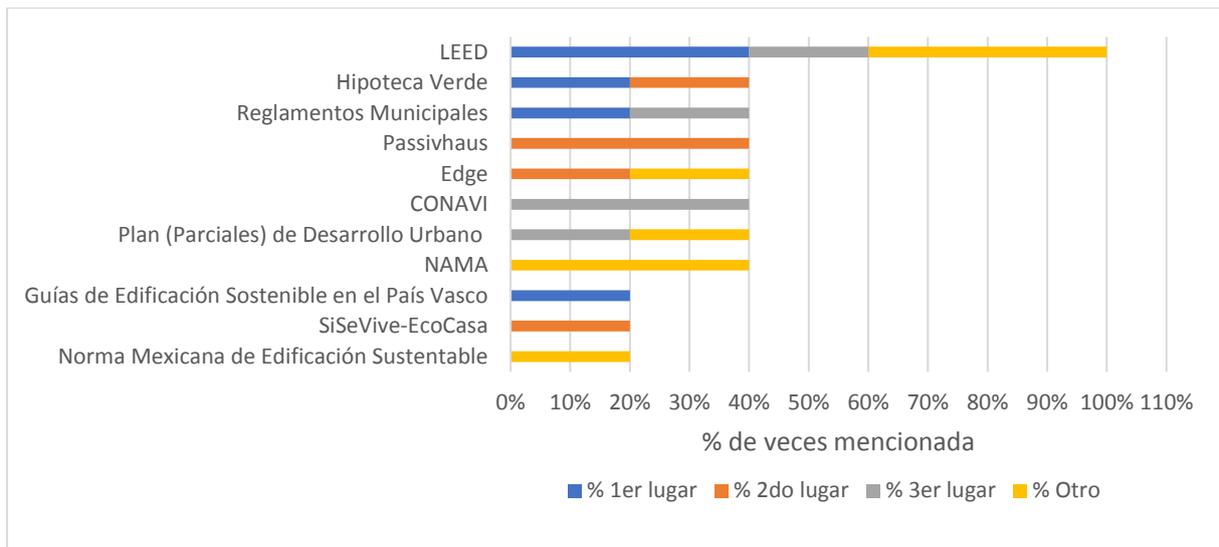


Gráfico 8: Certificaciones, evaluaciones y normas
Fuente: Elaboración propia

Para las certificaciones, evaluaciones o normas, internacionales o nacionales más relevantes para mejorar los niveles de sustentabilidad de la ciudad, en el Gráfico 8, se menciona en primer lugar una certificación internacional, LEED, seguido por dos nacionales que son Hipoteca Verde y Reglamentos municipales, que incluyen a la Secretaría de Ecología, la cual protege al suelo, cuerpos de agua y vegetación en los predios y su cercanía.

Después está Passivhaus (Edificaciones pasivas), Edge, CONAVI, NAMA y los Planes de Desarrollo Urbano. El primero fue mencionado por académicos, mientras que los siguientes tres son más conocidos por los financiamientos y subsidios que otorgan, y el último define densidades, coeficientes, áreas verdes, vías de tránsito, entre otros puntos relevantes.

Finalmente, menos conocidas están las Guías de Edificación Sostenible en el País Vasco y la Norma Mexicana de Edificación Sustentable, mientras que Sisevive-Ecocasa se puede tomar como parte de subsidio de CONAVI o el crédito de Hipoteca Verde.

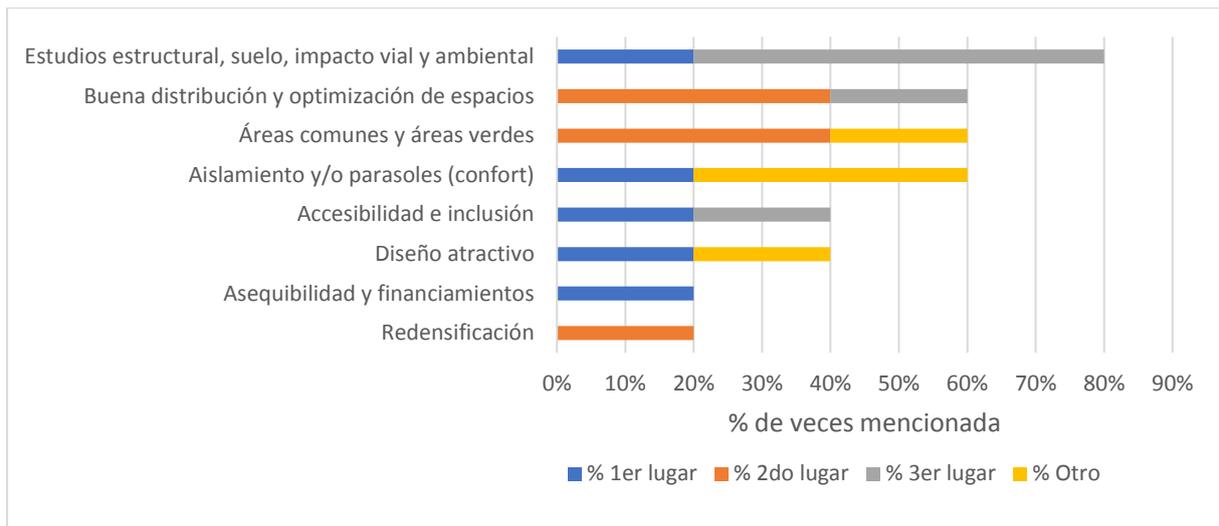


Gráfico 9: Elementos más relevantes en proyectos verticales
Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 9 visualiza los elementos más relevantes al momento de proyectar un conjunto habitacional vertical, aunque también existan otros con gran importancia.

Inicialmente se encuentran los estudios estructurales y de suelo, ya que puede afectar el diseño y presupuesto en gran medida, así como los estudios de impacto vial y ambiental que son requeridos por parte de municipio.

Después, más allegado al diseño arquitectónico, se encuentra una buena distribución y optimización de espacios, principalmente por la reducción de los espacios. También se torna relevante la implementación y distribución de áreas comunes y las verdes, siendo que también es requerido un porcentaje mínimo.

También se retoma el aislamiento o parasoles para controlar el confort interno, y el diseño inclusivo y accesible, aunque no se tomen como requerimientos, se mencionan como elemento relevante.

Después se tiene un diseño atractivo, y finalmente la asequibilidad y financiamientos que se pudieran obtener según el proyecto, y posteriormente la redensificación que se planea por parte de la ciudad.

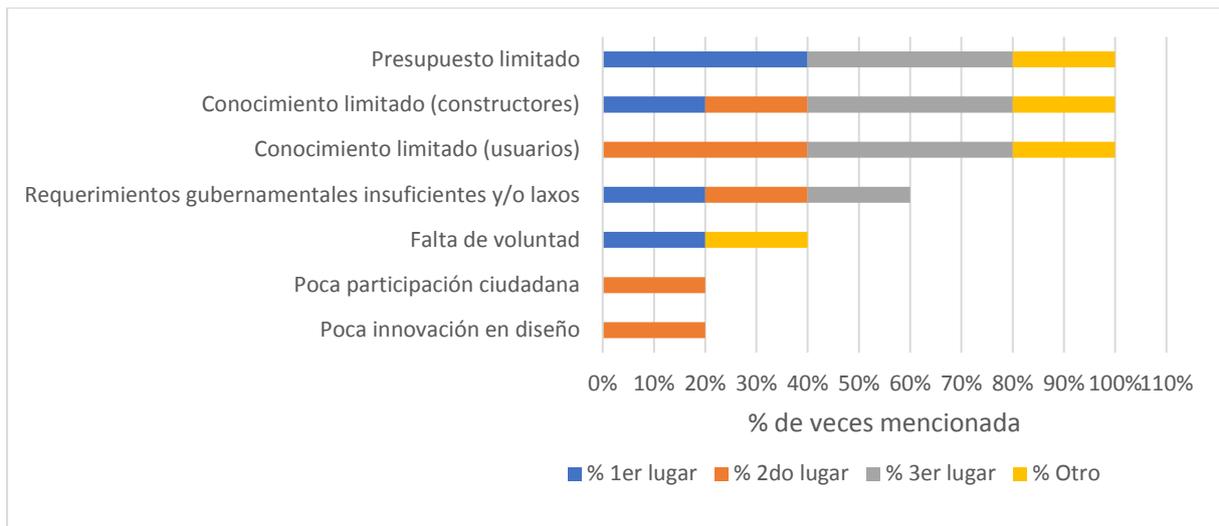


Gráfico 10: Impedimentos para sustentabilidad en las edificaciones
Fuente: Elaboración propia

Para los motivos por los cuales la implementación de las medidas sustentables son reducidas se tiene en el Gráfico 10, que muestra siete factores, donde los tres primeros tuvieron el mismo porcentaje de menciones, sin embargo, el ‘presupuesto limitado’ fue mencionado en primer lugar más veces, seguido del ‘conocimiento limitado por parte de los constructores’, ya que estos pudiesen recomendar a los clientes las propuestas según el presupuesto establecido, y posteriormente, el ‘conocimiento limitado de los usuarios’, quienes no demandan las medidas pertinentes.

En cuarto lugar, se encuentra que los requerimientos gubernamentales son insuficientes y/o laxos, lo que se puede ver reflejado en la existencia de una norma mexicana para edificación sustentable, la cual no es necesario su cumplimiento en la actualidad, así como la compra de árboles al realizar la tala de otros, entre otros puntos.

Después se menciona la falta de voluntad política o participación ciudadana, y finalmente un reflejo de la poca innovación en los diseños o propuestas, ya que se sigue un diseño típico y estándar en la mayoría de las edificaciones verticales de un estrato económico medio a bajo.

A través de lo observado anteriormente en los gráficos con los resultados de las preguntas, se puede ver la cercana relación entre las respuestas de los expertos y los resultados finales de

delimitación de indicadores y la ponderación de estos. Esta ponderación se encuentra en la matriz de indicadores ubicada en el ‘Anexo 3’.

La cantidad total de indicadores entre conjunto y viviendas inicialmente era de 100, pero después de realizar esta dinámica participativa, se logró reducir el número a 58. Las razones mencionadas por los expertos varían entre la repetición o parecido de algunos indicadores con otros, hasta la relevancia casi de cero, por lo que preferían eliminarlos que ponderarlos con 1, el número más bajo de ponderaciones.

Inclusive, dentro de la ponderación se puede observar una aproximación al método *Delphi* realizado por el Dr. Manuel Perló Cohen, en donde diferentes expertos de la ZMM identifican como problemas muy graves el agua, empleo (informalidad) y movilidad, como grave el medio ambiente y coordinación metropolitana, como mejoría la vivienda, los residuos sólidos y el crecimiento económico, sin cambios la población y gobernabilidad, y sin consenso el drenaje y la seguridad (UNAM, 2015).

6.1.4 Encuesta (validación de usuarios)

En primer lugar, se establece si a los usuarios les interesa la vivienda sustentable; como se observa en el Gráfico 11, la importancia de la sustentabilidad para los usuarios y sus familias va en aumento, argumento que se refleja en el Gráfico 12, donde a la mayoría le gustaría vivir en una vivienda sustentable.

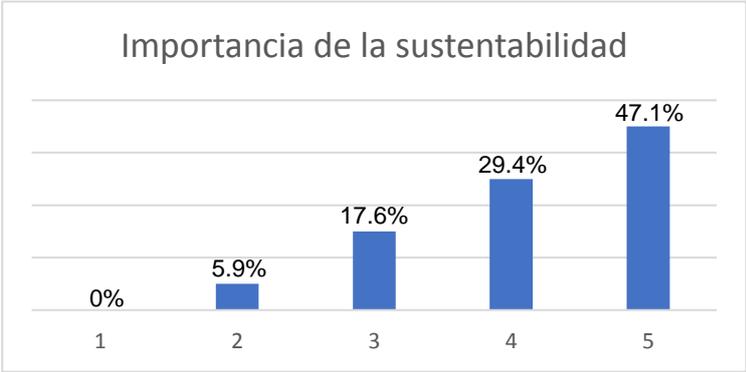


Gráfico 12: Importancia de la sustentabilidad
Fuente: Elaboración propia



Gráfico 11: ¿Vivirías en una vivienda sustentable?
Fuente: Elaboración propia

Después, en el apartado del sitio, se analiza la aprobación ante la selección del sitio mostrada en la Tabla 9, donde se resumen los ‘pros’ y ‘contras’ de la ubicación del conjunto habitacional. En este apartado se observa que, aunque la ubicación pudiese ser ideal debido a la amplia cantidad de usos, servicios, comercio e infraestructura cercana, principalmente los espacios deportivos, educativos y de salud, que fueron los más mencionados; esto mismo puede generar mayor cantidad de tráfico y gente, aunado a que es una zona soportada únicamente por 2 vías principales de acceso. Pero, así como se menciona en uno de los comentarios, “no es necesario salir de la zona para la vida diaria”, por lo que el tráfico mencionado no debiera presentar un gran peso.

Tabla 9: ‘pros’ y ‘contras’ de la ubicación

‘pros’	‘contras’
1. Cerca de espacio deportivo, espacios recreativos al aire libre, comercios, escuela	1. Tráfico / Horas de tráfico muy intensas / Mucha gente
2. Tienes cerca servicios esenciales como el sector de salud	2. Al tener todos estos servicios en cercanía podría ser una zona que genere tráfico
3. Buen servicio público	3. Puede ser una zona con ruido
4. Cerca de áreas verdes	4. Sólo tiene con dos "Salidas" hacia Monterrey / Pocas vías de acceso
5. No tan alejado del área metropolitana (centro) / Céntrico	5. Hay cerca mucha área comercial, que trae tráfico
6. Zona segura	6. Las secundarias están muy lejanas
7. Buena zona para formar una familia debido a los distintos servicios de educación cercanos	7. Lejos de mi escuela y trabajo
8. Comodidad de no tener que recorrer largas distancia para tener acceso a estos servicios	8. Se ve "fea" la zona
9. No es necesario salir de la zona para la vida diaria	9. Sin seguridad
10. Tiene todo lo que necesitas cerca (escuela, hospital, super mercado, etc.)	10. Tienda de abasto muy lejos
11. Es una zona en crecimiento	11. Saturación de construcciones
12. Está cerca de avenidas principales	
13. Estaciones de camión que permiten el uso de los servicios de transporte público	
14. Cerca de San Pedro	
15. Comercio local	

Fuente: Elaboración propia

Así que, como resumen, para el 31.3% el tráfico sí es un factor que influye al momento de decir si esta tipología de ubicación es o no la que ellos quisieran para su vivienda, como se indica en el Gráfico 13.

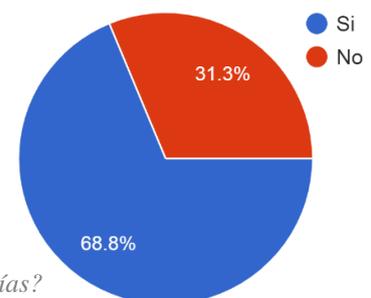


Gráfico 13: ¿Es la tipología de ubicación donde vivirías?

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente etapa, con la información del Gráfico 14 se define qué estrategias van dentro de cada uno de los escenarios según la opinión de los usuarios.

En cada uno de los grupos se establecieron hasta ocho estrategias, por lo que los colores en las gráficas se repiten en cada una de estas. Comienza por azul oscuro, sigue con rojo, amarillo, verde oscuro, morado, azul claro, rosa y por último verde claro. Cuando no aparece alguno de los colores significa que los encuestados no eligieron el escenario para el indicador identificado por dicho color, pero aun así aparece el espacio en blanco.

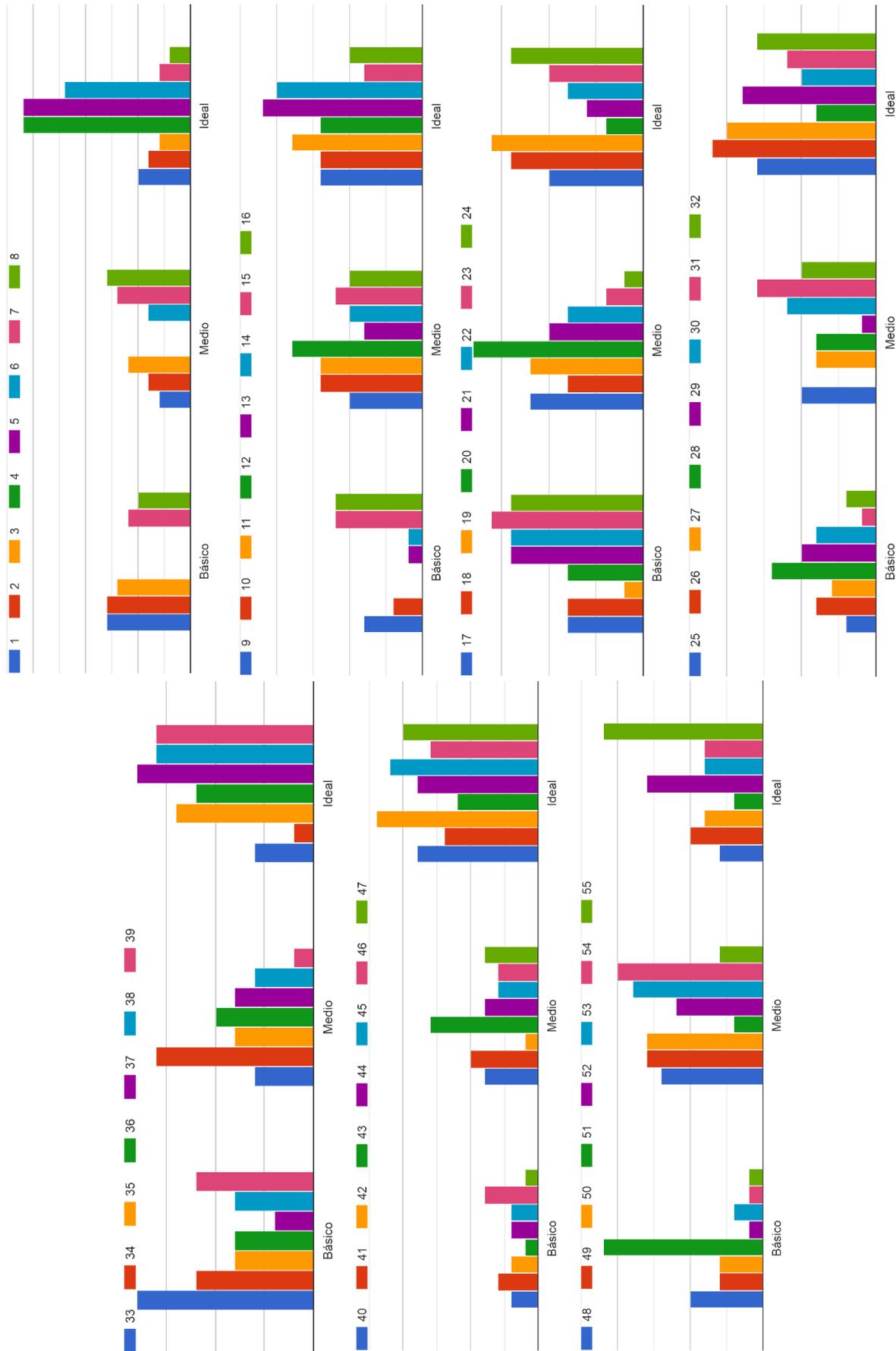


Gráfico 14: Categorización de estrategias por nivel de sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia

Entonces, así como se observa en la Tabla 10, la mayoría de los indicadores se encuentran dentro del escenario ideal, mientras que el básico y medio cuentan con casi el mismo número de indicadores. Como se mencionó en el apartado de la guía de la encuesta, la división se realizó tomando en cuenta que el básico son las estrategias que deberían de tener, como mínimo, todas las viviendas sustentables, después se encuentra un intermedio y luego el ideal, donde están los indicadores que se requieren para alcanzar el 100% de sustentabilidad.

Tabla 10: Clasificación de estrategias en escenarios de sustentabilidad según los usuarios potenciales

Básico	Medio	Ideal
1. Focos ahorradores	7. Área de secado de ropa	4. Energías renovables (paneles solares)
2. Medición de consumo de energía por zona o departamento	8. Bomba de agua ahorradora	5. Energías renovables (aerogeneradores)
3. Medición de consumo de agua por zona o departamento	10. Pintura sin contaminantes	6. Calentador de agua solar
14. Ahorro de energía en alumbrado interior	12. Madera certificada	9. No exceder espacios de estacionamiento establecidos por municipio
15. Transporte público cercano	15. Transporte público cercano	11. Cerámicos sin contaminantes
16. Tienda de abasto cercana	17. Materiales locales	13. Ahorro de energía en alumbrado exterior
21. Estacionamiento para discapacitados	20. Lavandería comunal	18. Conservar árboles existentes
22. Mobiliario accesible	30. Limpieza e higiene	19. Huerto urbano
23. Baños y cambiadores con mobiliario accesible	31. Reducción de isla de calor	25. Valor patrimonial
24. Movilidad al interior	34. Tipología de departamentos	26. Separación de residuos
28. Diseño para fácil mantenimiento	43. Reducción de uso de agua externo	27. Ciclopuerto
33. Interiores modificables	48. Área de socialización	29. Ahorro mínimo mensual por ecotecnologías
51. Accesibilidad al público	49. Espacios sociales cercanos	32. Movilidad al exterior
Total: 13 (24%)	50. Áreas comunes	35. Oficina en casa
	53. Densificación	36. Nuevas instalaciones
	54. Zona de alta densidad	37. Confort interno
	Total: 16 (29%)	38. Iluminación natural
		39. Ventilación natural
		40. Impacto hidrológico cero
		41. Captación de agua pluvial
		42. Azotea verde
		44. Planta de tratamiento de agua residual
		45. Filtros de agua
		46. Reducción de uso de agua interno
		47. Cubierta vegetal
		52. Diversidad de usos e infraestructura
		55. Sitio de alta prioridad
		Total: 26 (47%)

Fuente: Elaboración propia

Para definir los tres escenarios a utilizar en este proyecto, se comparan los resultados de los usuarios con la ponderación realizada por los expertos durante la metodología *Delphi*, mostrado en la Tabla 11.

Tabla 11: Clasificación por expertos, de estrategias en escenarios de sustentabilidad.

Básico (4)	Medio (3)	Ideal (1-2)
1. Focos ahorradores	13. Ahorro de energía en alumbrado exterior	33. Interiores modificables
2. Medición de consumo de energía por zona o departamento	14. Ahorro de energía en alumbrado interior	7. Área de secado de ropa
3. Medición de consumo de agua por zona o departamento	15. Transporte público cercano	9. No exceder espacios de estacionamiento establecidos por municipio
4. Energías renovables (paneles solares)	19. Huerto urbano	12. Madera certificada
5. Energías renovables (aerogeneradores)	20. Lavandería comunal	18. Conservar árboles existentes
6. Calentador de agua solar	25. Valor patrimonial	35. Oficina en casa
8. Bomba de agua ahorradora	26. Separación de residuos	38. Iluminación natural
10. Pintura sin contaminantes	27. Ciclopuerto	39. Ventilación natural
11. Cerámicos sin contaminantes	31. Reducción de isla de calor	44. Planta de tratamiento de agua residual
16. Tienda de abasto cercana	34. Tipología de departamentos	45. Filtros de agua
17. Materiales locales	36. Nuevas instalaciones	Total: 10 (18%)
21. Estacionamiento para discapacitados	40. Impacto hidrológico cero	
22. Mobiliario accesible	41. Captación de agua pluvial	
23. Baños y cambiadores con mobiliario accesible	42. Azotea verde	
24. Movilidad al interior	47. Cubierta vegetal	
28. Diseño para fácil mantenimiento	49. Espacios sociales cercanos	
29. Ahorro mínimo mensual por ecotecnologías	51. Accesibilidad al público	
30. Limpieza e higiene	53. Densificación	
32. Movilidad al exterior	55. Sitio de alta prioridad	
37. Confort interno	Total: 19 (35%)	
43. Reducción de uso de agua externo		
46. Reducción de uso de agua interno		
48. Área de socialización		
50. Áreas comunes		
52. Diversidad de usos e infraestructura		
54. Zona de alta densidad		
Total: 26 (47%)		

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los escenarios según los expertos, se toma el escenario básico para los indicadores que cuenten con ponderación 4, el medio de 3 y el ideal con ponderación de 1-2. Esto se debe a que el básico es considerado como lo más importante, por lo que todas las viviendas deberían de considerar estos elementos, mientras que el ideal es deseable, pero no necesario.

En la última etapa se elaboraron preguntas relacionadas a la inversión. La primera de estas,

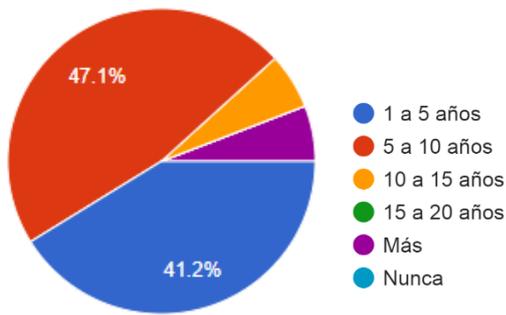


Gráfico 15: Tiempo que pasaría antes de invertir en sustentabilidad
Fuente: Elaboración propia

representada en el Gráfico 15, es si se adquiriera un inmueble, ¿cuánto tiempo después de la inversión inicial tendría que pasar antes de que se considerara realizar otro desembolso para aplicar -más- ecotecnologías? La respuesta con mayor porcentaje es de '5 a 10 años', seguida por '1 a 5 años', luego por '10 a 15 años' y 'más' tiempo. Mientras que la opción 'nunca' no fue seleccionada por ningún usuario.

A partir de esta pregunta se genera la Gráfica 16, en donde se establece una cantidad aproximada para esa inversión. En este caso fue posible seleccionar más de una opción. Más de la mitad de los usuarios invertiría la cantidad ahorrada con las estrategias que contenga la vivienda, así como paneles solares o aparatos ahorradores de agua, entre otros, más aparte un 10% y después un 5% equivalente a la inversión inicial, como se muestra en el Gráfico 16.

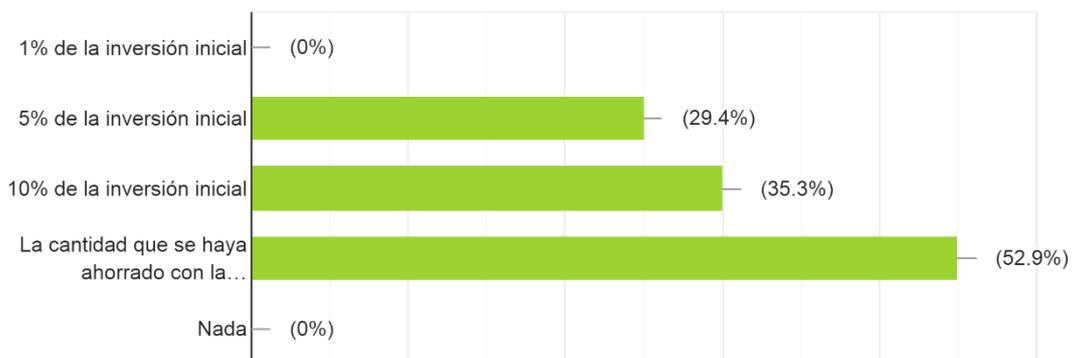


Gráfico 16: % de inversión en sustentabilidad
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, también se investigó si los usuarios sacrificaran ya sea m² de construcción o presupuesto, tomando en cuenta que se recomienda invertir del 25% al 30% de los ingresos en la vivienda, para priorizar la sustentabilidad, o si esta deberá de adecuarse a sus necesidades.

Según las respuestas obtenidas, mostradas en el Gráfico 17, para poco menos del 50% de los usuarios la vivienda deberá de adecuarse a su presupuesto y gustos en espacios, mientras que

el 18% podría reducir los m² del inmueble para obtener una vivienda sustentable y el 35% consideraría pagar más.

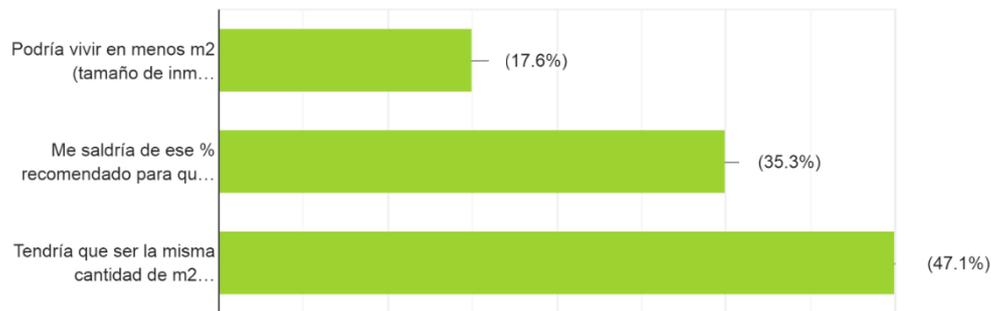


Gráfico 17: Opciones para obtener una vivienda sustentable
Fuente: Elaboración propia

6.2 Hallazgos aprovechables

Con la información obtenida en la síntesis de los reportes de cada herramienta, se puede plantear una serie de descubrimientos relevantes que serán clave para realizar la propuesta del conjunto de vivienda vertical sustentable, cumpliendo con los diferentes ámbitos de la sustentabilidad, y que vayan acorde al contexto en el que se encuentra el proyecto.

Estos son los hallazgos preliminares:

1. Tipología de departamentos:
 - a. Oferta: familia nuclear.
 - b. Demanda: parejas jóvenes con o sin hijos pequeños, unipersonales y corresidentes.
2. Se encontró la necesidad de cuatro tipologías de departamentos: unipersonal, familiar, y dos tipos para familiar o corresidencial.
3. Para la accesibilidad, lo principal es la variedad en tipologías de departamentos, elevadores, y rampas.
4. Las áreas comunes son muy utilizadas en todos los casos.
5. La gestión de aguas negras no existe en los edificios sustentables.
6. Todas las edificaciones en Monterrey cuentan con algún tipo de protección solar en la envolvente.
7. La captación de agua pluvial se maneja en la minoría, independientemente de si cuentan con áreas de riego o no.

8. El ahorro en agua en el exterior por medio de sistema de riego inteligente no lo consideran, excepto en la edificación de lujo.
9. Por la asequibilidad, todos cuentan con aparatos ahorradores tanto de agua como de energía.
10. La composta, vegetación abundante y los huertos urbanos están poco presentes en las edificaciones, siendo la minoría.
11. Las amenidades más importantes son las áreas verdes, gimnasio y terraza. Todas áreas comunes.
12. La percepción de una edificación sustentable es que aumenta el costo, tanto de la inversión como del mantenimiento.
13. Es importante mostrar el impacto ambiental, con datos duros, que una persona estaría haciendo al vivir en una edificación sustentable, a comparación de si viviera en una que no.
14. Es importante ver también el ahorro económico que se obtendría al implementar ahorro de agua y energía.
15. Ciertos elementos como el ciclopuerto se ven como pérdida de inversión, ya que pueden no ser utilizados por la mayoría, por lo que se deberá no solamente promover su uso, sino que también mostrar su valor sustentable.
16. En cuanto a la ubicación, contar con una tiendita dentro del terreno fue de los puntos más altos.
17. A pesar de que la mayoría cuenta con automóvil, la cercanía al transporte público es un punto importante.
18. La seguridad fue un factor muy relevante, las principales consideraciones son: estacionamiento para residentes, guardia de seguridad, y cámaras de seguridad, seguido por estacionamiento para visitas.
19. Otros factores relevantes son la sustentabilidad, el sitio (baja afectación de suelo, montañas y ríos), uso de energías renovables y después aislamientos en muros y ventanas.
20. Se prefiere la utilización de energías renovables o sistemas de ahorro, en lugar de reducir el consumo energético.
21. Aunque exista preocupación por el medio ambiente, no están dispuestos a pagar más por los beneficios de la sustentabilidad.
22. Las personas que ya cuentan con sistemas de ahorro de agua o energía, o captación pluvial, entienden mejor el valor de estos.

23. La accesibilidad se contrapone con seguridad, por lo que se deberán desarrollar estrategias para que ambos elementos se acoplen al diseño.
24. Los desarrolladores son los principales actores en los programas de Infonavit (Hipoteca Verde/Sisevive-Ecocasa/NAMA)
25. En NL no se tienen proyectos verticales de vivienda social con créditos de Infonavit.
26. El representante de Infonavit también ve el problema de la lejanía de las viviendas de interés social, así como la falta de transporte público cercano.
27. Antes había convenio con municipio-Estado para promover el desarrollo sustentable en la ZMM, pero se canceló.
28. El programa de redensificación en el centro conlleva mejoras en infraestructura y áreas verdes, aparte de programas para protección de peatones y ciclistas.
29. Aunque se busca el desarrollo más sustentable posible por parte de IMPLANc MTY, no existe un área de proyectos especializados en desarrollo sustentable.
30. Según la entrevista con IMPLANc MTY, “Hay un problema de voluntad política, participación de la comunidad y problema de costos” (Padrón, 2018).
31. Banorte se enfoca en el ámbito social de la sustentabilidad, dando más opciones de financiamientos.
32. Banorte es consciente de ser un motor del desarrollo económico y al mismo tiempo un actor clave, por lo que fomentan la atención de temas como el cambio climático y la sustentabilidad.
33. La tipología de ubicación seleccionada trae beneficios de cercanía a usos, servicios e infraestructura, pero al mismo tiempo un aumento de tráfico y cantidad de personas.
34. La importancia de la sustentabilidad cada vez es mayor y la población está dispuesta a invertir en ella con un buen plan de financiamiento.

6.3 Diseño aplicativo de la solución

Con el propósito de corroborar la viabilidad del uso de los indicadores que integran la matriz obtenida con las herramientas de investigación documental y método *Delphi*, se tomó un diseño (ya existente) de conjunto habitacional vertical lo más apegado a las edificaciones típicas de la ciudad de Monterrey. Sobre éste se realizó un análisis de sustentabilidad utilizando la matriz de indicadores como base.

A partir de los resultados del análisis se ejecutaron una serie de estrategias puntuales con un enfoque sustentable, con la finalidad de mejorar en cada uno de los ámbitos más relevantes según el contexto de la ciudad. Posteriormente se realizó una comparativa del diseño elegido como típico, antes y después de aplicar las propuestas sustentables, para conocer las mejoras obtenidas, mostradas en los ‘Resultados de estrategias sustentables’.

6.3.1 Proyecto arquitectónico del conjunto habitacional vertical

La intención de utilizar un diseño de conjunto habitacional vertical que se pudiese considerar como típico en la ciudad de Monterrey, es la de conseguir un estimado de las mejoras ambientales que se pudieran obtener a nivel metropolitano. Esto se logrará al multiplicar los resultados obtenidos por el total de edificaciones verticales con esta tipología que hayan sido construidas en el año 2017, estimando un promedio de reducción de consumos y emisiones en los próximos años, específicamente en cuestiones de agua, energéticas y de emisiones de CO₂ eq.

En este caso, el diseño que se utilizó para realizar el análisis y la propuesta sustentable del conjunto habitacional vertical se obtuvo con los permisos correspondientes por parte del propietario del proyecto. Es un proyecto sin construir, con un solo dueño, el cual reuniría el presupuesto por sus propios medios, incluyendo créditos bancarios, pero sin otros inversionistas.

Este fue ubicado en un predio seleccionado según las características necesarias de uso de suelo, densidad, cercanía a servicios, entre otras características que serán retomadas en el apartado de *Sitio*.

El conjunto habitacional seleccionado consta de cuatro niveles. En el primer nivel se encuentra un área para la recolección de basura, transformador y servicios, una bodega, estacionamiento para 12 autos y solamente un departamento tipo B’. De los niveles 2 al 4 se albergan cinco departamentos, uno de cada tipo: A, B y B’, C y D. Y en la azotea se ubica una pequeña bodega y un baño junto al cubo de escaleras, sobre el cual se encuentra el área de tinacos.

Los tipos de materiales propuestos en el diseño original de la edificación son calles interiores de asfalto, estructura de concreto reforzado, blocks de concreto en los muros y bardas, acabados como zarpeo y yeso con pintura a base de agua y en tonos claros, pisos de porcelana y ventanas de aluminio con un cristal.

En cuanto al mobiliario, en el diseño original se estableció el dibujo de cada mueble para dimensionar espacios, pero únicamente se planteó la construcción y habilitación de mobiliario sanitario y gabinetes de cocina.

Localización

El predio en el cual se encuentra ubicado el conjunto habitacional está en la esquina de Av. Manuel Castro con Av. Burócratas del Estado, en la zona Los Altos, Colonia Cumbres, Monterrey, Nuevo León. En la Ilustración 24 se aprecia del lado izquierdo un mapa con la ubicación en un círculo color rojo. Se observa que el predio se localiza al norte del municipio de San Pedro Garza García, al Noroeste de Santa Catarina y al Este del centro de Monterrey.

En las fotografías se aprecia el contexto inmediato del terreno, donde se percibe una avenida pavimentada, con servicios públicos, incluyendo transporte público. También se distinguen otros usos y servicios, como lo es la tienda de conveniencia y un gimnasio, así como otros locales comerciales aledaños a estos.



Ilustración 24: Plano de localización y contexto urbano
Fuente: Google Maps

Planta de conjunto



Ilustración 25: Planta de conjunto
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 25 se puede observar la ubicación del terreno, con la edificación al fondo, la cual cuenta con piso de porcelana color gris claro en la azotea. En el cubo de escaleras, donde se ubicarían los tinacos, se propuso un impermeabilizante en color claro, así como en la bodega de planta baja.

En cuanto a las fachadas Norte y Oeste, están en colindancia con edificaciones de solamente un nivel. Mientras que las fachadas Sur y Este están libres, puesto que el predio se ubica en esquina, teniendo vistas y un buen uso de los balcones y ventanas, aunque

también están más vulnerables al asoleamiento, y por lo tanto el confort interno se puede ver más afectado, lo que se verá reflejado más adelante en el análisis del conjunto.

El diseño preestablecido cuenta con bardas divisorias de 2.40 m que rodean el área verde, obstruyendo la vista al interior del conjunto, a excepción del acceso vehicular, el cual no cuenta con reja o cualquier obstáculo visual.

Al ingresar se tiene la calle interior de asfalto, que va desde la Av. Burócratas del Estado, hasta el otro lado del predio, conectando todos los cajones de estacionamiento que se ubican en planta baja, con la avenida. Después está el área verde, únicamente con pasto tipo San Agustín o similar, y los tres árboles que ya se encuentran en el terreno y pudiesen ser conservados debido a la distribución del diseño.

Plantas arquitectónicas

La Ilustración 26, presenta la planta baja del conjunto y muestra primeramente el ancho de la banqueta de 2.45 m, por lo que en el acceso se pueden tener tanto la rampa vehicular como un paso peatonal de al menos 1 m, lo que promueve accesibilidad al no interrumpir el paso de

las personas y ser lo suficientemente ancho para que pase una silla de ruedas por la banqueta. Esto permite utilizar el mismo acceso al conjunto para vehículos y peatones.

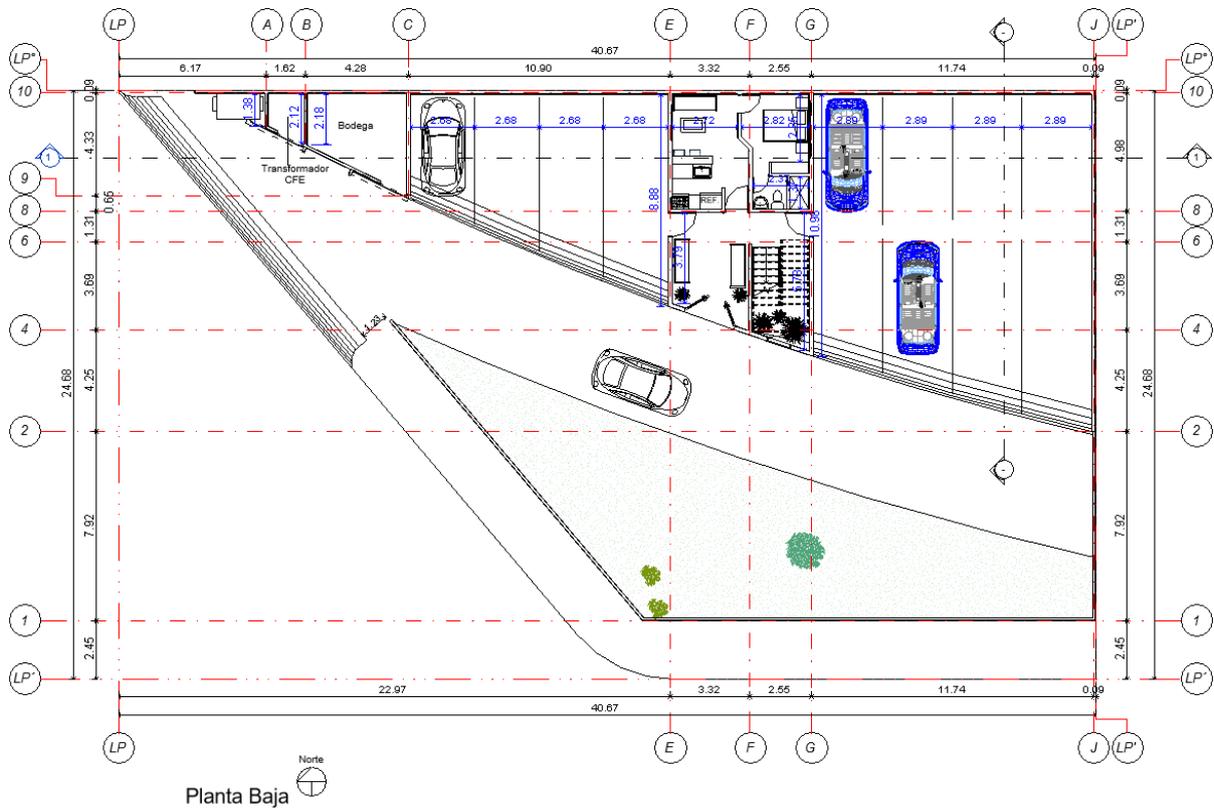


Ilustración 26: Planta baja
Fuente: Elaboración propia

Al interior se observa, en orden de izquierda a derecha, un espacio para el contenedor de residuos generales sin bardas o puertas de separación. Después está el espacio destinado para el transformador conectado directamente a la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y luego se ve una bodega bastante amplia de 13.20 m², ambos con puertas corredizas metálicas, en donde se encuentran ubicados por fuera los medidores tanto de la CFE como de Agua y Drenaje de Monterrey.

Seguidamente está el desplante de la edificación, el cual son dos estacionamientos con 12 cajones para autos; donde las medidas de los cajones son de aproximadamente 2.70 x 5.00 m. El estacionamiento de la izquierda (A), cuenta con cuatro espacios, y el de la derecha (B) con ocho, pero en este último están ubicados cuatro al fondo y cuatro próximos a la calle interior. Cabe resaltar que no se estableció un área específica para ubicar cisterna, sistema de tratamiento de agua, o similar.

La calle interior es de 5.00 m, lo que permite un buen flujo de autos y movimientos de entrada y salida, considerando la cantidad de vehículos. Aledaño a esta se encuentra el área verde solamente con césped y tres árboles chicos, sin mobiliario urbano ni juegos infantiles.

Antes de establecer la ubicación de cada uno de los departamentos se presenta una breve descripción de las tipologías en el proyecto ya diseñado, las cuales son representativas de departamentos tradicionales; que aun y cuando no vayan de acuerdo con las características deseables especificadas por los usuarios durante la investigación, estas tipologías presentadas a continuación podrán ser modificadas al aplicar las estrategias sustentables.

El departamento tipo A cuenta con 72.08 m², 2 recámaras con su baño completo y *walk-in* clóset; la recámara principal cuenta con terraza, así como la cocina y área de usos múltiples, además tiene un clóset con instalaciones para lavandería. Los tipos B y B' son de 27.32 m², 1 recámara con baño completo, cocina y área de usos múltiples, donde la diferencia recae en que el B cuenta con terraza y el B' no. En el tipo C son 43.31 m², 2 recámaras, 1 baño completo compartido, cocina, más área de usos múltiples con terraza. Y, por último, el tipo D cuenta con 55.36 m², 2 recámaras con baño completo y *walk-in* clóset, cocina y área de usos múltiples.

Al interior del edificio, en planta baja, se tiene un departamento tipo B', el vestíbulo y cubo de escaleras. El ingreso a esta zona es por una puerta principal metálica con cerraduras para seguridad, y dos puertas metálicas alternas para los estacionamientos que funcionan con un control de acceso con tarjetas magnéticas únicamente para residentes. En el vestíbulo hay espacio para mobiliario de espera, y en la parte de atrás de las escaleras un jardín interior.

En la Ilustración 27 se observa la planta tipo de departamentos, que va del nivel 2 al 4. Son cinco departamentos, uno de cada tipo A, B, B', C y D, los cuales serán explicados más a detalle en el apartado de tipología de las viviendas.

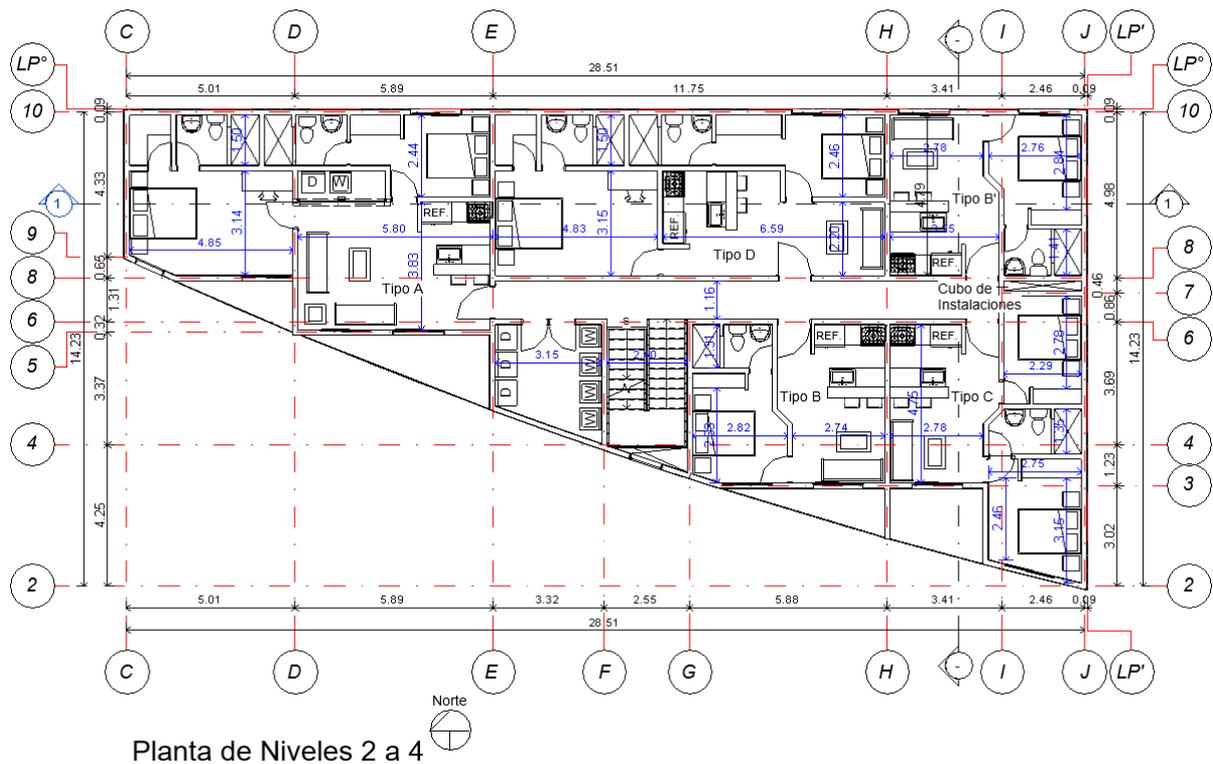


Ilustración 27: Planta de niveles 2 a 4
Fuente: Elaboración propia

En la planta tipo se cuenta también con un cuarto el cual está destinado para lavandería, con las instalaciones hidráulicas y sanitarias necesarias, pero únicamente considerando lavadoras y secadoras, y el nombre en los planos es de habitación de usos múltiples, dejando abierta la posibilidad de su uso como bodega, sala de estudio, entre otros. En esa misma habitación se observa la falta de ventanas o aperturas para ventilación o iluminación natural, se asume que la iluminación deberá ser artificial. Que como en el resto de la edificación, la iluminación está basada en focos ahorradores de uso residencial y apagadores comunes, sin automatización.

En cuanto al cubo de escaleras, como se mencionó anteriormente, cuenta con un espacio al fondo, el cual está destinado para un jardín interior (visible en ‘Ilustración 26: Planta Baja’) y funge como espacio de libre ventilación entre los diferentes niveles. Entre los departamentos tipo B’ y C hay un cubo de instalaciones, el cual también sirve de ventilación para el baño B’. Mientras que los departamentos serán explicados posteriormente en este mismo apartado.

En el último de los niveles, mostrado en la Ilustración 28, se observa únicamente el cubo de escaleras, a su izquierda una bodega y después un baño completo. Y en el extremo derecho, un cubo de instalaciones que va hasta el estacionamiento en planta baja.

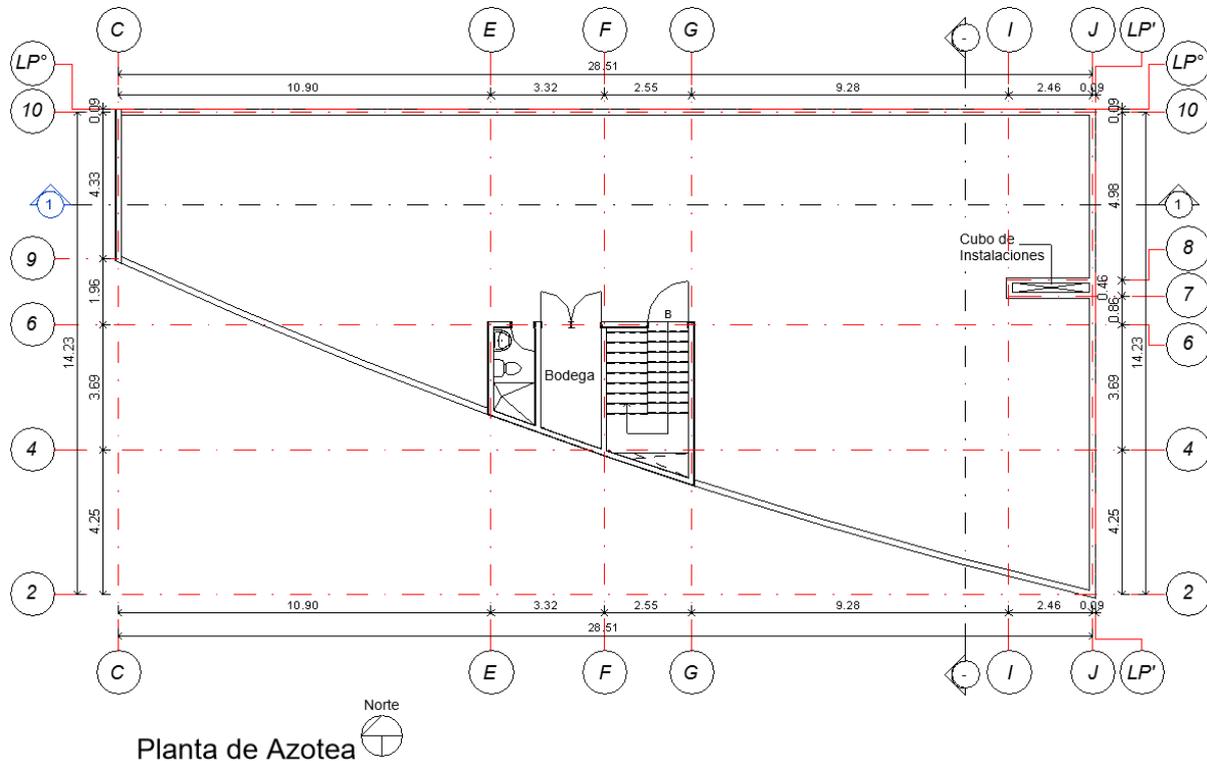


Ilustración 28: Planta de azotea
Fuente: Elaboración propia

Se observa un fácil acceso por las escaleras a la azotea debido a que se pensó para que pudiese utilizarse como área común, aunque no se dejaron salidas ni preparaciones para posible instalación de asadores, cocineta, u otros accesorios comúnmente utilizados.

Fachadas

En las ilustraciones de las fachadas Sur y Este se omitieron las bardas perimetrales que delimitan al área verde para aumentar la visión al interior del predio, lo que también permite observar la topografía natural del terreno.

En la fachada Sur, representada en la Ilustración 29, se observa del lado izquierdo el contenedor de basura junto al cuarto para el transformador y la bodega con sus puertas corredizas. Después se encuentra el estacionamiento y el acceso principal.



Ilustración 29: Fachada Sur
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las ventanas, el departamento de planta baja cuenta con tres ventanas de 0.50 m x 1.20 m. De los niveles 2 al 4, todas son corredizas de 1.50 m x 1.00 m, a excepción de la recámara tipo A que cuenta con una ventana fija de 1.80 m x 0.90 m. En donde se encuentran balcones hay puertas corredizas de 1.50 m x 2.10 m. En cuanto a los baños, son ventanas proyectables de 0.40 m x 0.40 m.

La Ilustración 30 muestra la fachada Este, en donde debido a la configuración de la edificación se observa parte de la fachada Sur. Pero se puede ver una de las puertas de acceso alternas, específicamente para el estacionamiento A.



Ilustración 30: Fachada Este
Fuente: Elaboración propia

Y así como en la fachada Sur, aquí también se observa la exposición solar específicamente en estas dos fachadas, por lo que se deberá analizar más a fondo en el apartado de análisis de asoleamiento, ya que puede afectar el confort interno de los departamentos.

La fachada Norte, representada en la Ilustración 31, muestra las puertas hacia la azotea, las cuales funcionan con base en cerraduras. Pero también se observa la gran cantidad de ventanas que, aunque permiten el paso de iluminación y ventilación natural, si el estacionamiento que se encuentra en colindancia con esta fachada cambia de uso de giro, pudiese representar la clausura de estas.



Ilustración 31: Fachada Norte

Fuente: Elaboración propia

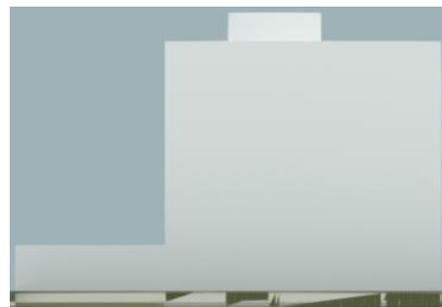


Ilustración 32: Fachada Oeste

Fuente: Elaboración propia

Y la fachada Oeste, en la Ilustración 32, solamente se observan los volúmenes, ya que el diseño original no cuenta con ventanas en ese muro, y en cuanto a la barda perimetral, atrás se encuentra únicamente el área verde con los tres árboles.

Cortes

En el corte A-A', mostrado en la Ilustración 33, se observan los espacios con los que cuentan los departamentos, y el posible mobiliario que se pudiese utilizar, ya que como se mencionó anteriormente, en la construcción y presupuesto no se prevé mobiliario, a excepción del sanitario y de cocina. Inclusive tampoco se considera la instalación de plafón, aunque la altura de 2.72 m de nivel de piso terminado a nivel inferior de losa si lo permite.

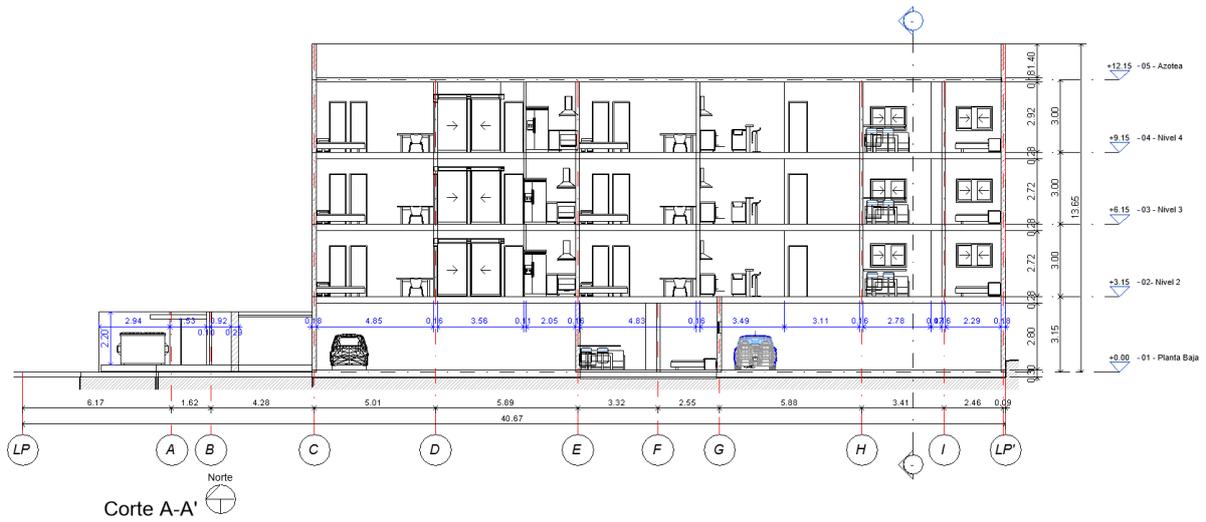


Ilustración 33: Corte A-A'
Fuente: Elaboración propia

Mientras que en el corte B-B', en la Ilustración 34, aparte del mobiliario y medidas de los espacios, también se observan las ventanas del departamento tipo B' en la planta baja, las cuales, debido a la ubicación con vista al estacionamiento B son más angostas que las del resto de los departamentos, pero no se consideraron protecciones.

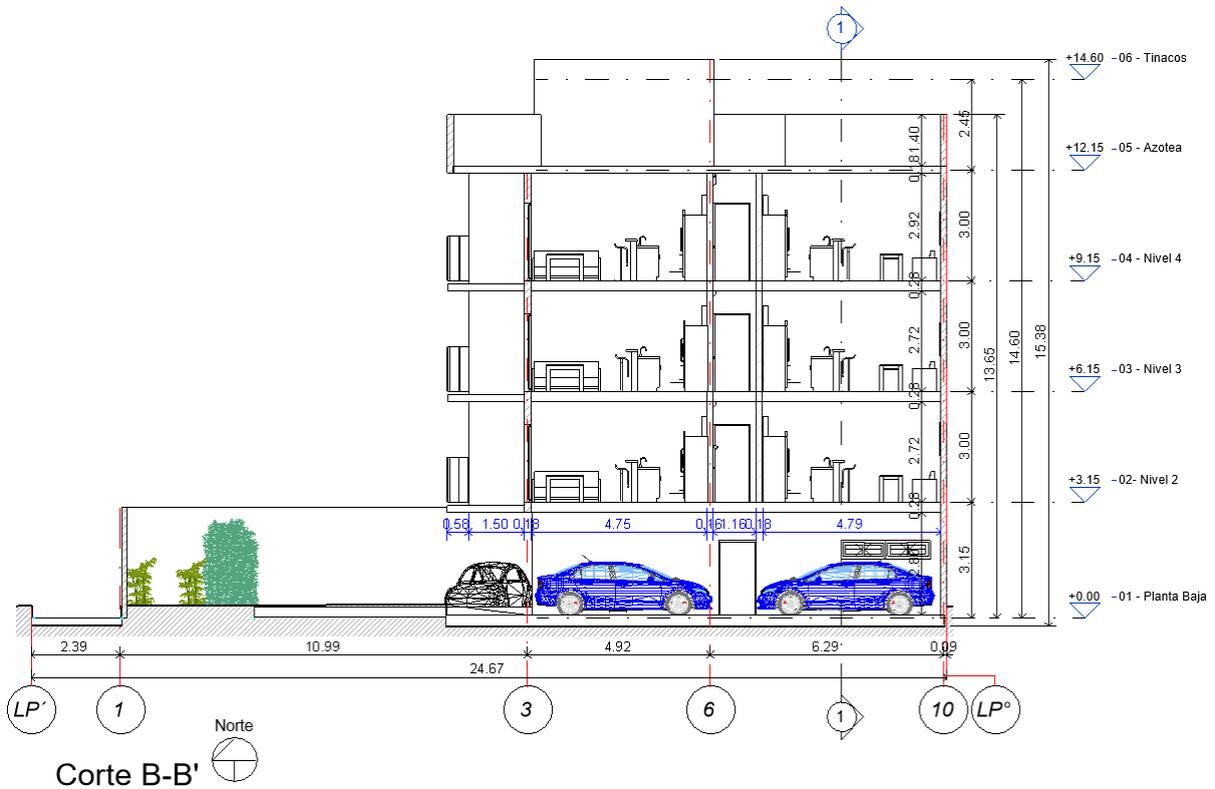


Ilustración 34: Corte B-B'
Fuente: Elaboración propia

Tipología de las viviendas

En este apartado se presentan las cuatro tipologías de departamentos con sus habitaciones y principales características, como se percibe en la Ilustración 35. A cada una de las tipologías se le asignó un número supuesto de habitantes, para posteriormente realizar el cálculo de consumo energético y de agua, por departamento y el total de la edificación.

En el departamento tipo A, por ser el que cuenta con más metros cuadrados de construcción (72.08 m^2), así como dos recámaras y dos baños completos, se le asignaron 4 habitantes dentro de la vivienda. Sin considerar las amenidades extra con las que cuenta, como lo son los dos balcones y un espacio para lavadora y secadora. Esta tipología se encuentra en los niveles del 2 al 4, por lo que son tres departamentos iguales en toda la edificación.

Los departamentos tipo B y B' se toman para una persona, ya que es la única tipología con solamente una recámara y 27.32 m^2 , aunque también cuenta con amenidades como el balcón para el tipo B que se encuentra en la fachada Sur, mientras que el tipo B' carece de este al encontrarse en la fachada Norte. Y en total hay 7 en el conjunto.

Para el tipo C se estiman 2 habitantes, ya que aparte de contar con 43.31 m^2 , ambas habitaciones son del mismo tamaño y se comparte el baño completo. Siendo su mayor amenidad el gran tamaño de balcón a comparación de las otras tipologías, pero es un departamento que se prevé tendrá problemas de confort debido a su ubicación en fachada Oeste y Sur, al tener mayor exposición solar a lo largo del día. Aparte, como se puede observar en estos renders, las ventanas no cuentan con protecciones para el sol. Y es el mismo caso que el tipo A, donde cuenta con tres departamentos en todo el edificio.

Por último, el tipo de departamento D se establece para tres habitantes, puesto que es el segundo departamento con más metros cuadrados de construcción (55.36 m^2), incluyendo dos recámaras, pero a diferencia del tipo A, este no cuenta con balcones porque se encuentra en la fachada Norte, lo que también genera una falta de iluminación natural y, por ende, se encuentra más oscuro que el resto de los departamentos. Y en cuanto a la cantidad de departamentos con esta tipología, también son tres en total, uno en cada nivel del 2 al 4.



Tipo A

72.08 m ²	Área de usos múltiples
2 Recámaras	Lavandería
2 Baños completos	2 Terrazas
2 Walk-in clósets	Niveles: 2, 3, 4
Cocina	Fachadas Sur y Este



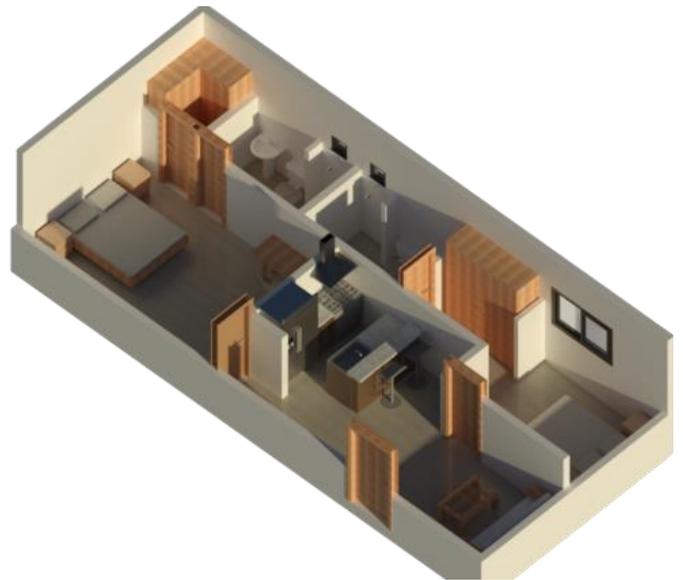
Tipo B y B'

27.32 m ²	Área de usos múltiples
1 Recámara	Posible Terraza
1 Baño completo	Niveles: PB, 2, 3, 4
Cocina	B fachada Sur
	B' fachada Norte



Tipo C

43.31 m ²	Área de usos múltiples
2 Recámaras	Terraza
1 Baño completo	Niveles: 2, 3, 4
Cocina	Fachadas Sur y Oeste



Tipo D

55.36 m ²	Cocina
2 recámaras	Área de usos múltiples
2 baños	Niveles: 2, 3, 4
2 walk-in clósets	Fachada Norte

Ilustración 35: Tipologías de departamentos
Fuente: Elaboración propia

Consumo energético y de agua por tipología de vivienda

Para el consumo de agua se toma en cuenta el consumo máximo de metros cúbicos que debería de tener un hogar por número de habitantes. En este caso, aunque sean departamentos, sí se cuenta con jardín, por lo que se tomarán tanto los datos de departamento o pequeña vivienda y casa con jardín, obtenidos de la Tabla 12.

Tabla 12. Consumo de metros cúbicos de agua por familia y por tipo de casa

Tipo de habitación	Número de habitantes	1	2	3	4	5	6
Departamento o pequeña vivienda		4	8	12	15	20	25
Casa sin jardín		5	10	15	20	25	30
Casa con jardín		7	13	20	25	30	35
Residencial con jardín		10	20	25	30	35	40

Fuente: CESPT, 2018

En este caso se expresan las cantidades en m³ mensuales, por lo que se dividirá la cantidad de metros cúbicos entre 30.4 días (promedio de días mensuales utilizado en otros procedimientos oficiales en México).

Aunque en México el promedio se encuentra en 366 l/día, los datos en los que se basa este estudio provienen de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) y el Gobierno de Baja California, que se encuentran en el mismo sector climático definido por la NAMA que Nuevo León, por lo que el consumo es más parecido a éstos, que al resto del país.

Para el consumo energético mostrado en la Tabla 13, se tomó información promedio por tamaño del hogar para igualar los departamentos disponibles en la edificación, establecidos por Leny Sánchez en Hogares y energía eléctrica en México (Sánchez-Peña, 2012). A partir del consumo energético se pueden estimar las emisiones de CO₂ eq generadas en el conjunto. Cabe destacar que entre menor sea la cantidad de habitantes por unidad de vivienda, el consumo energético per cápita se vuelve mayor.

Tabla 13. Consumo de energía eléctrica promedio en México

Tipología de departamentos	Cantidad de Habitantes por Departamento	Cantidad de Departamentos	Consumo Energético per Cápita Trimestral, Según Núm. de Habitantes (2010)	Consumo Energético por Departamento Mensual	Total de Consumo Energético en la Edificación Mensual	unidades
A	4	3	2,645.185	3,526.913	10,580.740	MJ
			734.774	979.699	2,939.096	kWh
B	1	7	5,603.016	1,867.672	13,073.704	MJ
			1,556.393	518.798	3,631.584	kWh
C	2	3	4,216.522	2,811.015	8,433.044	MJ
			1,171.256	780.837	2,342.512	kWh
D	3	3	3,073.801	3,073.801	9,221.403	MJ
			853.834	853.834	2,561.502	kWh
PROMEDIOS					41,308.891 MJ mensual	
					11,474.694 kWh mensual	
337.491 Promedio kWh mensual por Persona					11,474,693.667 Watts mensual	
717.168 Promedio kWh mensual por Vivienda					377,457.029 Consumo diario Watt (E)	

Fuente: Elaboración propia con información de Sánchez-Peña, L., 2012

En la Tabla 14 y 15 se definen los consumos de agua por departamento según el número de habitantes, por lo que se tomó el total de cada tipología de departamento para obtener el consumo energético y de agua aproximado de la edificación. Esta aproximación se estima con base en los estudios mencionados previamente (Sánchez-Peña, 2012 & CESPT, 2018), los cuales, al no ser específicos de la ZMM conllevan variaciones, ya que el consumo de agua y energía cambian según las costumbres, así como los equipos eléctricos que se requieren para los diferentes tipos de clima.

Tabla 14. Consumo de agua promedio en departamento o pequeña vivienda, según CESPT

Tipología de departamentos	Cant. de Habitantes por Departamento	Cant. de Departamentos	Consumo de Agua por Departamento Según Núm. de Habitantes (2018)	Total de Consumo de Agua en la Edificación	unidades
A	4	3	12.000	36.000	m ³ /mes
			12,000.000	36,000.000	lts/mes
			394.737	1,184.211	lts/día
B	1	7	4.000	28.000	m ³ /mes
			4,000.000	28,000.000	lts/mes
			131.579	921.053	lts/día
C	2	3	8.000	24.000	m ³ /mes
			8,000.000	24,000.000	lts/mes
			263.158	789.474	lts/día
D	3	3	15.000	45.000	m ³ /mes
			15,000.000	45,000.000	lts/mes
			493.421	1,480.263	lts/día
					133.000 m³/mes
					4.375 m³/día
					133,000.000 lts/mes
					4,375.000 lts/día
					128.68 lts/día/persona

Fuente: Elaboración propia con información de CESPT, 2018

Tabla 15. Consumo de agua promedio en casa con jardín, según CESPT

Tipología de departamentos	Cant. de Habitantes por Departamento	Cant. de Departamentos	Consumo de Agua por Departamento Según Núm. de Habitantes (2018)	Total de Consumo de Agua en la Edificación	unidades
A	4	3	25.000	75.000	m ³ /mes
			25,000.000	75,000.000	lts/mes
			822.368	2,467.105	lts/día
B	1	7	7.000	49.000	m ³ /mes
			7,000.000	49,000.000	lts/mes
			230.263	1,611.842	lts/día
C	2	3	13.000	39.000	m ³ /mes
			13,000.000	39,000.000	lts/mes
			427.632	1,282.895	lts/día
D	3	3	20.000	60.000	m ³ /mes
			20,000.000	60,000.000	lts/mes
			657.895	1,973.684	lts/día
				223.000	m³/mes
				7.336	m³/día
				223,000.000	lts/mes
				7,335.526	lts/día
				215.75	lts/día/persona

Fuente: Elaboración propia con información de CESPT, 2018

Esta información se convierte en la base para implementar después las diferentes ecotecnologías para mejorar la sustentabilidad del conjunto.

6.3.2 Análisis climático

En este apartado se establecen los parámetros climáticos de la ZMM como temperatura, asoleamiento, precipitación y viento, para las condiciones climáticas a las que se enfrentará el conjunto y sus viviendas presentados anteriormente.

Los elementos climáticos son necesarios para realizar ciertos análisis requeridos para la medición de los indicadores, así como para la planeación y uso de los elementos naturales a favor del conjunto al momento de realizar la propuesta sustentable.

Clima

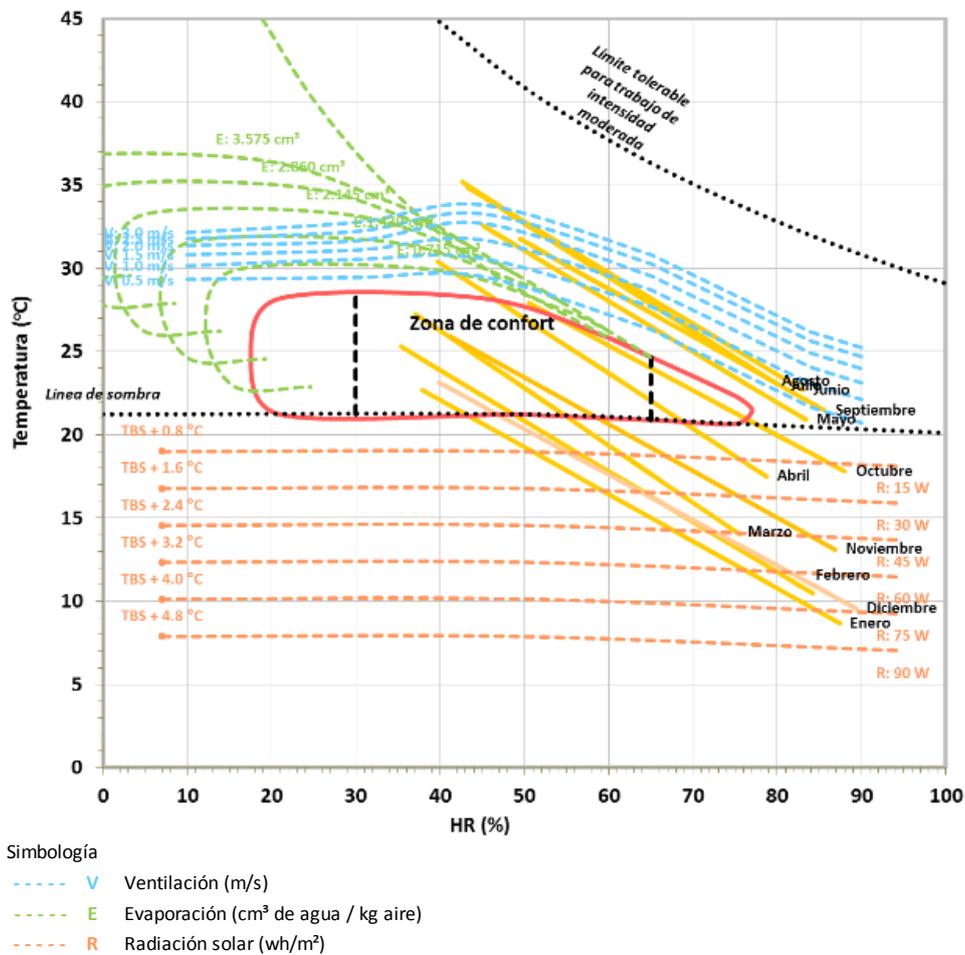
En este caso se utilizó la aplicación de Bioclimarq2016, en la que se introdujeron los datos climáticos de Monterrey: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa promedio, precipitación pluvial, radiación media s/p horizontal, brillo solar y velocidad del viento; obtenidos de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Servicio

Meteorológico Nacional con base en la estación meteorológica del Aeropuerto del Norte INTL (MMAN).

A partir de esta información se produjeron una serie de cartas bioclimáticas con el objetivo de analizar las condiciones climáticas mensuales y su relación con la zona de confort, así como las medidas recomendadas para lograr ubicarse dentro de la zona de confort definida en cada una de las cartas.

La primera de los cinco estudios por analizar con información de la ZMM es la carta bioclimática de Olgyay representada en el Gráfico 18. Se puede observar la zona de confort al centro en color rojo, encontrando algunos meses con algunos días dentro del área definida.

Gráfico 18: Carta bioclimática de Olgyay



Fuente: Elaboración propia. Zonas definidas por Olgyay (1963), Temperatura neutra de acuerdo a ASHRAE 55: 2010

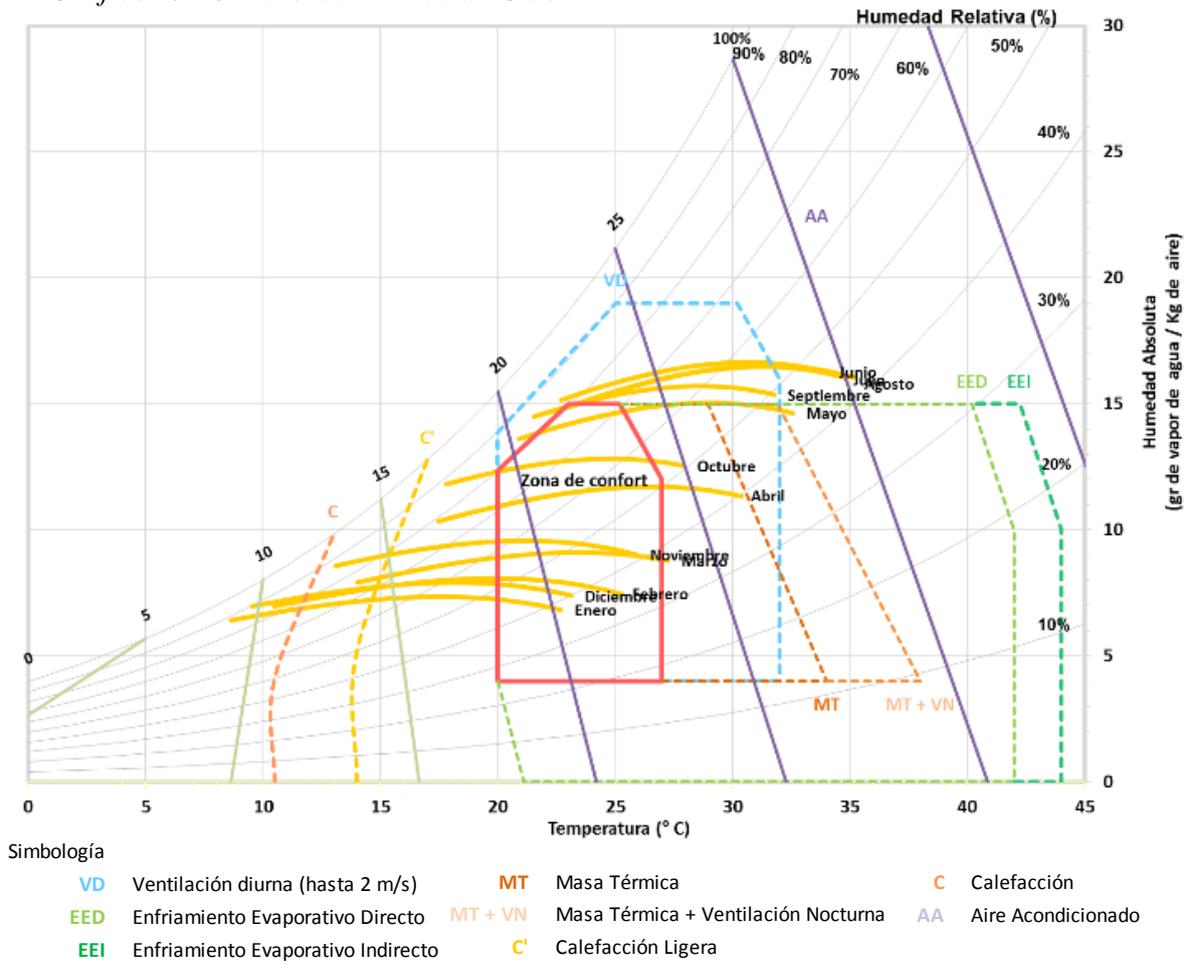
Los meses de diciembre, enero y febrero cuentan con una pequeña porción del mes dentro de la zona de confort, mientras que el resto se encuentra por debajo, lo que requiere usar algún medio de calentamiento de ambiente para elevar la temperatura aproximadamente $+ 4.8^{\circ}\text{C}$, y alcanzar las condiciones de confort.

Los meses de marzo y noviembre se encuentran la mitad del tiempo dentro de la zona de confort, y la otra mitad por debajo, pero solamente de 2°C a 3°C . Abril es representado como uno de los mejores meses, únicamente con diferencias de 1.5°C aproximadamente. Mientras que octubre es el mes con mayor cantidad de días dentro de la zona de confort y hasta se podría decir que el único sin necesidad de requerir algún tipo de sistema de apoyo para regular la temperatura.

A partir de mayo a septiembre, todos los meses se encuentran fuera de la zona de confort con temperaturas mayores, con necesidad de ventilación a 0.5 m/s como mínimo usualmente por las noches, hasta más de 3.0 m/s en algunos días, con las peores temperaturas en junio, julio y agosto, donde se pueden observar días cálidos secos.

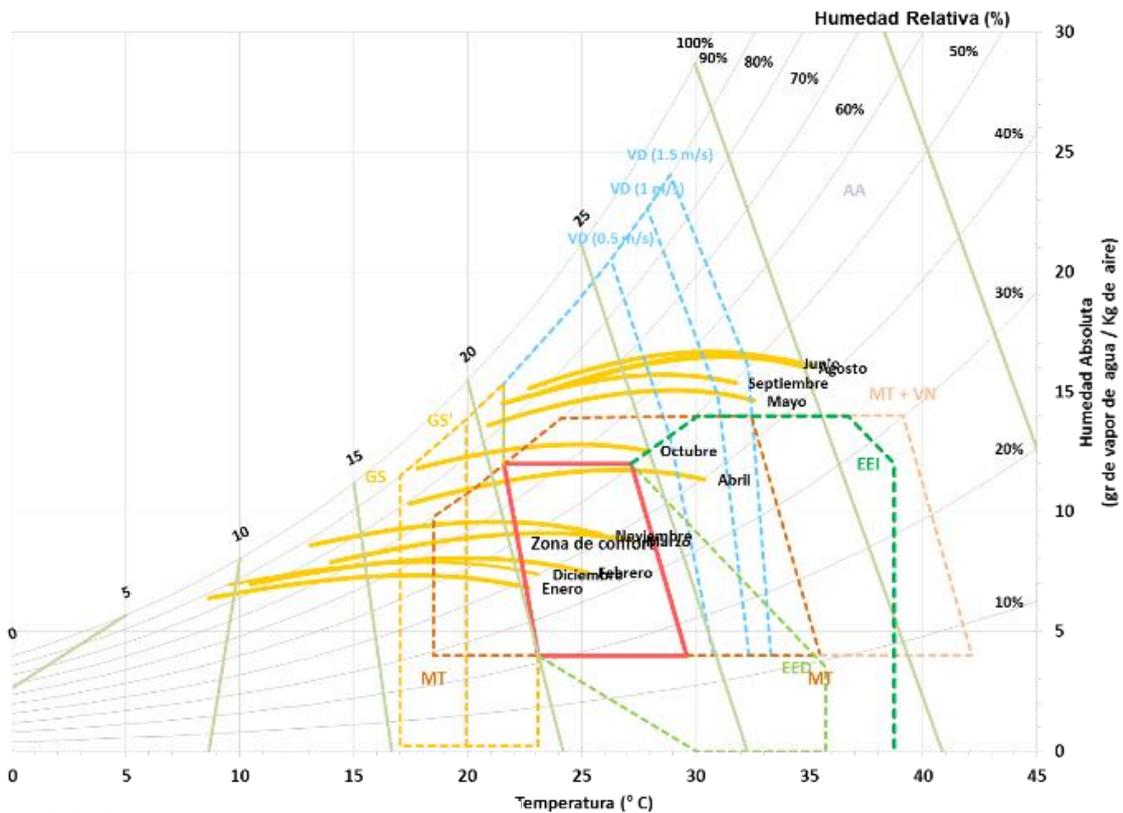
Después se tomaron, primero la carta de Givoni, representada en el Gráfico 19 y después Szokolay en el Gráfico 20. Estas también cuentan con un área que representa la zona de confort, pero a comparación de la anterior establecen una mayor cantidad de medidas correctivas para mitigar las bajas o altas temperaturas a lo largo del año.

Gráfico 19: Carta bioclimática de Givoni



Fuente: Elaboración propia. Building Bio-Climatic Chart: BBCC, Psicrométrico desarrollado por Givoni, B. y Yahima, S. (1998), Zonas definidas por Givoni (1998 y 1976).

Gráfico 20: Carta bioclimática de Szokolay



Simbología

- | | |
|--|--|
| VD Ventilación diurna (m/s)
<i>Velocidad media del viento: 7.2 m/s</i> | MT + VN Masa Térmica + Ventilación Nocturna |
| EED Enfriamiento Evaporativo Directo | GS' Ganancia solar ligera (25% eficiencia) |
| EEI Enfriamiento Evaporativo Indirecto | GS Ganancia solar (50% eficiencia) |
| MT Masa Térmica | <i>Ganancia solar media s/ muro sur: 1261.2 w/m2</i> |
| <i>Oscilación térmica media: 12.4 K</i> | AA Aire Acondicionado |

Fuente: Elaboración propia. Psicrométrico desarrollado por Givoni, B. y Yahima, S. (1998), Zonas definidas por Szokolay (2008).

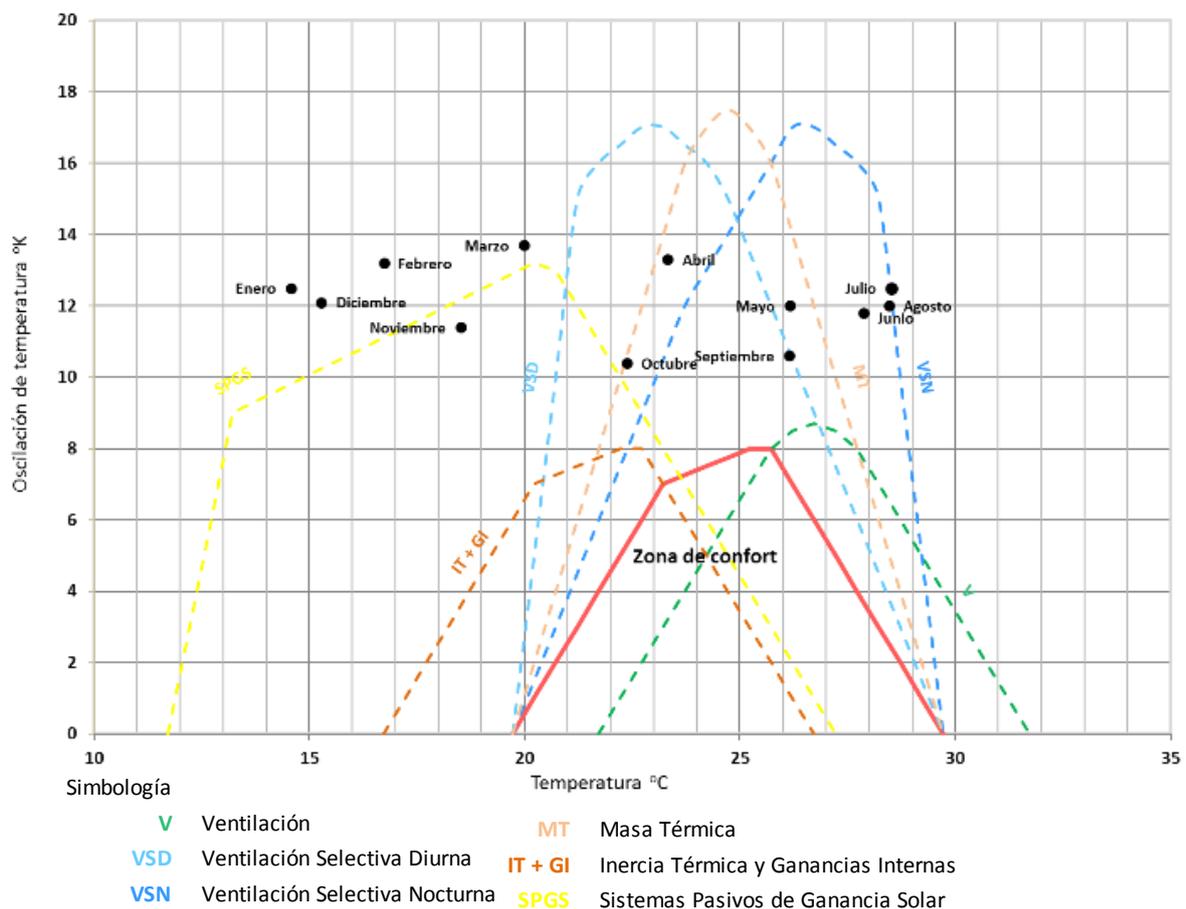
Con base en lo definido anteriormente, se mencionará únicamente la nueva información. En esta carta se muestra que, aunque en enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre en ocasiones sí se requiere de calefacción, el resto del tiempo se pueden utilizar medidas como masa térmica y ganancia solar para moderar los efectos de las bajas temperaturas.

Los días más cálidos de los meses mencionados anteriormente, además de abril y octubre, pueden ser enfriados utilizando algún método de enfriamiento evaporativo directo, así como el uso también de masa térmica para prevenir el calentamiento al interior de las edificaciones.

En cuanto a los meses más cálidos como lo son mayo, junio, julio, agosto y septiembre, requieren de ventilación diurna de hasta 2 m/s, mientras que en algunos días de junio a agosto sería necesario el uso de aire acondicionado.

La cuarta carta bioclimática son los triángulos de confort de Evans (Gráfico 21) que, a comparación de los anteriores, éste no representa las variaciones de temperaturas durante el mismo mes en línea, ni las diferentes medidas para mitigar las afectaciones climáticas, sino que se muestran puntos indicando si los meses están o no ubicados dentro de la zona de confort, y las medidas que se deberían de tomar para prevenir las consecuencias por las inclemencias del tiempo.

Gráfico 21: Triángulos de confort de Evans



Fuente: Elaboración propia. Hoja de cálculo e-Clim desarrollada por Evans, J.M. (1999), Temperatura neutra de acuerdo a ASHRAE 55: 2010.

En esta ocasión se puede observar que ninguno de los meses está ubicado dentro de la zona de confort, y como especifican también los gráficos anteriores, es necesario utilizar sistemas

pasivos y activos de ganancia de calor para temperaturas bajas, ventilación selectiva en temperaturas altas, e implementación de masa térmica para mitigación de ambos.

Por último, se mencionan las estrategias recomendadas como el resultado del cuestionario de Mahoney (Koenigsberger, Mahoney and Evans, 1971), que utiliza un procedimiento basado en Szokolay y, S.V., and Docherty (1999). En éste se encontró que se requiere ventilación indispensable durante al menos los siete meses de abril a octubre, protección contra la lluvia solamente en el mes de septiembre, inercia térmica como medida controladora de cambio de temperaturas en todos los meses excepto en octubre y protección contra el frío tan solo en enero y diciembre.

Resultando en una serie más específica de tácticas recomendadas según la categoría que se desea atacar como: patio central compacto, configuración espacial extendida pero protegida contra los vientos, habitaciones agrupadas, tamaño de los vanos muy pequeños (10%-20% de la superficie de la fachada), posición de los vanos a la altura de los ocupantes, frontales a los vientos dominantes, sombreado total y permanente en los vanos, muros y pisos masivos para contar con más de 8hrs de retraso térmico, sistemas de aislamiento, cubiertas ligeras y bien aisladas, y finalmente no se recomienda el uso de exteriores como lugares de estancia.

Asoleamiento

Por medio del software de Revit, se analizó el movimiento del sol durante todo el año 2017, del 01 de enero al 31 de diciembre, para observar el recorrido del sol y las sombras generadas, como se muestran en la Ilustración 36. El principal objetivo de este estudio es el de observar y analizar la necesidad de aplicar algún tipo de parasoles o prever aumentos de temperatura en alguna fachada según sea el caso.

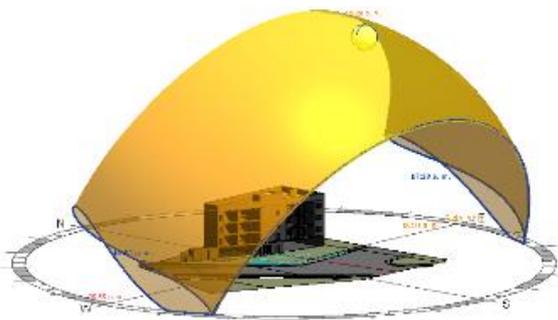


Ilustración 36: Movimiento anual del sol
Fuente: Elaboración propia con modelado en Revit

La edificación, según el arquitecto Micheel Wassouf en su libro *De la Casa Pasiva al Estándar: Passivhaus, La Arquitectura Pasiva en Climas Cálidos*, está establecida con una orientación adecuada en forma de rectángulo con las dos caras más chicas dando al Este y Oeste

(2014), pero esto no necesariamente resuelve la complejidad que implica la incidencia de la radiación solar, debido al diseño irregular y a la inclinación del sol, lo que genera complicaciones a todo lo largo de la fachada Sur.

Se tomaron los dos equinoccios y solsticios para ejemplificar el recorrido del sol en diferentes momentos del año, en tres horarios del día. Se incluye la información climática promedio para relacionarla directamente con el estudio de asoleamiento que se realizó con información del mismo año. Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica más cercana de la ZMM ubicada en el Aeropuerto del Norte INTL (MMAN), Lat.25.865833282471, Long. -100.2399520874, registrados durante el año 2017. Los resultados se observan en la Tabla 16.

Tabla 16: Estudio de asoleamiento

Mañana (8:00am)	Medio día (12:00pm)	Tarde (4:00pm)
<p>Equinoccio 21 de marzo</p>  <p>Durante la mañana, la fachada Oeste que no contiene ventanas absorbe la radiación solar, que luego es transmitida a las habitaciones contiguas, lo que propicia un aumento de temperatura, por lo que requiere de un grado alto de aislamiento.</p>	 <p>Los balcones cumplen con la función de proteger los ventanales del sol directo, aunque las habitaciones de los departamentos tipo A y B de la fachada Sur quedan desprotegidas en su totalidad.</p>	 <p>En este caso la peor orientación la peor orientación es la habitación de los departamentos tipo A y C de la fachada Sur, al no tener protección.</p>
<p>Solsticio 21 de junio</p>  <p>Se puede observar un aumento en la iluminación a esta hora del día, lo que promueve la reducción en el consumo de energía eléctrica por iluminación artificial.</p>	 <p>Por la posición casi vertical del sol, no se observa radiación directa a los muros, únicamente sobre la azotea, pero por la intensidad de los rayos, se obtiene iluminación indirecta dentro de los departamentos.</p>	 <p>Los departamentos tipo A y C de la fachada Sur nuevamente cuentan con la peor orientación, pero en esta ocasión todas las demás áreas se encuentran protegidas de los rayos directos.</p>

Equinoccio 21 de septiembre



Aumenta un poco la inclinación del sol, pero es similar al solsticio de verano.



En este equinoccio, las áreas más protegidas son las comunes, lo que beneficia la reducción en el uso de climatización, ya que serían las más utilizadas durante este horario.



En este caso, únicamente el área común del departamento tipo C cuenta con protección ante los rayos solares. Propiciando el calentamiento de las otras zonas, que se verán afectadas al momento de intentar bajar la temperatura para lograr un confort inclusive en horarios nocturnos.

Solsticio 21 de diciembre



Al encontrarse más inclinado el sol, todas las habitaciones de la fachada Sur, a excepción de la tipo A, comienzan a recibir los rayos solares directamente desde temprano.



En este caso, para los usuarios que se encuentren utilizando cuartos con fachada Sur, tendrían iluminación natural, pero problemas por el reflejo excesivo del sol en las ventanas, ya que no cuentan con protecciones.



Al contrario de los otros ejemplos donde la peor orientación es la habitación de los departamentos tipo A y C de la fachada Sur, por el hecho de no tener protección, en este caso es provechoso debido a las bajas temperaturas que se pueden presentar.

Fuente: Elaboración propia

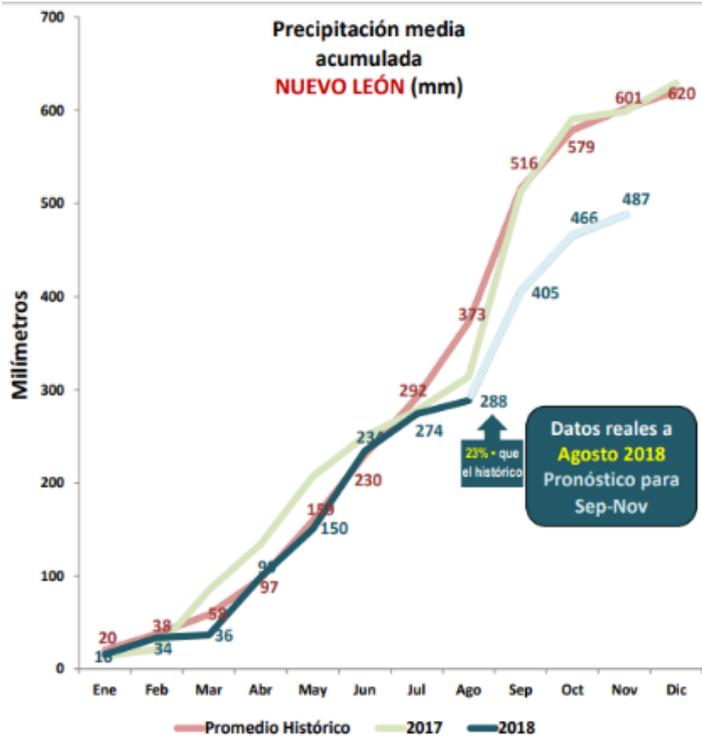
Con este estudio se puede concluir que las habitaciones con ventanas en la fachada Sur cuentan con muy buena iluminación natural, aunque se puede esperar también un incremento de temperaturas, ya que ni los muros ni ventanas cuentan con protección para evitar la radiación directa. Mientras que en la fachada Norte se tendrá una necesidad de iluminación artificial, así como de calentamiento durante los meses más fríos.

Y aunque se cuenta con los balcones y muros divisorios que funcionan como parasoles horizontales y verticales respectivamente, la inclinación del sol genera espacios de exceso de radiación, aparte de que muchas ventanas se encuentran desprotegidas en su totalidad.

En cuanto a la azotea, el único momento del año en donde el sol no impacta esa cara del edificio son las mañanas durante el solsticio de diciembre, y a excepción de ahí, genera una problemática para las viviendas que se encuentran en el último nivel del conjunto, ya que no se encuentra aislado y la radiación solar puede pasar más fácilmente al no ser una losa masiva.

Precipitación

En el estado de Nuevo León, la precipitación anual es de 640 mm, principalmente con lluvias durante los meses de agosto y septiembre y presencia de inundaciones todos los años que obstruyen vialidades y generan pérdidas materiales y, en ocasiones, también de vidas. Pero, a diferencia de estados como Jalisco, en N.L. no es requerido por parte de municipio ningún dispositivo de control del escurrimiento del agua de origen pluvial o impacto hidrológico cero.



Al aumentar las construcciones en donde se encuentran superficies impermeables, se incrementa el escurrimiento pluvial, propiciando la contaminación del agua y disminuyendo su infiltración. Por lo que, por ejemplo, la ley estatal del estado de Jalisco ‘un impacto hidrológico cero’, promueve la captación pluvial para tener un escurrimiento cuando se tiene en estado urbanizado, igual o menor al que se tendría en estado natural.

Ilustración 37: Precipitación media acumulada
Fuente: SEDAGRO, con información de CONAGUA

Específicamente en el caso de Monterrey, así como se promovió en septiembre 2018 por parte de una iniciativa pública para implementar un impacto hidrológico cero, el seguimiento de esta normativa no solamente traería beneficios para prevenir las inundaciones, sino también para el almacenamiento de agua en caso de escasez. Como sucedió en el año 2018, como se muestra en la Ilustración 37, donde se puede observar una escasez de agua en forma de precipitación del 23% menor al histórico en el mes de agosto.

La precipitación pluvial es la principal forma de obtención de agua para el Estado, ya que aporta el abastecimiento de las tres presas más importantes: La Boca, Cerro Prieto y El Cuchillo, que conforman el 55% de suministro. Seguido por las aguas subterráneas obtenidas en subcuencas cada vez más alejadas de la ZMM con un 45% entre pozos profundos y someros, un manantial, tres túneles y una galería filtrante (Sánchez, *et al*, 2015).

Pero, entre más se expande la zona metropolitana, estas fuentes subterráneas se vuelven cada vez menos confiables, no solamente por la contaminación que reciben tanto directa como indirectamente, sino que también por la falta de infiltración que provoca el aumento de impermeabilidad en el territorio.

Viento

Para analizar la ventilación natural de cada tipología de departamentos, primero es necesario conocer los vientos dominantes, su dirección, velocidad y temperatura.

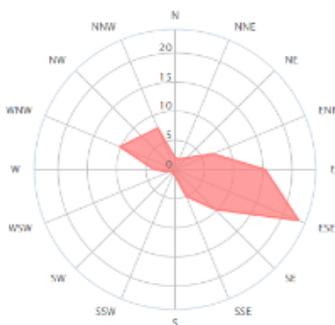


Ilustración 38: Distribución anual de la dirección del viento en %
Fuente: Windfinder (2018)

Se tomó como base la estación meteorológica más cercana al sitio del proyecto, la cual se encuentra ubicada en el Aeropuerto del Norte INTL (MMAN), que registra estadísticas desde el año 2011 hasta el 2018.

En este caso, como se observa en la Ilustración 38, los vientos dominantes provienen del Oeste y Sureste, con una velocidad media de 12 km/h, y temperaturas medias de 15°C a 19°C durante enero, febrero, noviembre y diciembre; de 21°C a 25°C en marzo, abril y octubre; y de 26°C a 29°C de mayo a septiembre (Windfinder, 2018).

6.3.3 Matriz de indicadores

Para conocer el nivel de sustentabilidad con el que cuenta actualmente el conjunto habitacional elegido, se utilizó una matriz de indicadores de diseño sustentable, a partir de los

resultados obtenidos se definieron las propuestas que serán implementadas para que el conjunto habitacional llegue a ser sustentable.

La matriz de indicadores se obtuvo, como se describió en el apartado ‘3.2.3 Selección de indicadores’ de este trabajo, por medio de investigación documental, al extraer los indicadores más relevantes de las certificaciones, normas y evaluaciones tanto internacionales como nacionales, según el contexto ambiental, social y económico mencionado en la primera sección del documento.

A partir de esa primera selección se utilizó el método *Delphi* para que expertos de las diferentes categorías que contiene la matriz acotaran la selección previa de indicadores, con el objetivo de compendiar los indicadores que generen un impacto ambiental más positivo y promover una calidad de vida superior en los residentes, específicamente para un segmento del sector económico medio.

Es importante considerar el contexto local ya que, aunque actualmente existen certificaciones, normas y evaluaciones con las que se pueden medir algunos elementos de sustentabilidad en las edificaciones de vivienda, no solamente las condiciones climáticas de la ciudad de Monterrey son distintas a las del resto del país, sino también la cultura y el contexto histórico. Por lo que este acercamiento, realizado con expertos involucrados en la ZMM, se propone como uno más preciso que los métodos internacionales y nacionales generalizados.

Aunado a esto, los indicadores no solamente se basan en el contexto ambiental y sociocultural, sino también en el ámbito político y de regulaciones del Estado y los municipios de la ZMM. El principal ejemplo son las propuestas presentadas por diputados del gobierno del Estado relacionadas al impacto hidrológico cero, generadas debido a la reciente escasez de agua presentada en los últimos años.

Por lo que, con esta selección se intenta atacar las problemáticas más relevantes de la ZMM dentro de las categorías de energía, ubicación y transporte, materiales, sitio y suelo, vegetación, agua, áreas comunes, sociedad y comunidad, accesibilidad, seguridad, financiamiento y mantenimiento, que se puedan ver afectadas positivamente a través de la implementación de estos criterios e indicadores de diseño sustentable en los conjuntos habitacionales verticales.

En los siguientes dos apartados de análisis se describe primero al conjunto y después a las viviendas, para al mismo tiempo relacionarlas con los indicadores seleccionados durante el método *Delphi*. La matriz de indicadores junto con su ponderación podrá ser encontrada en el ‘Anexo 3’, así como también los acrónimos a las instituciones utilizadas como referencia.

Para realizar el análisis de asoleamiento y de confort térmico se utilizó el modelado en Revit, a través de la plataforma de Insight, y con parámetros de ASHRAE 90.1. Los parámetros se realizaron por la *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* en conjunto con *Illuminating Engineering Society* (IES). Este método, así como la NOM-020-ENER-2011, establece una línea base de eficiencia energética en edificaciones, pero con mayores restricciones que las mexicanas en kWh/m²/año.

El propósito es determinar si el proyecto está por debajo de esa línea base a partir del consumo energético generado por el uso de aparatos eléctricos, sistemas de iluminación, y la deficiencia en el confort térmico interior, lo que promueve el uso de aire acondicionado. Y al mismo tiempo se establecen medidas para contrarrestar la deficiencia en el diseño, así como aislamientos, modificación en ventanas, parasoles, iluminación artificial y natural eficiente, aparatos eléctricos eficientes, aire acondicionado y el uso de paneles fotovoltaicos.

Por ejemplo, la certificación LEED propone una reducción mínima de 20% a 40% de mejoramiento a partir de la línea base para otorgar créditos en el apartado de eficiencia energética.

6.3.4 Análisis del conjunto habitacional vertical

Con base en el proyecto arquitectónico descrito anteriormente, se presenta el análisis del conjunto habitacional vertical situado en la ubicación presentada. En primer lugar, se analizan todas las categorías ambientales, después las sociales y por último las económicas.

En esta sección se verá únicamente el análisis y su resultado con base en la matriz, para después establecer las estrategias sustentables en el apartado ‘6.3.7 Estrategias sustentables para el conjunto habitacional vertical’, ya que no todos los indicadores requieren soluciones.

Sitio y suelo, ubicación y transporte

En primer lugar, se seleccionó el predio en donde se ubicará la edificación. Las consideraciones tomadas al momento de realizar la elección previa se basaron primeramente en el uso de suelo necesario para albergar una edificación habitacional de mínimo cuatro pisos, así como que la zona fuese apta para la tipología de usuario definido anteriormente en el *sector económico medio y mercado meta*.

El predio seleccionado se encuentra sobre la Av. Manuel Castro, esquina con Burócratas del Estado, en la zona Los Altos, Colonia Cumbres, Monterrey, Nuevo León, con coordenadas 25.712390, - 100.372530. El uso de suelo es mixto al encontrarse sobre una vialidad subcolectora, y la densidad es multifamiliar, con una densidad media-alta, hasta un máximo de cinco niveles. Con un costo promedio por metro cuadrado de \$11,400.00.

Por lo que se consideraron los requerimientos dentro del municipio de Monterrey. En la Ilustración 39 se identifica de la siguiente manera al terreno, el área de ocupación, vialidades, banquetas y área verde.

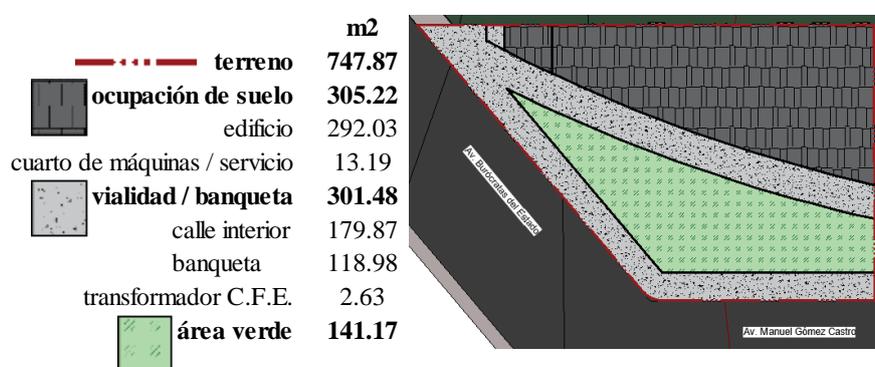


Ilustración 39: Planta de Conjunto
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 se muestran los requerimientos mínimos y máximos del municipio de Monterrey presentados en el Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025, con información cartográfica de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Instituto Municipal de Planeación y Convivencia MTY.

Tabla 17: Requerimientos del municipio de Monterrey

	Permitido	Proyecto
m² de terreno	–	747.87 m ²
Niveles	Máx. 5 niveles	4 niveles
Coefficiente Ocupación de Suelo (COS)	Máx. 0.75	0.41
Coefficiente de Uso de Suelo (CUS)	560.90 m ²	305.22 m ²
Coefficiente de Área Verde (CAV)	Máx. 2	1.58
Estacionamiento	1,495.74 m ²	1,181.31 m ²
	Mín. 0.13	0.19
	97.22 m ²	141.17 m ²
	Medidas cajones: 2.70 m x 5.00 m	12 cajones en predio y 7 cajones en convenio
	Mínimo el 50% dentro del predio y el resto en convenio	2.70 m x 5.00 m

Fuente: Elaboración propia

Según el Plano de Densidades E06, el predio está ubicado en Zona D8 (San Jorge) con densidad media tipo G, y en el Plano de Zonificación Secundaria E05 se encuentra sobre un corredor urbano de bajo tipo impacto, tipo H y según el Plan de Desarrollo Urbano, esta zona es una de crecimiento vulnerable ante inundaciones debido a los escurrimientos del Cerro de las Mitras, por lo que promueven la planeación integral de proyectos que tomen en cuenta la infraestructura vial y pluvial.

Después de cumplir con los requerimientos de municipio, se consideraron indicadores de ubicación como el sitio, suelo, transporte y densidad obtenidos de CONAVI, LEED, SBAT, PCES, GESPV, e IMPLANc MTY. Para ser una zona de alta densidad poblacional, el sitio debe de ubicarse dentro de los principales Perímetros de Contención Urbana U1, U2 o U3, siendo que éste se encuentra en el segundo.

Dentro del apartado de densificación se toma en cuenta la densidad permitida en la zona y se calcula según el proyecto de la dimensión de densificación de CONAVI, estableciendo el sitio dentro de lo permitido, aparte de que también cuenta con densidad media autorizada previamente en planes urbanos.

Para demostrar que es un sitio de alta prioridad por algún programa gubernamental, se tomó en cuenta el Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Gobierno Municipal de Monterrey para el Distrito Purísima-Alameda, realizado por la Universidad Regiomontana (U-erre) por medio de LabCiudad, donde se señala al sector Cumbres como una de las zonas de preferencia para

expansión y densificación por la diversidad de servicios que se obtienen en sus alrededores, así como lo establece la siguiente cita: “La expansión y densificación de la mancha urbana entre el año 2000 y 2010 en el periférico de la ZCM fue impulsado por usos ... habitacional de niveles NSE B, C+, C y C- en Monterrey sector Cumbres y también San Nicolás...” (p.27, 2015). Además de que incluye el sector económico al que se encuentra dirigida esta propuesta. En donde aparte de ser un suelo apto para la construcción, también está libre de afectación a montañas o cuerpos de agua.

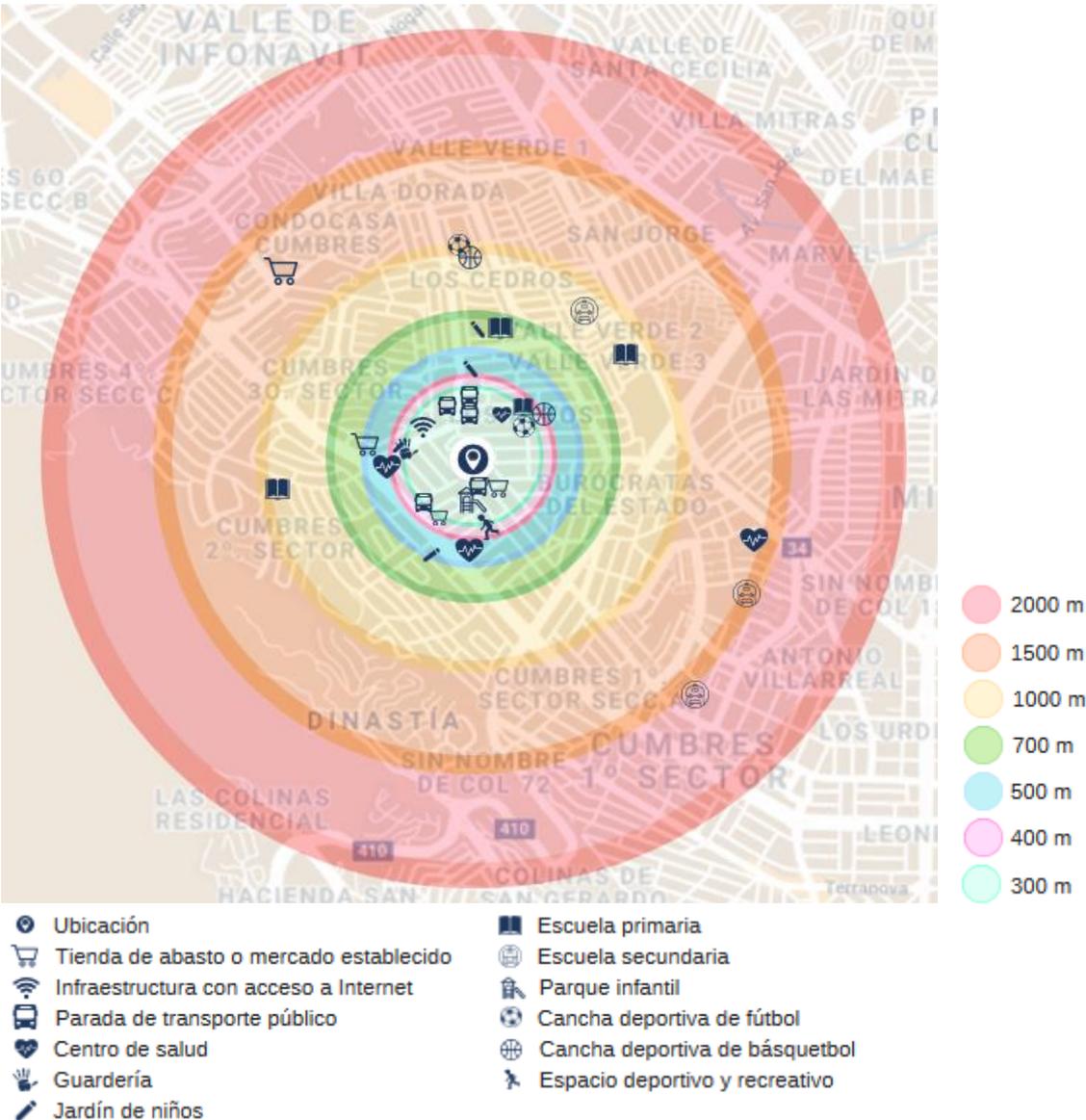


Ilustración 40: Usos, servicios e infraestructura contiguos al predio
Fuente: Elaboración propia con base en ‘Google Earth’

Por último, en la Ilustración 40 se ubican diversos usos, servicios e infraestructura a no más de 2 km, 1 km, 700 m, 500 m, 400 m, y 300 m. Por lo mismo, al contar con otras opciones de movilidad para los traslados, la cantidad de cajones de estacionamiento no excede lo establecido por municipio en más del 10%.

Materiales

En cuanto a los materiales propuestos para la construcción, más del 50% del costo de la obra proviene de menos de 800 km, como lo especifica PCES, ya que la construcción es a base de estructura metálica, blocks y mezcla de concreto en sus diferentes proporciones, ventanas con marco de aluminio y acabados como yeso y zarpeo. Monterrey, desde su integración al movimiento de la revolución industrial, ha desarrollado diversas industrias relacionadas a la construcción propiciando el establecimiento de fábricas de materiales de construcción como cemento, agregados (grava, arena, cal, etc.), blocks, ladrillo, entre otros (Flores, 2015).

También se tomó en cuenta que los materiales en techos y superficies exteriores cumplan con los valores mínimos de índice de reflectancia solar según LEED, debido a que un exceso puede ocasionar mayor absorción de calor, y con el estudio climático obtenido sería contraproducente para el confort interior, al contar con altas temperaturas la mayor parte del año. Pero como se describió en el apartado ‘6.3.1 Proyecto arquitectónico del conjunto habitacional vertical’, la edificación cuenta con acabados exteriores en pintura en tonos claros, por lo que la absorción es menor, aunque no lo suficiente para no requerir aislamiento.

En cuanto al tipo de materiales establecidos en el diseño del conjunto analizado, solamente se mencionan acabados generales sin marcas definidas, por lo que se realizarán suposiciones según los materiales disponibles en la ZMM. Considerando que se pretende mejorar la calidad de vida de los residentes, se toman indicadores de GESPV para los materiales.

Por ejemplo, para la pintura se establece que no deban contener minio o sustancias crómicas, entonces, si la estructura es metálica, probablemente se utilicen pinturas con minio que específicamente se usan para aceros. Pero, al contrario, la mayoría de las pinturas comerciales para muros son libres de cromo, por lo que se estaría cumpliendo en un 50% en este indicador. De igual manera para los productos cerámicos como pisos, baldosas, o azulejos, que no deben de contener metales pesados, así como la marca Lamosa.

Para la madera, tomando en cuenta que en México no es una práctica común el certificar los aserraderos, y los que se encuentran certificados deben de aumentar sus precios, usualmente se utiliza madera sin certificar para el uso de cimbras y mobiliario de bajo costo, como el que se propone en este proyecto.

Vegetación

En el tema de vegetación se considera primero la azotea verde para obtener beneficios como mejorar el aislamiento térmico de la edificación, la calidad de aire, la reducción de emisiones de CO₂ y la retención de agua pluvial. Aunque en el diseño original no se tiene este elemento, se deberá de considerar para el apartado de estrategias según GESPV.

En cuanto al área verde que se encuentra frente a la edificación está totalmente cubierta por pasto, así que cumple con la cubierta vegetal mínima establecida por CONAVI y sí se conservan los tres árboles existentes en el predio requerido por PCES. Por lo que no se requieren cambios en este apartado.

Energía

En la categoría de energía se establecen indicadores que promueven la reducción del uso de energía eléctrica, desde aparatos eléctricos ahorradores, reducción del uso de estos a través de la obtención de confort de forma natural y control por medio de medición aislada por departamento de consumo de energía. Las principales fuentes utilizadas son LEED, CONAVI y GESPV.

El primer punto, el cual sí se cumple, es contar con un medidor general para las áreas comunes de la edificación, más aparte uno por cada departamento, esto con el objetivo de que cada una de las viviendas cuente con su medidor y fomentar de esa manera el cuidado del consumo de la energía eléctrica.

Para los indicadores de lámparas de uso residencial, se establecieron focos LED de mínimo 13 watts, por lo que el alumbrado exterior e interior cumple con el uso de lámparas de bajo

consumo y eliminación de iluminación ornamental, pero no con la automatización de estas, por lo que será algo a considerar dentro de las estrategias.

Continuando con los aparatos eléctricos, las bombas de agua al ser especificada de una marca comercial sí cumplen con la norma de eficiencia energética requerida por CONAVI.

Uno de los indicadores más comúnmente utilizado es el del uso de energías renovables, aunque este no haya sido el caso, se deberá considerar en las estrategias. Por otro lado, uno de los beneficios del diseño es la posibilidad de radiación solar para ser aprovechada para

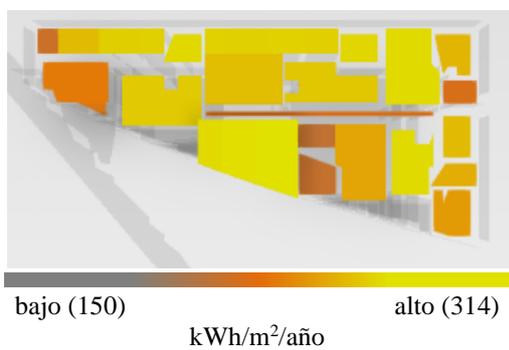


Ilustración 41: Análisis de energía fotovoltaica
Fuente: Elaboración propia

transformar energía eléctrica utilizando paneles fotovoltaicos, así como se muestra en la Ilustración 41, en donde se muestra en color amarillo las zonas donde es la mejor ubicación para ubicar paneles solares y obtener mayor cantidad de energía. En este caso, solamente se estaría eliminando la zona del cubo de escaleras, ya que está destinada para los tinacos de agua según el diseño original.

El mismo caso para los calentadores de agua, donde según SBAT el 80% debería de ser solar, por lo que se tomará en cuenta para aplicar esta estrategia aprovechando el asoleamiento.

Observando la cantidad de asoleamiento con el que cuenta la edificación y todo el conjunto en general, se deberán de implementar acciones para reducir la isla de calor generada por el tipo de materiales que fueron propuestos, ya que el área pavimentada y sin sombras es mayor al área sombreada, área verde y zonas con materiales de alta reflectancia.

Agua

Así como en energía, también se requiere la medición de consumo de agua en el conjunto y por cada vivienda. De igual manera se cumple con este indicador al contar con una zona exclusiva para ubicación de medidores por departamento.

Al ser el análisis del conjunto en su totalidad, se verá la reducción de uso de agua externo únicamente, y posteriormente en el análisis de vivienda se analizará el consumo del mobiliario sanitario. En el exterior el mayor uso de agua es para riego de área verde, puesto que para limpieza sería mínimo en comparación y el propósito, según el indicador tomado de LEED, será el de reducir el uso de agua por riego mínimo en un 30% el mes con mayor consumo, a través de un sistema de riego ahorrador o el uso de vegetación de la zona.

Primero se analizó la vegetación existente que consta de 141.17 m² de pasto estilo San Agustín, el de uso más común en la ciudad de Monterrey, el cual es ideal para soportar la presión generada por las pisadas de personas, pero al recibir sombra su salud decae, aparte debe de ser regado al menos cada dos días y diariamente en tiempos de calor. También se encuentra 1 árbol encino blanco (*Quercus subspathulata*) chico, que puede llegar hasta los 30 m, soporta temperaturas de -40°C a 45°C y requiere riego 3 veces por semana; y 2 árboles mezquite (*Prosopis laevigata*) chicos, que pueden crecer hasta 9 m de altura y tener una copa de hasta 8 m de ancho, lo cual proporciona gran sombra, aunque actualmente cuenta con solamente 2 m, aparte de que se pueden desarrollar en temperaturas de -12°C a 48°C, con riego 3 veces a la semana y son resistentes a las sequías.

Según lo anterior, utilizando la calculadora *WaterSense Water Budget Tool*, diseñada por *Environmental Protection Agency* del gobierno de E.U.A., con los datos de Monterrey de precipitación, evapotranspiración y el tipo de vegetación, se estimó el consumo de agua para el mes con más riego. El ahorro mínimo requerido de agua al exterior es de 30% al utilizar vegetación endémica y sistemas de riego ahorradores, desafortunadamente en este caso los resultados son desfavorables con un -15% de ahorro en el requerimiento de agua para riego, por lo que en las estrategias habría que subir un 45% para llegar al mínimo, por medio de cambio de tipo de vegetación en conjunto con un sistema eficiente de riego.

Debido a que este proyecto no cuenta con ningún tipo de gestión de agua pluvial, se realizará el estudio de Impacto Hidrológico Cero para conocer el tamaño de cisterna que se debería de considerar en la propuesta para captación de agua pluvial, así como evitar propiciar inundaciones en la ciudad. Previo a la propuesta de esta edificación, el terreno se encontraba no urbanizado en un 100%, pero con esta proyección se tienen los siguientes datos del coeficiente de escurrimiento, en las tablas 18 y 19.

Tabla 18: Coeficiente de escurrimiento

Datos			
Uso de suelo	Superficie		Superficie * Ce
	m ²	mm/hr	
Habitacional H4	0.00	0.75	0.00
Vialidad	301.48	0.90	271.33
Área Verde	141.17	0.25	35.29
Comercio	305.22	0.95	289.96
Total	747.87		596.58

Resultado	
Ce ponderado	0.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Tiempo de concentración

Datos		
Longitud del cauce principal	90.57	m
Cota Máxima	7.99	m
Cota Mínima	0.00	m
Pendiente del cauce principal	0.09	mm

Resultado		
Tiempo de concentración	1.59	hrs
	95.60	min

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se obtiene el coeficiente de escurrimiento promedio al compilar los diferentes tipos de superficies con las que cuenta el proyecto, ya que cada una de estas tiene un coeficiente distinto. Este coeficiente de escurrimiento es la relación que existe entre el agua que cae a la superficie y la que escurre.

Mientras que en la Tabla 19 se establece el tiempo de concentración, es decir el tiempo en que tarda desde que termina la lluvia hasta el final de la escorrentía a través de la longitud del cauce principal, por lo que depende de la topografía del terreno.

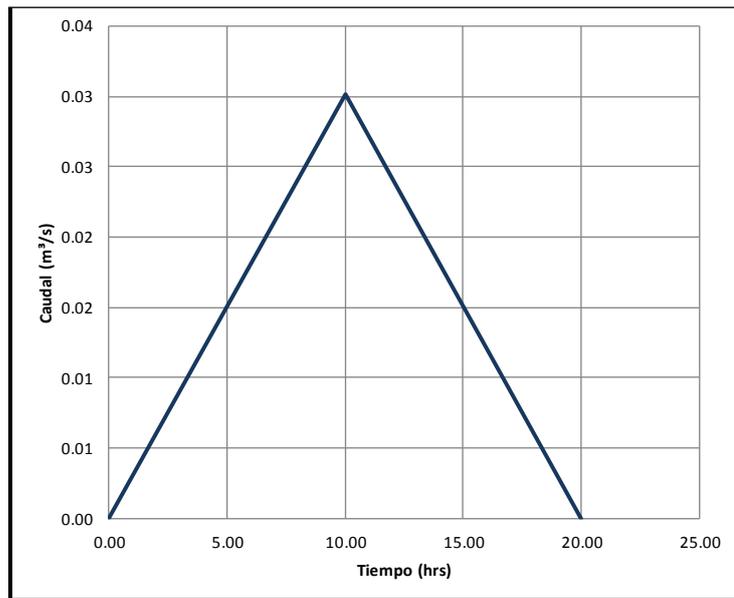
Con base en los datos anteriores que representa información tanto del predio como de la construcción, se obtienen dos tipos de gráficos.

El primero de éstos es el Gráfico 22 con el método racional, que proporciona la información según un periodo de retorno de 25 años, basándose en el espaciado que han tenido los últimos huracanes más intensos en la ZMM, con una duración media de tormenta de 10 min, y una intensidad de 182 mm/hora, obtenida de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT-DGST, 2015).

Gráfico 22: Método racional

Datos		
Área	0.00074787	km ²
Periodo de retorno	25.00	años
Tiempo de concentración	1.59	hrs
	95.60	min
Duración de tormenta	0.17	hrs
	10.00	min
Intensidad	182.00	mm/hr
Coefficiente de escurrimiento	0.80	

Resultado		
Caudal	0.03	m ³ /s
	30.18	l/s
Volumen	18.11	m ³



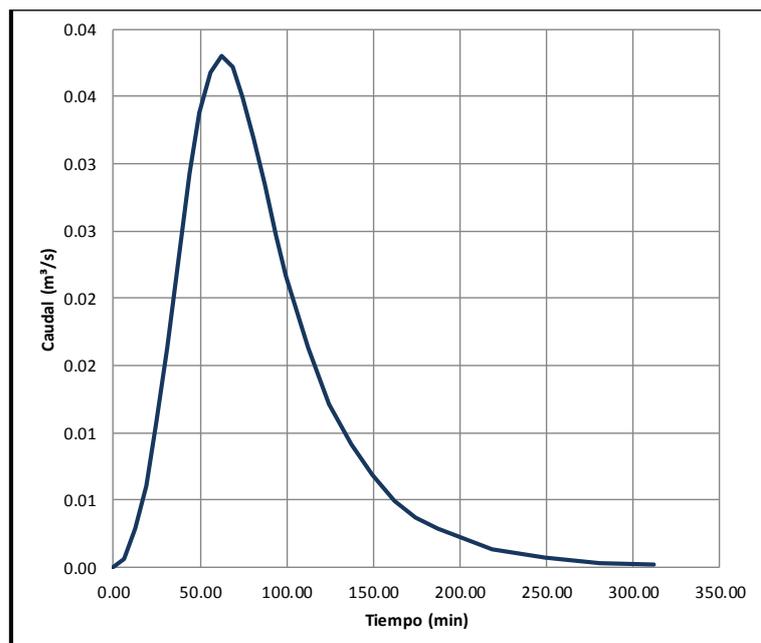
Fuente: Elaboración propia con información de SCT-DGST (2015)

El segundo, Gráfico 23, que utiliza el Método S.C.S (*Soil Conservation Service*), y el mismo periodo de retorno y duración de tormenta, pero en lugar de la intensidad de mm/hora, toma la precipitación total que se presentará en el tiempo determinado, de 200 mm (SCT-DGST, 2015).

Gráfico 23: Método S.C.S. (*Soil Conservation Service*)

Datos		
Área	0.00	km ²
Periodo de retorno	25.00	años
Duración de tormenta	0.17	hrs
	10.00	min
Tiempo de concentración	1.59	hrs
	95.60	min
Precipitación Total	200.00	mm
Coefficiente de escurrimiento	0.95	
Precipitación Efectiva	190.00	mm

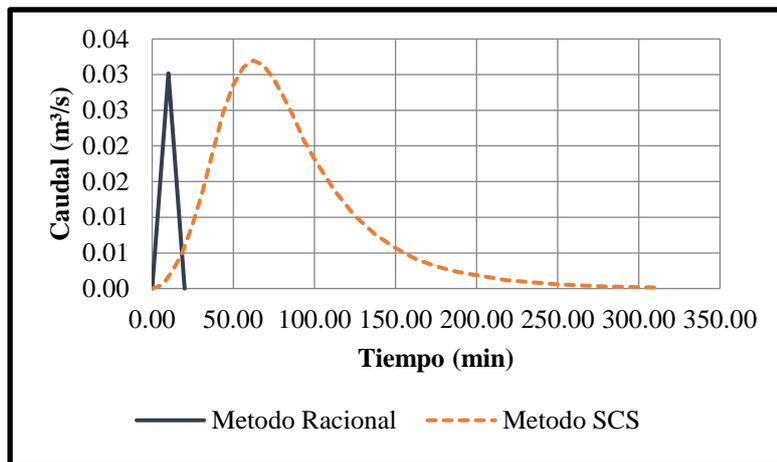
Resultado		
Tiempo punta	62.36	hrs
Tiempo base	166.51	hrs
Caudal pico	0.04	m ³ /s
	37.98	l/s



Fuente: Elaboración propia con información de SCT-DGST (2015)

La diferencia entre un hidrograma y otro depende del objetivo que se le quiera dar a la retención del agua. En el Gráfico 24 se observa la diferencia entre el método racional y el S.C.S.

Gráfico 24: Comparativa de hidrogramas



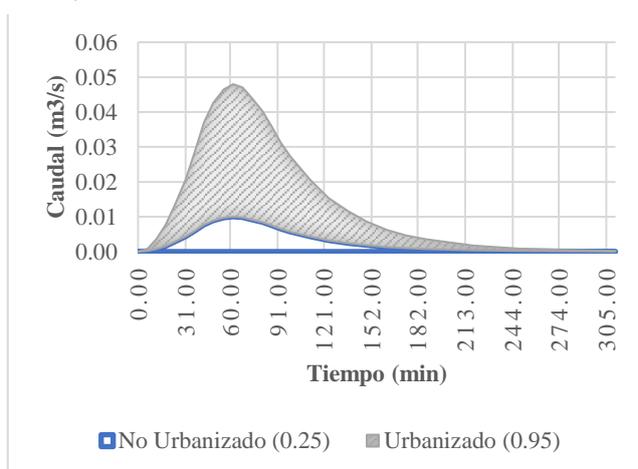
Fuente: Elaboración propia

El primero se encuentra más enfocado en la retención de agua para evitar una cantidad excesiva de escorrentía y sobrepasar la capacidad de los sistemas hidráulicos de la ciudad, ya sean naturales o artificiales. Por esta razón es que el tiempo de retención puede ser menor al segundo.

En cambio, el método S.C.S. cuenta tanto con una mayor retención de agua, como de tiempo de retención dentro del sistema. Esto se debe a que el objetivo se puede utilizar también para gestión del recurso en tormentas, disipadores de energía, construcción de carreteras, así como la normativa utilizada por el Ministerio de Obras Públicas (1990) en el estado español, entre muchos otros usos (Ruiz, E. & Martínez, M., 2012).

Aunado a la situación de escasez de agua que presenta el estado de Nuevo León, en este caso específico, al ser vivienda vertical, se tomará la información con mayor tiempo de retención, ya que no solamente servirá para abastecer a un mayor número de habitantes por metros cuadrados, sino que también un área verde de más de 100 m².

Gráfico 25: Volumen de retención



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 25 se muestra el exceso de escorrentía que habría al impermeabilizar el terreno como consecuencia de la urbanización, representado por el área sombreada. Por lo que esa diferencia mostrada en volumen de agua debe de ser gestionada con algún tipo de sistema de retención con el objetivo de cumplir con un impacto hidrológico cero.

De modo que el volumen del sistema de retención deberá ser de mínimo 18.11 m^3 (18,110.84 L) para cumplir con el método racional, y recomendable de 142.06 m^3 (142,064.64 L) según el método SCS para cubrir el área que se está impermeabilizando y no solamente prevenir el exceso de escorrentía, sino que también maximizar la disponibilidad del recurso en el momento que se requiera, incluso cuando las lluvias sean escasas como lo fue durante el periodo 2017 y mediados del 2018.

Del mismo modo que la captación de agua pluvial tampoco existe tratamiento para las aguas residuales, por lo que será otro sistema que tomar en cuenta en las estrategias, según las especificaciones de PCES. Aparte del uso de salidas de agua en diferentes colores, como indica CIPHE (*Chartered Institute of Plumbing and Heating Engineering*), para identificar agua potable, pluvial y con tratamiento, para no incurrir en confusiones en un futuro cuando se requieran realizar modificaciones, ampliaciones, mantenimiento o cambios.

Por lo que en la parte de 'Agua' en el apartado '6.3.7 Estrategias sustentables para el conjunto habitacional vertical' de este trabajo, se presentan las propuestas en cuanto a la planta de tratamiento de aguas residuales, filtros para agua pluvial, los tamaños de las cisternas para la retención de agua pluvial y tratada y su reúso.

Sociedad, comunidad, áreas de uso común y seguridad

En cuanto al ámbito social, se tienen primero las categorías de áreas comunes, sociedad y comunidad para asegurarse que también cumpla con las necesidades sociales de las personas y se mejore la calidad de vida de los habitantes.

El primer indicador proveniente de la certificación LEED es dotar del 30% de áreas de esparcimiento, lo cual no es un problema puesto que actualmente se tiene el 56% de áreas abiertas y, debido a la extensa área verde, se cumple con el 25% que debe contar con vegetación. Pero será necesario incluir un huerto o cría de animales para cumplir con los requerimientos de CONAVI.

Un requerimiento de DGNB es el de equipar un área para al menos el 20% de los residentes, lo que equivale a un mínimo de siete personas, lo que no se tomó en cuenta en el diseño, puesto que no existe mobiliario en el exterior.

SBAT requiere dejar el 5% de las áreas comunes pertenecientes al conjunto con acceso libre al público en general, situación que actualmente no se cumple debido a la barda que rodea el predio, la cual crea una barrera física y psicológica que pudiese propiciar la falta de acercamiento por parte del resto de la comunidad, siendo que se encuentra un 19% con posibilidad de ser compartida. Que, aparte de impedir el paso de las personas, va en contra del diseño para la prevención de vandalismo y crimen, así como lo establece la DGNB, ya que obstruye la vista desde el exterior, creando visibilidad interrumpida, por lo que se deberán establecer otras medidas como iluminación, conectividad, señalamientos, visibilidad ininterrumpida, paisajismo y mobiliario adecuado, incluyendo bardas y rejas.

Al mismo tiempo, el conjunto habitacional cuenta con su propia área verde, con diversas áreas de esparcimiento cercanas, una cancha deportiva de 15 x 30 m, un espacio deportivo y recreativo de 200 m², y un parque infantil con juegos, como lo promueve CONAVI.

Por otro lado, en cuanto a las áreas comunes al interior del conjunto, se toma a la lavandería como una oportunidad de promover el sentimiento de comunidad por parte de BREEAM. Aquí se establece la implementación de un cuarto de lavandería ubicado a no más de 60 m de cada departamento, por lo que sí se cumple según el diseño, pero se deberá considerar un cambio en el mobiliario al momento de realizar las estrategias, ya que aun cuando se cuenta con la cantidad de lavadoras y secadoras suficientes para la cantidad de departamentos, no cumple con el

requerimiento de que estas sean ahorradoras, aparte de la falta de elementos básicos como lavadero, *sink* y mesa de doblado, así como mobiliario para fomentar la convivencia entre los residentes.

Accesibilidad y transporte

Comenzando desde el exterior, CONAVI promueve la implementación de banquetas amplias de 2.5 m, con árboles cada 20 m, así como accesos con rampas, para accesibilidad a personas con discapacidad y fomentar el uso de otros medios de transporte como la bicicleta. En este caso sí se cuenta con el espacio en la banqueta y la rampa de acceso para autos y bicicletas, pero carece de rampa para sillas de ruedas y de árboles para sombra.

También se establece por parte de SBAT la necesidad de establecer al menos el 2% de los cajones de estacionamiento destinados a los residentes con discapacidad. Después, por parte de LEED se toma en cuenta la existencia de ciclopuertos para 2.5% de los visitantes y el 30% de los residentes, o 1 por vivienda y 4 para visitas, lo que sea mayor. Por lo que se deberá considerar mínimo 20 espacios para los habitantes. El mobiliario de uso común deberá de cumplir con el Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad, para promover la accesibilidad, para residentes y para la comunidad. Por lo que se requiere de rampas para acceder en un 100% a toda la planta baja y que todas las áreas comunes cuenten con mínimo de 1.2 m de ancho, que, aunque actualmente no se cuenta con estas, existe el espacio para proponerse en las estrategias. Además, aunque el indicador no lo requiera se tiene la restricción de ingresar a los siguientes niveles debido a la falta de un elevador.

Financiamiento y mantenimiento

En cuanto al ámbito económico *Green Building Rating Systems* (GBRS) toma en cuenta el valor patrimonial de la edificación como posible inversión para diferentes actores. Como se mencionó anteriormente, este proyecto fue realizado para un solo cliente, quien buscaría financiamiento por su propia cuenta a través de instituciones bancarias, sin la intervención de más inversionistas, o instituciones gubernamentales como CONAVI o Infonavit, por lo que en

la propuesta mostrada en el apartado de estrategias más adelante en este trabajo se considera un cambio de visión en el financiamiento para incluir el interés de diferentes actores.

También se considera la gestión de residuos al disponer de diferentes contenedores con una capacidad mínima de 20 L y con tapa, para residuos como papel, cartón, plásticos y vidrio, como lo establece CONAVI, en lugar de solamente uno como se tiene actualmente, así como un documento requerido por PCES que contenga un programa de sensibilización acerca del manejo integral de los residuos sobre las responsabilidades de los residentes, de cómo entregar, los horarios, los tipos de separación, entre otras indicaciones.

En cuanto al mantenimiento, sí se consideran los requisitos de GBRS para el futuro mantenimiento a corto y largo plazo, dirigido a evitar en la mayor medida posible las demoliciones. Para la limpieza e higiene se promueve por parte de GESPV un diseño que permita una fácil limpieza con suelos lisos, y esquinas, rincones y huecos accesibles con una escoba, por lo que el diseño resulta desfavorable debido a las esquinas agudas con las que cuenta en algunas habitaciones.

Por último, se establece un plan de mantenimiento, también promovido por PCES, donde se describen las acciones necesarias para garantizar el funcionamiento y durabilidad de la edificación y las ecotecnologías implementadas en la propuesta.

6.3.5 Análisis de viviendas dentro del conjunto habitacional vertical



Ilustración 42: Planta tipo
Fuente: Elaboración propia

Aunado al análisis del conjunto, también es necesario considerar cada vivienda por separado, ya que difieren en metros cuadrados, así como orientaciones, ventanas, y áreas. En la Ilustración 42 se observa un nivel completo con las diferentes tipologías de departamentos.

Energía

La primera de las categorías ambientales considera el uso de lámparas LED de mínimo de 20 watts en interiores de acuerdo con CONAVI, por lo que considerando que únicamente se consideraron focos sobrepuestos y que el costo de los mismo es accesible, se estima la implementación de estos como cumplimiento del indicador.

Como se mencionó en el apartado de energía en el análisis del conjunto, sí se cuenta con un medidor por vivienda aparte del general, como es requerido por un crédito de LEED, lo que propicia el control del consumo de energía eléctrica, sea o no renovable.

Para el ahorro de energía en cuanto a las secadoras de ropa, BREEAM propone un área de secado por departamento, donde se pudiese instalar una línea de secado de 2 m por cada recámara, más 1 m de línea por cada recámara extra. Y aunque existan estos espacios en los departamentos, ya sea dentro de las recámaras o las áreas comunes, no fueron contemplados en el diseño.

Ahora, para el análisis bioclimático de la edificación se tienen tres indicadores para medición del confort interno, de la iluminación natural, y de la ventilación cruzada. Los tres con el objetivo de reducir el consumo energético al utilizar calefacción, ventilación y aire acondicionado, así como iluminación artificial.

Confort térmico interno

Primero, para el análisis del confort térmico dentro de cada uno de los departamentos se utilizó modelado en Revit, la plataforma Insight y los parámetros de ASHRAE 90.1 (*American Society Of Heating Refrigerating And Air-Conditioning Engineers*), que en comparativa con la NOM-020-ENER-2011, también mide los resultados con base en una línea base.

Específicamente en el método utilizado se analiza la ganancia de calor según los materiales de la envolvente, los cuales en este caso fueron los típicos de construcción en la Zona Metropolitana de Monterrey, zarpeo y afine, block de concreto, yeso y pintura, y concreto. A partir de eso se proyecta el consumo energético anual, ya sea para enfriamiento o calentamiento de cada una de las habitaciones de la edificación.

Mostrando por medio de simbología de colores las habitaciones que requerirán de menos a más energía para llegar a la temperatura de confort, la cual es de 22.3°C a 26.7°C para Monterrey, si tomamos en cuenta que el confort térmico está directamente relacionado con la habilidad que tiene el cuerpo de adaptarse al cambio de temperaturas que se dan en el ambiente, por lo que varía de ciudad en ciudad.

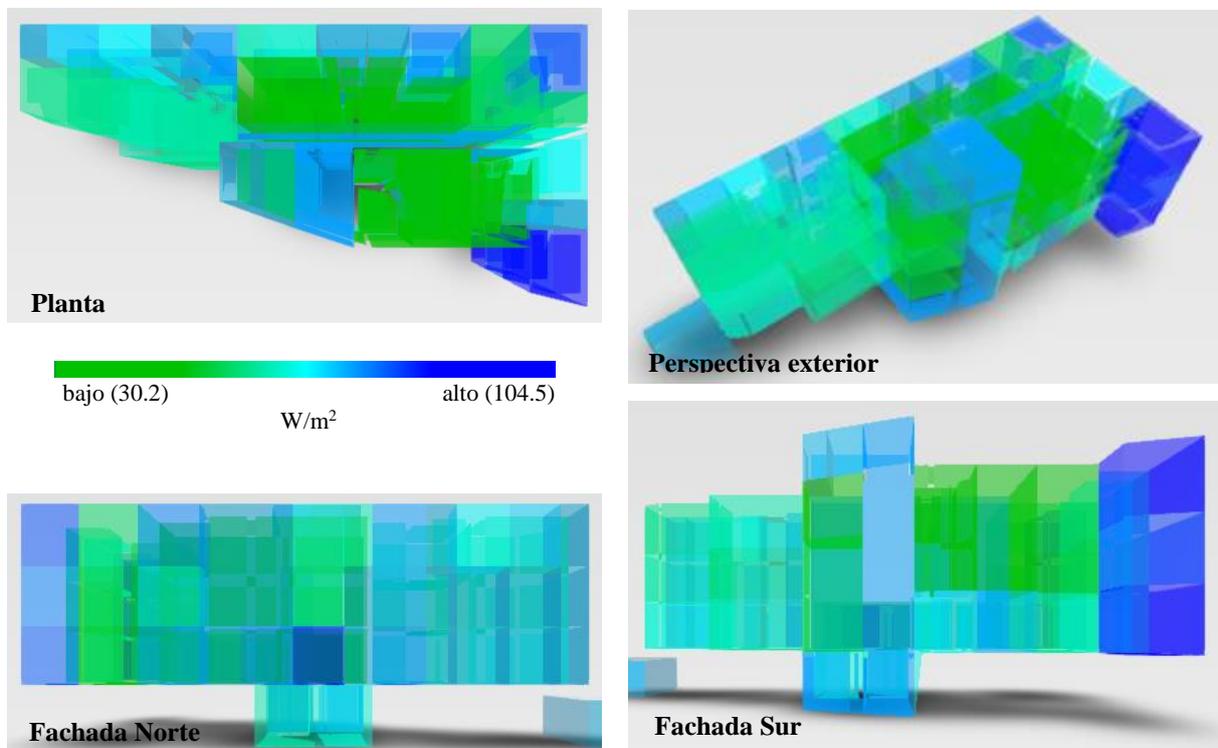


Ilustración 43: Cargas energéticas por calentamiento
Fuente: Elaboración propia

Establecido lo anterior, se puede observar en la Ilustración 43, diferentes vistas que demuestran las cargas energéticas que deberá de recibir cada habitación para lograr llegar al confort térmico ideal, en color verde las que requerirán de menos energía y en azul rey las que más energía necesitarán.

En este caso la tipología de departamento que peor se encuentra es el C, por la mala orientación que tiene una de las recámaras con fachada Sur y Este, con necesidad de 104.5 W/m² para su calentamiento. La razón por la que tenga la mayor cantidad de requerimientos energéticos se debe a que cuenta con la mayor cantidad de caras expuestas que no reciben suficiente radiación solar, a comparación del otro extremo que representa al departamento tipo A, donde su cara más extensa está expuesta a los rayos del sol en la fachada Sur y solamente una pequeña porción está en la fachada Este sin mucha exposición.

Luego están recámara del departamento B', después una de las recámaras del departamento D ubicada en la fachada Norte; y el B establece las mejores condiciones de todo el edificio, al encontrarse inmerso en la edificación, con solamente una fachada expuesta, y con solo 30.2 W/m² necesarios para su calentamiento.

Ya que el interés es hacia el confort de los departamentos, en esta ocasión se omitirá la información de los pasillos, escaleras y lavandería.

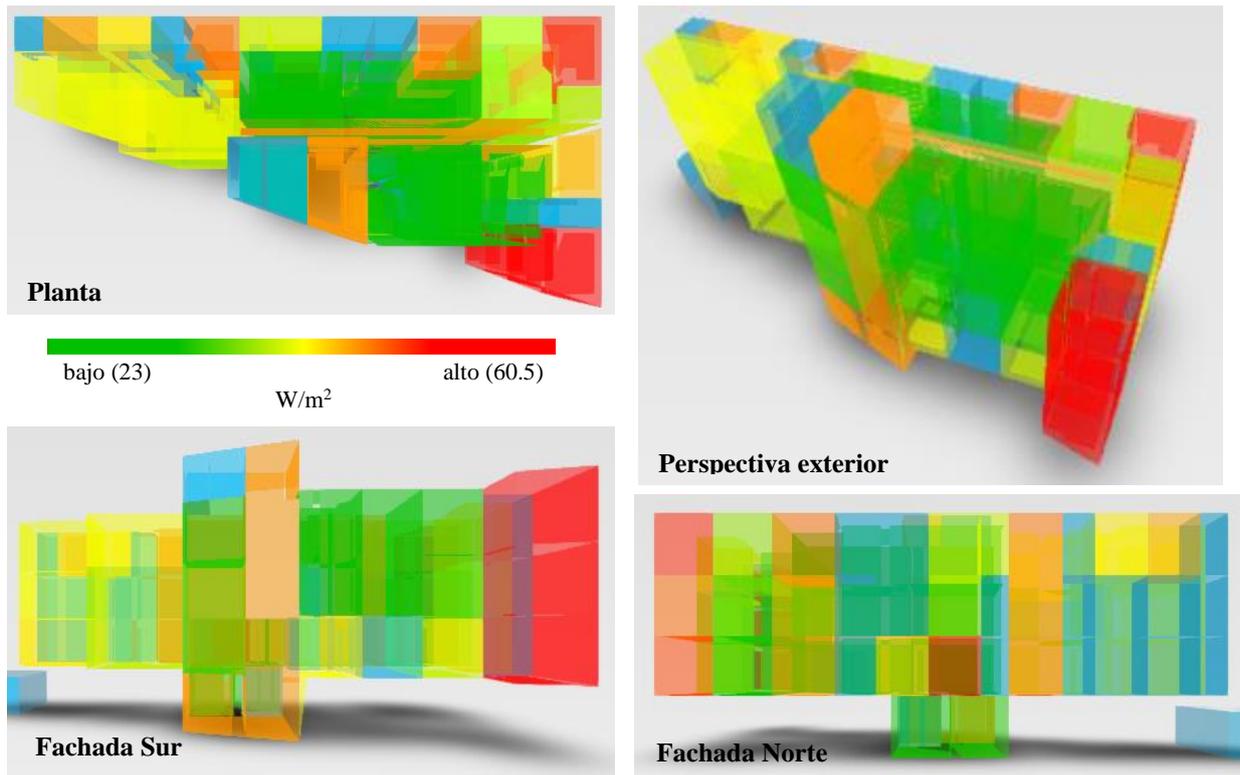


Ilustración 44: Cargas energéticas por enfriamiento
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 44 están representadas las cargas energéticas requeridas para el enfriamiento de las habitaciones, definiendo con un color verde el nivel más bajo en 23 W/m², después azul, en amarillo el intermedio, luego naranja y por último en rojo el más alto con 60.5 W/m².

Así como en el análisis anterior de la temporada donde se requiere enfriamiento, la habitación con peor orientación también es la del departamento tipo C, en este caso es debido a su ubicación con fachadas expuestas al Sur y Este, que, si recordamos el análisis de asoleamiento realizado en el apartado ‘6.3.2 Análisis climático’ de este trabajo, es un elemento que prácticamente durante todos los días del año se encuentra expuesto a los rayos solares. Se compara con el departamento tipo A, ya que aun y cuando este cuenta con una gran fachada Sur, esta recibe protección solar durante una parte del día debido a la volumetría de la edificación, aunque sigue siendo una zona afectada que requerirá de aislamiento.

Después se encuentran las recámaras del departamento tipo B’ y D ubicadas en la fachada Norte, que, se encuentran embebidas en el volumen total, lo que previene su ganancia de calor.

Por último, el departamento tipo B vuelve a marcar la pauta con mejor confort térmico, ya que aparte de contar con solamente una fachada expuesta, también tiene un balcón que funciona como protección ante los rayos solares. Y en la mayoría de los casos el último nivel fue el más afectado debido a que la azotea no cuenta con protección alguna.

En ambas situaciones el modelo sobrepasó la línea base establecida por ASHRAE 90.1 de consumo de kWh/m²/año, por lo que antes de considerar aires acondicionados ahorradores, se deberán establecer estrategias para aumentar el confort interno y reducir el consumo energético en su totalidad, aunque esta energía provenga de energías renovables. Algunas de estas estrategias son la instalación de parasoles, aumento en el grosor de ventanas, e implementación de aislamiento térmico en muros y azotea, entre otros.

Iluminación natural

El análisis para comprobar que exista una buena cantidad de iluminación natural, también será realizado a través de modelado en Revit, la plataforma Insight, y los parámetros LEED v4 EQc7 opción 2, en donde la fecha será un promedio de los equinoccios de 9am a 3pm, con un cielo despejado. Con el propósito de ubicar la luminosidad interior anual entre 300 y 3,000 lux en dos momentos del día, el primero a las 9:00 am y el segundo a las 3:00 pm, en las zonas regularmente ocupadas, para disminuir el uso de iluminación artificial.

Se analizarán los tres niveles con departamentos (02, 03 y 04) para comparar y basarse en el más afectado. En la Ilustración 45 se muestra una comparativa entre los tres niveles mencionados anteriormente, con lo que se toma la decisión de analizar más detalladamente el nivel 02, ya que es el que cuenta con menos zonas dentro de los límites lux establecidos.

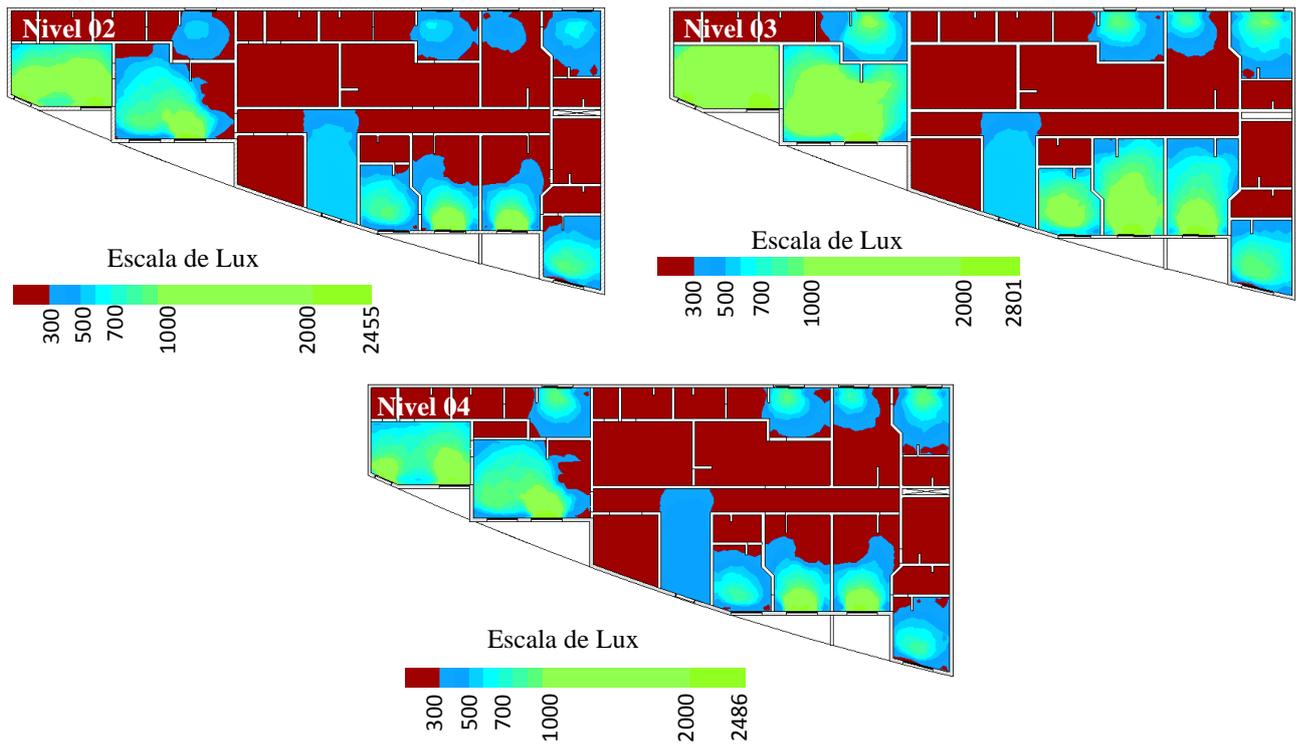


Ilustración 45: Análisis de iluminación
Fuente: Elaboración propia

Para efectos prácticos se eliminan los baños y clósets de las cuatro tipologías de departamentos ya que no son áreas usualmente ocupadas y las ventanas establecidas tienen

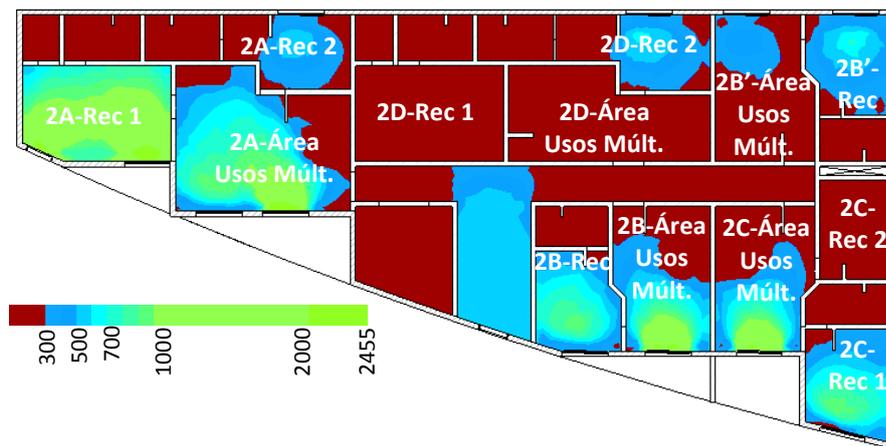


Ilustración 46: Análisis de iluminación Nivel 02
Fuente: Elaboración propia

principalmente un propósito de ventilación. Por lo que el enfoque es directamente a las recámaras y las áreas de usos múltiples dentro de los departamentos, así como se especifica en la Ilustración 46.

Primero se establecen los cuartos que no cuentan con iluminación natural debido al diseño con el que cuentan los departamentos, que son la recámara 2 del departamento C, y la recámara 1 y área de usos múltiples del departamento D.

Luego las áreas donde solamente se aproxima a los 700 lux, la recámara y área de usos múltiples del departamento B', y las recámaras 2 de los departamentos A y D. El mejor de estos casos es la recámara B', puesto que tiene dentro de los límites el 85% a las 9:00 am y el 80% a partir de las 3:00 pm. Después está la recámara 2 A, con 56% en la mañana y 5% en la tarde; y la recámara 2 D, que tiene 58% y 70% respectivamente. Mientras que el área de usos múltiples B' cuenta con los peores porcentajes, únicamente con 23% y 47% entre los límites.

En niveles medios están las áreas de usos múltiples de los departamentos A, B y C, de 52% a 77%, y de 57% a 68%. Mientras que en la fachada Norte la problemática se presenta por la falta de iluminación, en la fachada Sur las faltas se encuentran en el exceso de luz, por lo que igualmente se puede ver afectado el confort visual.

Los mejores porcentajes los tiene la recámara B y la recámara 1 C con 95% a las 9:00 am y 94% y 83% respectivamente a las 3:00 pm, siendo las únicas zonas que cumplen con lo necesario para obtener créditos LEED.

Por último, la recámara 1 A cuenta con 100% dentro del límite en la mañana, pero en la tarde el 98% del espacio sobrepasa los límites establecidos, requiriendo de algún tipo de protección para mantener el confort de iluminación.

En conclusión, ninguno de los cuartos cumple con los requisitos que se necesitan para obtener créditos en LEED, que sería el 75% para 1 crédito y 90% para 2, durante los dos horarios del día. Por lo que en la sección '6.3.8 Estrategias sustentables para las viviendas' se deberán contemplar estrategias como aumento del tamaño de ventanas, pero también parasoles para proteger las recámaras que obtuvieron iluminación en exceso.

Ventilación natural

Para realizar este análisis se tomó en cuenta la calculadora de Edge, en el área de vivienda, certificación preliminar HME09 ventilación natural con ventanas operables y sin aire

acondicionado. Los parámetros utilizados son fondo, altura, y área de la habitación, así como área de apertura de las ventanas.

Se evaluó cada departamento por separado, porque aun cuando las ventanas propuestas son las mismas, las orientaciones cambian, y así se pudiese tomar el peor caso para aplicar las mejoras en toda la edificación.

Primero se estableció la relación de profundidad y altura de cada recámara, con una relación máxima de 1.5 para ventilación por una sola ventana, y 2.5 para ventilación por más de una ventana en un mismo lado. Aprobando en todas las áreas, excepto las áreas comunes de los departamentos B, B' y C, donde la solución se encontrará en aumentar la cantidad o tamaño de aberturas en esas habitaciones.

En cuanto al área de abertura mínima, ninguna de las ventanas cumple con los requerimientos mínimos, ya que para los metros cuadrados que deberán de ventilar, las áreas abatibles de las ventanas son muy pequeñas. Por lo que las opciones radican en el aumento del tamaño de las ventanas, o el cambio de corredizas a otro tipo, como lo serían las batientes o proyectables.

Aunado a los cambios anteriores, también se deberá de tomar en cuenta el indicador de CONAVI, el cual promueve la utilización de mosquiteros para promover la acción de abrir ventanas, sin correr el riesgo de que entren insectos que pudiesen causar alguna enfermedad.

Agua

Como se mencionó en el análisis del conjunto, la medición de uso de agua sí cumple con el indicador propuesto por LEED, al contar con un medidor por departamento ubicado en el muro por fuera de la bodega. La implementación de los diferentes medidores también promueve el ahorro y control del consumo de agua, al informar a los usuarios de su uso, aparte de reconocer los momentos en los que se pueda presentar una fuga de agua.

Por otro lado, CONAVI promueve la reducción de uso de agua interno a través del programa SAAVi, al utilizar aparatos ahorradores para cumplir con lo mínimo establecido como base por el programa, así como inodoros de máximo 5 L de descarga, regaderas de grado ecológico,

llaves ahorradoras en cocina y baños, y válvulas de seccionamiento. En el diseño se consideraron este tipo de ecotecnologías debido a los precios accesibles que se pueden encontrar en la actualidad. Además de cumplir con el ahorro de agua al interior de la vivienda, al cumplir con este indicador también se cumple con requerimientos de Hipoteca Verde y subsidios CONAVI.

Accesibilidad y transporte

En vivienda solamente se cuenta con dos categorías en el ámbito social, las cuales establecen la necesidad de viviendas equipadas y diseñadas para personas con discapacidad al cumplir con todos los puntos del Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad de la Ciudad de México, lo que podría considerarse como una posibilidad para el departamento ubicado en la planta baja solamente, ya que los departamentos de los pisos superiores no son accesibles a personas que utilizan sillas de rueda o que presentan otras limitaciones motrices.

Este punto también está ligado a la existencia de diferentes tipologías de departamentos para cumplir con las necesidades de diferentes sectores poblacionales que cada vez se incrementan más, como unipersonal, corresidentes y familias con un solo padre de familia, lo que es ideal para el diseño, puesto que cuenta con departamentos de 1 a 3 habitaciones. Lo que también se relaciona con los interiores modificables propuestos por GESPV, que consta de diseñar las divisiones interiores para que pueda haber un cierto porcentaje de modificación en el futuro por parte del usuario final, dejando la oportunidad de mayor libertad y apropiación de la vivienda. Aunque en este caso, aun y cuando el sistema constructivo se basa en columnas cargadoras, al ser construcción con base en block de concreto se dificulta la libertad de modificación y promueve la contaminación con escombros si se da el caso de demolición.

Por otro lado, tomando en cuenta el transporte, BREEAM impulsa el designar un área específica con espacio para un escritorio, que pudiese fungir como área de estudio o trabajo sin necesariamente requerir de muros divisorios, para así reducir los traslados, y por lo tanto el consumo de CO₂. Y aunque algunos departamentos cuentan con esta posibilidad en el diseño actualmente, habría que considerar un cambio para la propuesta.

Financiamiento y mantenimiento

El ámbito económico por vivienda se reduce al cumplimiento de la Hipoteca Verde de Infonavit en donde se requiere un ahorro mínimo mensual por ecotecnologías, que en este caso según el mercado al cual se dirige este conjunto, se requiere de un ahorro mínimo mensual de \$250.00 a \$400.00, según la edad y salario mensual del residente. El análisis para cumplir con el ahorro requerido por INFONAVIT se realiza en el apartado ‘6.3.8’ de estrategias de este trabajo.

Para el mantenimiento se considera la facilidad para incorporación de nuevas instalaciones como servicios de comunicación y domótica (internet, cable, teléfono, sistemas inteligentes), así como los equipos de aire acondicionado. En el caso del diseño de la edificación se previeron tuberías y elementos para la futura instalación de los primeros, pero no se establecieron las preparaciones para los equipos de aire acondicionado, por lo que habría que tomarlo en cuenta para las estrategias por aplicar.

6.3.6 Síntesis de análisis

Los resultados de la matriz después de haber realizado el análisis del diseño original del conjunto de vivienda vertical, sin haber implementado las estrategias sustentables, se ven reflejados en la Tabla 20.

Primero, en las dos columnas de la derecha se dividen los resultados por **1)** todo el conjunto y después por **2)** las viviendas dentro del conjunto, que es el mismo orden utilizado para el análisis en los dos apartados anteriores de este trabajo. **3)** Ambos resultados tienen la posibilidad de alcanzar el 100% por separado, **4)** para después ser promediados y obtener el total del proyecto.

5) La ponderación comienza en las categorías, ya que cada una puede valer de 1 a 4 puntos, según el número que se le haya asignado durante el método *Delphi*. **6)** La suma del total de la ponderación en cada uno de los ámbitos puede alcanzar hasta el 33%, **7)** lo que equivale a 1/3 del **8)** 100% que pueden obtener tanto el conjunto como las viviendas.

Tabla 20: Resumen de análisis

Ámbito de la sustentabilidad	Categoría	Conjunto	Viviendas
		Ponderación	
	Energía	1.31 de 4	2.12 de 4
	Ubicación / Transporte	3.00 de 3	-
Ambiental (33%)	Materiales	2.67 de 3	-
	Sitio / Suelo	2.48 de 3	-
	Vegetación	1.88 de 3	-
	Agua	1.23 de 4	4.00 de 4
	Porcentaje	21%	26%
	Áreas comunes	1.94 de 3	-
Social (33%)	Sociedad / Comunidad	0.00 de 3	-
	Accesibilidad	0.40 de 4	0.89 de 4
	Transporte	0.00 de 3	0.00 de 2
	Porcentaje	6%	5%
Económico (33%)	Financiamiento	0.00 de 3	0.92 de 4
	Mantenimiento	0.44 de 3	0.00 de 3
	Porcentaje	15%	10%
	Sub-Total (Conjunto y Viviendas) (100% c/u)	42%	41%
	Total (Proyecto) (100%)	41%	

Fuente: Elaboración propia

El propósito al implementar las estrategias sustentables será llegar al 100%, mientras que en el apartado ‘6.4.1 Validación de usuarios y definición de escenarios’ se definen tres escenarios prospectivos, donde se establece un porcentaje de sustentabilidad mínimo aceptable, uno medio y uno ideal.

En un inicio se pensaría que el ámbito ambiental es el más afectado debido al diseño de la edificación y de los materiales utilizados, pero debido a que se encuentra en una ubicación privilegiada, cumple casi por completo con los indicadores de ubicación, transporte, sitio y suelo, lo que indica que la ubicación del predio es uno de los factores más relevantes para la sustentabilidad.

Al ser Monterrey una ciudad industrial, no es difícil encontrar materiales adecuados que cumplan con estos puntos, a excepción de la madera. En cuanto a la vegetación, al contar con una amplia área verde que permitió mantener algunos de los árboles existentes, se cumple casi por completo esta categoría. En agua y energía es donde se encuentra la mayor debilidad respecto de la puntuación. En cuanto a energía se deberán considerar energías renovables y ahorro de energía, mientras que en agua se requiere de captación pluvial, reducción de uso de agua al exterior y reúso de aguas residuales para mejorar su puntaje.

Para las viviendas, de las categorías de energía y agua, la primera es la que se vio afectada, mientras que la segunda cumple con todos los requisitos. Por lo que se requiere mejorar el confort interno, la iluminación y ventilación natural para reducción de energía al intentar mitigar los efectos negativos de la falta de confort.

El ámbito social fue el más castigado de los tres debido al diseño original con el que cuenta el conjunto, por lo que se deberá de considerar habilitar las áreas comunes con mobiliario para motivar la convivencia, así como promover la accesibilidad en cuanto a accesos, espacios y mobiliario, aparte de tener en cuenta diferentes medios de transporte como las bicicletas.

Mientras que en las viviendas también se vieron afectadas por falta de accesibilidad, facilidad de modificaciones futuras y la disponibilidad de mobiliario para realizar trabajo desde casa.

Finalmente, el ámbito económico debe de ser reforzado para agregar valor en la inversión, mejorar la gestión de los residuos sólidos y considerar el mantenimiento, limpieza e higiene de la construcción. Y, para las viviendas se debe de cumplir con los requisitos de Hipoteca Verde como incentivo económico, debido a que la parte más baja del nicho puede ser candidato para este tipo de crédito; además se debe contemplar la adición de nuevas instalaciones que los usuarios pudieran implementar.

6.3.7 Estrategias sustentables para el conjunto habitacional vertical

En este apartado se establecen las estrategias de sustentabilidad que nacen del análisis previo, el cual dio a conocer las debilidades y oportunidades con las que cuenta el diseño y tipo de construcción. El listado es desarrollado de tal manera que las estrategias se implementan en el modelado 3D para realizar los cálculos necesarios para cumplir con los criterios e indicadores (señalados con **negritas** durante este apartado y el siguiente) y así cotejar las diferencias que se generan en el conjunto habitacional y las viviendas utilizando la matriz de indicadores, al mismo tiempo que se observa el consumo general de agua, energía eléctrica y emisiones de CO₂.

Se comenzó con la aplicación de estrategias sustentables para el conjunto habitacional vertical, siguiendo el mismo orden del análisis, para examinar cada indicador y lograr mejorar la sustentabilidad dentro del conjunto.

Sitio y suelo, ubicación y transporte

En este caso ya no será posible influir en los indicadores de **zona de alta densidad poblacional y densificación**, debido a que las categorías de *sitio y suelo, ubicación y transporte* se basan precisamente en la ubicación del predio, el cual fue previamente elegido con la intención de cumplir en la manera posible con los indicadores mencionados.

Materiales

Para promover el uso de **madera certificada** tanto en cimbra como en carpintería (puertas y mobiliario fijo), sin afectar el indicador de materiales locales, se ha identificado al pino de Nuevo León, Chihuahua y Durango como principal insumo de madera, debido a que este forma

parte de la NOM 059, aunque para cumplir con el indicador deberá provenir de Chihuahua o Durango, ya que en Nuevo León no existen empresas certificadas con la FSC (*Forest Stewardship Council*), aunque sí se encontró una empresa con cadena de custodia: Triplay y Maderas Krill S.A de C.V.

Vegetación

Para cumplir con los dos puntos del indicador de **azotea verde** se requiere que mínimo el 60% del área de la cubierta sea ajardinada. Entonces, de los 305.22 m² de cubierta disponible en el proyecto original, después de implementar los paneles solares únicamente restan 13.19 m² del área de caseta, bodega y baño en planta baja, convirtiéndose este último número en el nuevo total de cubierta disponible. Debido a que esa losa no se utilizará para albergar ningún otro elemento, se cubrirá el 100% con vegetación cumpliendo con el criterio. Para realizar el mantenimiento se incluye una ‘escalera de mariner’ plegable la cual podrá ser guardada en la bodega bajo esta losa.

El siguiente indicador exige mínimo 70% de **cubierta vegetal** dentro de la zona destinada como ‘área verde’, ésta no incluye elementos de vegetación como huertos o arbustos. En este caso el proyecto cuenta con las especificaciones, ya que las zonas donde se encuentran otros elementos como el huerto, los paneles solares y los aerogeneradores, representan el 30% del área verde, mientras que el otro 70% continúa siendo cubierta vegetal, así como se observa en la Ilustración 47.

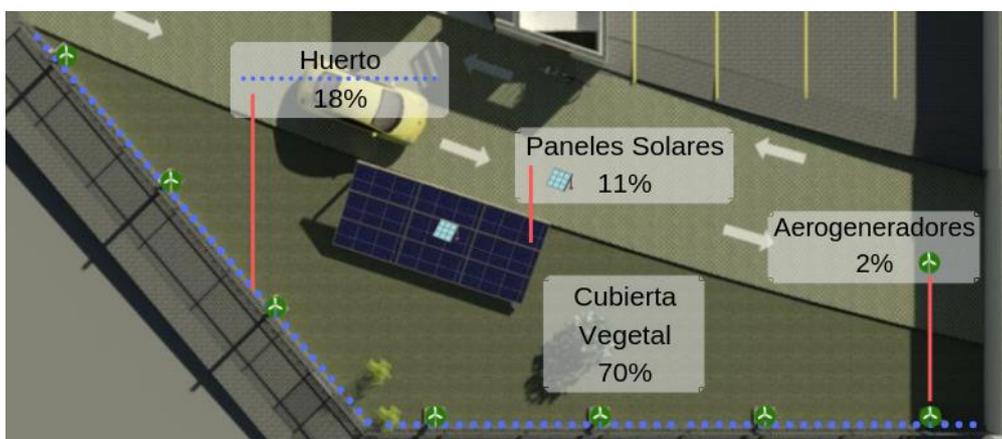


Ilustración 47: Cubierta vegetal
Fuente: Elaboración propia

Energía

Para la **reducción de isla de calor** se toma en cuenta que el conjunto tiene 301.48 m² de área pavimentada entre banqueta y calle interior, por lo que se plantea el cambio de concreto o asfalto a adoquín. El tipo de adoquín será una combinación entre adoquín ecológico en la calle interior y adoquín rectangular en banquetas permitiendo así una mejor circulación para los peatones, ambos con una mayor filtración y menor absorción de calor que el material original.

Con el objetivo de cumplir con el indicador de **energías renovables y calentadores solares**, se calculó el consumo tanto de energía eléctrica como de servicios de agua caliente, y la ubicación de estos será definida utilizando el análisis previo de energía fotovoltaica (Ilustración 36).

Dentro del indicador de **energías renovables** obtenido de LEED, se requiere reemplazar el tipo de energía convencional un mínimo del 10% del consumo, utilizando algún tipo de energía renovable. Aunque se tomará un porcentaje mayor, con la visión de obtener mayor cantidad de energía renovable, para apuntar a un modelo ideal en donde se utilice la menor cantidad de energía eléctrica proveniente de hidrocarburos. Por lo que en este caso se utilizan tanto paneles solares fotovoltaicos como aerogeneradores debido al área reducida disponible para ubicar los paneles y calentadores solares.

Los paneles solares fueron calculados según el consumo de energía (kWh) por tipo de departamento, obteniendo un total de 11,474.694 kWh mensual. Se utilizará un tipo de panel solar específico para realizar el cálculo, debido a las medidas y potencia con la que cuenta. En este caso se eligió uno con 390 WP de potencia, y medidas de 2.00 x 1.00 m, que no necesariamente serán los 2.00 m² en azotea, puesto que el *Solar Electricity Handbook* recomienda una inclinación de 26° según la latitud de Monterrey.

Entonces, de acuerdo con los kilovatios hora (kWh) requeridos y la potencia de los paneles solares, para obtener el 100% de energía renovable se necesitarían 206 paneles solares, mientras que para cumplir con el 10% del indicador, solamente serían necesarios 21 paneles. Pero como se mencionó anteriormente, se pretende recuperar la mayor cantidad de energía renovable, por lo que se desplegó la mayor cantidad de paneles solares con estas características en el área de la azotea, dando un total de 101 paneles, lo que representa al 49% del total del consumo de

energía, aparte de que se aprovechó la techumbre ubicada en el área verde para colocar 9 paneles más, los que representan un 4% de la energía, dando un total de 53% de energía renovable a través de paneles solares.

Aunque se considera más del 50% del consumo de energía cubierto por paneles solares, aún queda oportunidad para incrementar el porcentaje utilizando aerogeneradores, por lo que se contemplan con el propósito de disminuir el consumo de hidrocarburos. Aparte de que actualmente, en Nuevo León existen al menos cuatro parques eólicos, que demuestran su factibilidad; estos son: *El Mezquite*, en Mina, *Ventika*, en General Escobedo, un tercer parque ubicado en el municipio de Linares y la frontera con Tamaulipas, y el más representativo, *Eólico Santa Catarina*, en el km 49 de la carretera Monterrey–Saltillo. Además, existen diversas edificaciones dentro de la ZMM que cuentan con aerogeneradores residenciales, así como las oficinas de ‘Bioconstrucción y Energía Alternativa’ y el estudio/taller del escultor ‘Jorge Elizondo’.

En cuanto a la afectación de aves y murciélagos, al encontrarse ubicado dentro de los primeros PCU en una zona urbanizada, el proyecto no representa una nueva amenaza en los cuatro principales efectos que presentan los aerogeneradores, que son la colisión, desplazamiento debido a perturbaciones, barreras no naturales y pérdida de hábitat.

Estudios de radar realizados en Tjaeroborg, Dinamarca y Yukón, Canadá demuestran que las aves cambian las rutas de vuelo entre 100 y 200 m antes de llegar a colisionar con las turbinas (SEMARNAT, 2008), en caso de que estas se encuentren en las rutas migratorias. Además, un estudio realizado en el parque eólico de Tunø Knob, Dinamarca muestra las estadísticas de mortandad de aves debido a influencia humana, estableciendo como la primera causa a edificios y ventanas con 5500 casos, gatos domésticos y otros 1000, líneas de alta tensión 800, vehículos y pesticidas 700, torres de comunicación 250, y finalmente aerogeneradores que representan menos de 1 caso (Erikson et al, 2005). Otro factor importante es la altura a la cual vuela cada especie, por lo que los aerogeneradores del proyecto, al no encontrarse a más altura que el edificio, representan menor impacto que éste.

En este proyecto se estima una cantidad de 7 aerogeneradores distribuidos en el límite del predio. Para realizar los cálculos se tomaron en cuenta aerogeneradores residenciales con las siguientes características: diámetro de 2.08m, 3.4m² de área libre requerida, altura a 15 m, ruido

bajo (35 dB), 52 kg, 20 años de vida, energía anual generada 1.900kWh a 6 m/s. Éstos representan el 10% del consumo de energía eléctrica.

Sumando la energía obtenida de los paneles solares y aerogeneradores, se obtiene el 63% del consumo de energía eléctrica a través de las energías renovables, sobrepasando los requerimientos mínimos de LEED.

En cuanto a la conexión y componentes necesarios para la instalación y funcionamiento de la red en cohesión con la CFE, se plantea que de los paneles solares y turbinas eólicas, la energía se dirija a un controlador de carga, para evitar las sobrecargas; de ahí se transporta la energía pasando primero por un inversor de corriente, luego hacia los paneles y tableros eléctricos para ser utilizada en el conjunto, y después a la CFE si es que hay sobrantes (principalmente en los meses de verano donde habrá más excedentes de energía solar).

Para los **calentadores solares** se realizó el cálculo tomando en cuenta la cantidad de personas, baños, lavabos de cada departamento, así como los centros de lavado comunes. Obteniendo un consumo total de 620 L de consumo de agua caliente total en la edificación, y casi 500 L para el 80% mínimo que se requiere en el indicador, por lo que se proponen 4 calentadores solares de 150 L cada uno, llegando a una capacidad de 600 L, lo que da opción también a futuros aumentos de consumo.

Aun y cuando existe disponibilidad de ubicar un calentador chico de paso y sin tanque en cada uno de los departamentos, ya sea en el baño o cocina, se considera un sistema centralizado. Primero, la ubicación de los calentadores solares será la óptima según el análisis de energía fotovoltaica, ya que se instalarán en el techo de los tinacos, la parte más alta de la edificación, y también la más reforzada al ser el cubo de escaleras. Ubicación que además traerá beneficios al momento de realizar las conexiones necesarias entre los tinacos, calentadores solares y los recorridos hidráulicos.

Pero, tomando en cuenta que esta solución depende de la radiación solar, se propone el uso de calentadores eléctricos de paso, ahorradores y sin tanque, como soporte en el sistema. Están ubicados dos por cada piso, uno en la lavandería y otro empotrado en el muro al final del pasillo donde se encuentra el cubo de servicios. La distribución se hace para que las 4 regaderas de los departamentos A y D se dirijan al calentador en la lavandería, y las 3 regaderas de los

departamentos B, B' y C se conecten con el calentador ubicado al final del pasillo. Con este sistema se logra mantener una distancia máxima de 10 m entre un calentador y la regadera más lejana, para otorgar una temperatura de agua caliente óptima a cada uno de los pisos.

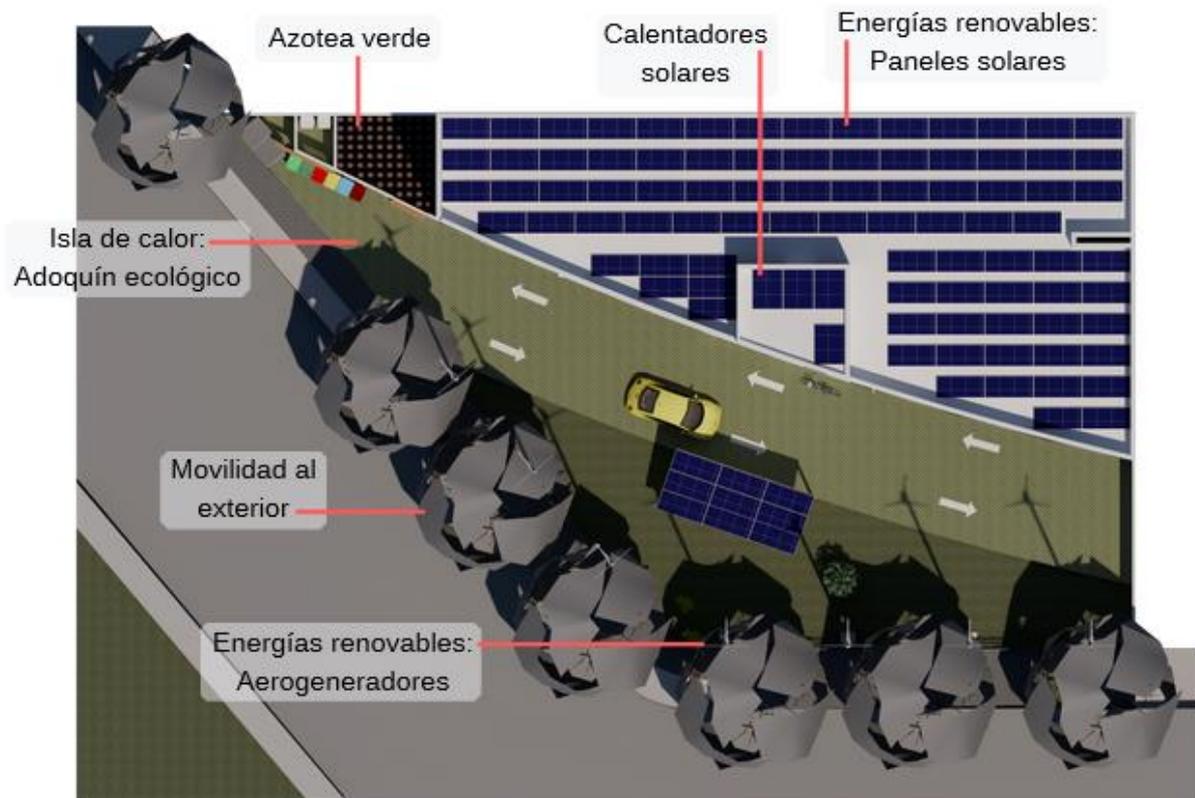


Ilustración 48: Indicadores en planta de conjunto
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 48 se muestran los últimos indicadores mencionados: azotea verde en el área de bodega de planta baja, reducción de isla de calor con el cambio en tipo de suelo a adoquín, y energías renovables al implementar aerogeneradores, paneles y calentadores solares.

Otro punto para ahorro de energía es disponer de **líneas de secado** para sustituir el uso de las secadoras en la mayor medida posible, por lo que BREEAM pide implementar 2.00 m de línea de secado por cada departamento en lavanderías compartidas y 2.00 m dentro de cada departamento habilitado con al menos un juego de lavadora y secadora. Para optimizar el espacio se utilizarán tendedores dobles para colgar ropa en dos niveles, y así lograr los 8.00 m lineales mínimos por nivel, y los 10.00 m lineales en el segundo nivel debido al departamento

extra en planta baja. El acomodo final puede observarse en la ‘Ilustración 49: Indicadores de lavandería’, del apartado ‘Sociedad, comunidad, áreas de uso común y seguridad’.

Para cumplir con el indicador de **alumbrado exterior** destinado al ahorro de energía, aparte de contemplar lámparas de bajo consumo como originalmente se planteó en el proyecto, cuenta con otras condiciones como uso de luminarias con base en energías renovables, temporizadores, evitar contaminación lumínica ascendente y eliminar la iluminación ornamental. En primer lugar, se eliminó la iluminación ornamental en la azotea recordando que originalmente era destinada como área común; después se proponen luminarias LED planas con panel solar incluido para la banqueta, el área verde y la calle interior para utilizar otro tipo de energía que no sea con base en hidrocarburos, mientras que el resto se encuentran empotradas en el muro alrededor de la azotea y en las techumbres, todas apuntando hacia el piso evitando contaminación lumínica; anexando todas las luminarias (de áreas comunes) que no sean ya solares, directamente al sistema de energía renovable. Aparte de que todas contarán con temporizadores para encendido y apagado según el horario.

El indicador de **alumbrado interior** requiere la implementación de controles de encendido y apagado automático en los lugares comunes del edificio, aparte de lámparas de bajo consumo como una medida de ahorro de energía. Desde un inicio se consideraron lámparas de bajo consumo, por lo que únicamente será necesario contemplar luminarias con sensores de movimiento en los estacionamientos, el vestíbulo, los diferentes juegos de escaleras y los pasillos; mientras que en las lavanderías se cambiará por luminarias con encendido y apagado automático según horarios, ya que es un cuarto en donde las personas pueden encontrarse estáticas durante un largo periodo de tiempo.

Agua

En este caso, se vincula directamente el indicador de **impacto hidrológico cero** con el de captación de agua pluvial. El objetivo es bajar el escurrimiento pluvial de 0.95 que representa a las vialidades y edificaciones, a un 0.25 que se refiere a las áreas verdes. Para lograr esa disminución se toma en cuenta el análisis realizado previamente con el método racional y SCS.

Según el análisis realizado sobre el conjunto, el tamaño mínimo de cisterna debería de ser de 18,110.84 L para cumplir con los 18.11 m³ del método racional, y recomendable de

142,064.64 L para los 142.06 m³ del método SCS. Pero después de haber realizado las modificaciones al tipo de suelo, área verde y azotea verde, los resultados cambiaron a mínimo de 14,873.25 L y 14.87 m³ y recomendable 91,674.21 L y 91.67 m³. Esto se traduce en un mínimo de un tanque de almacenamiento con capacidad de 15,000 L, que equivale a 22.5 días de riego; y hasta 3 tanques de 25,000 L más 1 de 15,000 L, equivalente a 137.66 días (4.5 meses) de riego. En este caso, se tomará la segunda opción, ya que se desea llegar a un conjunto con indicadores ideales de sustentabilidad.

La alteración que genera la principal reducción para los tamaños de cisterna es el cambio en el tipo de suelo, ya que la calle interior cambia su coeficiente de escurrimiento al ser considerada como área verde cuando se cambia de asfalto a adoquín ecológico, mientras que el resto de las vialidades y banquetas de adoquín cerrado siguen tomando el mismo coeficiente que una vialidad común.

Las dimensiones de los tanques de almacenamiento de agua considerados para ser implementados y cumplir con el indicador anterior se establecen en la Tabla 21.

Tabla 21: Tanques de almacenamiento de agua

Descripción L	Altura m	Diámetro m	Diámetro de placa M	Diámetro de tapa m	Peso kg
TAN – 2,500	1.76	1.55	0.20	0.45	50
TAN – 5,000	1.77	2.20	0.20	0.45	85
TAN – 10,000	2.70	2.40	0.20	0.45	180
TAN – 15,000	3.90	2.40	0.20	0.45	400
TAN – 22,000	3.52	3.00	0.20	0.45	400
TAN – 25,000	3.90	3.00	0.20	0.45	500

Fuente: Rotoplas®

Aparte de la implementación de tanques de almacenamiento pluvial, también se debe de considerar un sistema de alcantarillado a lo largo de la calle interior y a lo largo del acceso de vehículos, justo antes de que el agua salga del predio, para recuperar también el agua que fluya por la vialidad interior.

En cuanto a la **reducción de uso de agua externo** es necesario implementar dos medidas, la primera es realizar una selección de vegetación endémica y la segunda instalar un sistema de

riego ahorrador para con estos dos métodos reducir al menos en un 30% el uso de agua en riego. Los consumos finales son explicados en la Tabla 22, dando un total de 20,244.38 L/mes (5,348 gal/mes), un ahorro del 32% según la línea base.

Tabla 22: Consumo de agua exterior

Vegetación	Área (pies ²)	Tipo de vegetación	Coefficiente (K _L)	Tipo de riego	Distribución DU _{LQ}	LWR (gal/mes)
Pasto	1,050	Césped – Bajo requerimiento de agua	0.6	Microspray	70%	4,276
Huerto	269	Cobertura – Medio requerimiento de agua	0.5	Goteo estándar	70%	897
Árboles	5	Árbol – Medio requerimiento de agua	0.5	Goteo estándar	70%	18
Azotea verde	142	Cobertura – Bajo requerimiento de agua	0.2	Goteo estándar	70%	157
Requerimiento de agua exterior en el sitio (gal/mes)						5,348

Fuente: Elaboración propia

Primero, el pasto estilo San Agustín, aunque muy vistoso y con capacidad de soportar mucho tráfico de personas, es de alto consumo de agua, por lo que se eliminó esta opción y se cambió por Pasto Búfalo, el cual es de tipo perenne, tolerante al calor y al frío y requiere un mínimo mantenimiento. Adicionalmente se implementará un sistema de riego por *microspray* que evita la evaporación.

El huerto, ubicado en una parte del área verde, aunque estará conformado de diferentes tipos de vegetación, se considera un promedio de requerimiento medio de agua, con un sistema cerrado de riego por goteo para controlar la cantidad de agua que requiere cada planta. Algunas de las especies recomendadas son: pepino, tomate, zanahoria, papa, jícama, entre otros, todas plantas de tipo alimenticio para aprovechar al máximo su producción.

En cuanto a los árboles de la banqueta agregados en el indicador de movilidad exterior, se consideran endémicos, con un consumo de agua medio y se implementará un sistema cerrado de riego por goteo para puntualizar la administración de agua. El tipo de árbol elegido es el encino roble (*Quercus stellata*), blanco o siempreverde (*Myoporum laetum*) debido a la recomendación de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (2011), ya que requieren de poca agua (riego 3 veces por semana) y soportan grandes cambios de temperatura (-25 a 45 °C).

Finalmente, los 13.19 m² de la azotea verde ubicado sobre la caseta, bodega y baño de planta baja, se considera vegetación endémica de bajo consumo de agua con un sistema cerrado de riego por goteo. El tipo de plantas serán suculentas o crasas (*Calanchoe*, *Espinazo del Diablo*, *Sedum*, entre otras) debido a su bajo requerimiento de agua y de estrato de tierra, lo que reduce la carga que recibirá la estructura, inclusive en tiempos de lluvia.

Aunque en un inicio se tomó en cuenta el consumo de agua considerando el jardín, para esta etapa en donde se analiza el **agua residual**, se tomó en cuenta el consumo de agua sin considerar el jardín porque la cantidad de agua por tratar no incluirá esta del jardín. Esto se traduce a la Tabla 23.

Tabla 23: Consumo de agua en edificación

Consumo de Agua por Departamento Según Núm. de Habitantes (2018)	Total de Consumo de Agua en la Edificación	unidades
12.000	36.000	m ³ /mes
12,000.000	36,000.000	lts/mes
394.737	1,184.211	lts/día
4.000	28.000	m ³ /mes
4,000.000	28,000.000	lts/mes
131.579	921.053	lts/día
8.000	24.000	m ³ /mes
8,000.000	24,000.000	lts/mes
263.158	789.474	lts/día
15.000	45.000	m ³ /mes
15,000.000	45,000.000	lts/mes
493.421	1,480.263	lts/día
	133.000	m³/mes
	133,000.000	lts/mes
	4,375.000	lts/día
	273.438	lts/día/departamento
	128.68	lts/día/persona

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 24, la cantidad de tinacos necesarios en la azotea para consumo humano son tres de 2,500 L y uno de 1,100 L. Lo que concuerda con el consumo de agua de los habitantes por dos días.

Tabla 24: Tinacos

Descripción L	Diámetro M	Altura m	Abastecimiento personas
TIN - 450	0.85	0.99	2
TIN - 600	0.97	1.12	3
TIN - 750	1.10	1.02	4
TIN - 1,100	1.10	1.40	5
TIN - 2,500	1.55	1.60	10

Fuente: Rotoplas®

Pero para aprovechar el agua tratada, tanto la residual como la pluvial, se va a separar la cantidad de tinacos en potable obtenida de agua pluvial por medio de filtros y la tratada residual, para abastecer la misma cantidad de agua, pero reutilizar la mayor cantidad posible, así como se indica en la Tabla 25.

Tabla 25: Consumo de agua por tipo de equipos

Tipo de agua	Equipo	% de consumo según SAAVi	Consumo en edificación por equipo (lts/día)
Potable/Pluvial tratada	fregadero cocina	16.3%	711.599
	llaves baños	16.3%	711.599
	regadera	32.5%	1423.198
	lavadora	21.6%	946.872
	litros acumulados en la tubería	0.4%	16.900
Residual tratada	sink	0.3%	14.232
	inodoro	12.2%	533.699
	litros acumulados en la tubería	0.4%	16.900
Total		100.00%	4,375.000

Fuente: Elaboración propia

Entonces, según esta información, se requieren dos tinacos de 2,500 L, dos de 1,100 L y uno de 450 L para agua potable, preferentemente proveniente de la lluvia y con sistema de filtrado

y tratamiento, o directamente de SADM (Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey) en caso de los meses con escasez de lluvia. Y un tinaco de 1,100 L para utilizar el agua tratada en el *sink*, los inodoros y un porcentaje de agua acumulada en la tubería.

Por lo tanto, en la edificación se consumen 4,375 L/día (1,155 gal/día), es decir, 273 L/día por vivienda, cantidad que será tomada en cuenta para el cálculo de la planta de tratamiento de aguas residuales, en lugar de los 200 L/día que se considera en las Guías del País Vasco, ya que el ideal sería tratar el 100% del consumo de agua.

Para este proyecto se considera una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) domesticas con un sistema aeróbico (tratamiento biológico acelerado), con aireación y lodos activados para prevenir malos olores y aislamiento acústico para evitar ruidos al exterior.

El proceso de la planta se divide en tres etapas: primero, en el compartimento primario se retienen las aguas residuales recibidas para permitir que la materia solida sedimente sobre el lodo al fondo del tanque y pueda ser degradada por las bacterias anaeróbicas. En segundo lugar, en la cámara de aireación la materia dividida se mezcla con el lodo activado al mismo tiempo que se airea para proporcionar oxígeno suficiente para las bacterias, promoviendo que los microorganismos trabajen para obtener un líquido inodoro e incoloro. Por último, en el compartimento de sedimentación, debido a la falta de turbulencia se crea el proceso de sedimentación y clarificación, en donde cualquier partícula que haya quedado suspendida después de la segunda fase, cae al suelo, el cual se encuentra con inclinación dirigida hacia la cámara de aireación, donde las partículas vuelven a llevar el proceso de aeración, mientras que el líquido claro e inodoro de la superficie es descargado a la línea del afluente. Cumpliendo con los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas, según la NOM-003-SEMARNAT-1997.

En cuanto a la capacidad se establecen dos opciones, la primera, considerada como la ideal, es una PTAR hecha a la medida para cubrir el 100% del consumo de agua 4,375 L/día (1,155 gal/día), mientras que la segunda opción es una PTAR prefabricada con capacidad de 3,785 L/día (1,000 gal/día), variando únicamente en el precio, ya que se considera un aumento al ser hecha a la medida.

La ubicación de la PTAR (para ambas opciones) es bajo el estacionamiento B, en el mismo sótano que los tanques de agua pluvial. El acceso es por medio de una tapa de registro de 1.00 x 1.00 m. Las medidas de la PTAR son 2.50 x 5.00 x 3.00 m, y el tanque de agua para almacenar el agua tratada tiene una capacidad de 10,000 L (especificación de medidas en la Tabla 18) para almacenar el consumo de agua de al menos dos días. El área total requerida, entre los tanques de almacenamiento de agua pluvial, de agua tratada y la PTAR, es de 11.57 m el ancho total del estacionamiento por 6.05 m de largo por 5.00 m de alto.

En cuanto al **agua pluvial**, se deberá de considerar un estudio de muestreo según la NOM-014-SSA1-1993 para uso y consumo humano, específicamente en la ubicación del predio para obtener información sobre el pH, Gravimetría, fisicoquímica, metales pesados y microbiología del agua de lluvia específicamente en ese punto (Jiménez-Pérez, 2018), y poder aplicar las medidas de filtración y tratamiento necesarias para lograr convertir el agua pluvial en potable. De esta manera puede ser utilizada en el conjunto, y no solamente en las áreas verdes.

Para mayor filtración se utilizará un sistema con pre-filtros en las canaletas, seguidos por más filtros y tratamientos con rayos UV, como establece el Dr. Arturo Gleason (Gráfico 26).

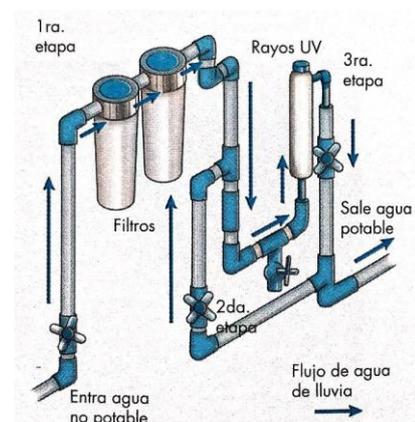


Gráfico 26: Tratamiento de agua pluvial
Fuente: Gleason, 2014

Y se utiliza un cálculo de potencial de captación de agua de lluvia (Potcall) para estimar el volumen de agua mínimo que sería posible recuperar para reutilizarse. En este caso se toma el cálculo definido por Gleason (2014), donde $Potcall = \text{Área} \times \text{Precipitación} \times \text{Coeficiente de escorrentía}$ (p.279). Lo que resulta en 15.61 m³ de agua pluvial para su reúso. Información que será relevante para conocer el ahorro en el recibo de agua de la Secretaría de Agua y Drenaje de Monterrey en el apartado de financiamiento.

Aparte, de manera complementaria se recomienda marcar las salidas de agua y la tubería general con diferentes colores y simbología para evitar un error al realizar las conexiones, no necesariamente al momento de la construcción inicial, sino que también en futuras modificaciones y así evitar posibles contaminaciones de diferentes tipos de agua, ya sea potable proveniente de calle, pluvial o tratada.

En este caso, los colores a utilizar son azul claro para agua potable proveniente de SADM (hasta cisternas), azul oscuro para agua potable ya sea de SADM o pluvial tratada, verde para agua pluvial sin tratamiento, morado para agua residual sin tratamiento y café para agua residual después de pasar por la PTAR. La extensión del color debe encontrarse desde el centro de la conexión, hasta 65 cm hacia cada lado. Y sobre las salidas de agua residual tratada se ubicará una señalización indicando “agua no potable”, evitando confusiones (CIPHE, 2017).

Sociedad, comunidad, áreas de uso común y seguridad

Dentro de las áreas comunes, la implementación de un **huerto** o cría de animales es el único indicador con el que no cumplía la edificación, por lo que se destinan 25 m² para un huerto comunal, ubicado en el lado externo del área verde, a un lado de la banqueta. Para la ZMM, esta práctica no es común en la actualidad, pero los beneficios sociales que conlleva como la integración de grupos vulnerables entre estos mujeres y adultos mayores, así como el valor de pertenencia, puede mejorar la calidad de vida de la comunidad.

Los cuartos de **lavandería** se modifican para hacer el proceso más eficiente y promover la convivencia entre los residentes. Esto se realizó siguiendo los estándares de BREEAM, al proponer al menos un juego de lavadora y secadora (ahorradoras) por cada 8 departamentos a no más de 60.00 m, lo que en este caso se traduce a un juego en cada uno de los niveles. Y en el resto del espacio se distribuyó el mobiliario complementario como lo es el lavadero y *sink*, dos tendederos dobles, una mesa de doblado y una barra alta para convivencia, y el calentador de agua eléctrico, así como se observa en la Ilustración 49.



Ilustración 49: Indicadores de lavandería
Fuente: Elaboración propia

Para promover la **accesibilidad al público**, en donde SBAT pide compartir con la comunidad al menos el 5% de las áreas abiertas, por lo que se pretende modificar la barda perimetral para crear un diseño más invitador a un ingreso libre a este parque que tiene el tamaño de un parque de bolsillo. Aunque se consideró eliminar por completo la barrera, al

encontrarse en una esquina con flujo continuo, se optó por una reja de aluminio en el perímetro que colinda con la banqueta, con altura de 1.20 m para protección, y que aun así permite visibilidad al interior. Los accesos aumentan de solamente tener el principal por el acceso vehicular, a tres, agregando uno de cada lado del área verde; cada uno con su señalamiento de acceso libre y algunas recomendaciones para la seguridad de todos.

Accesibilidad y transporte

Con el objetivo de promover la accesibilidad dentro del predio, se cuenta con el indicador de **movilidad al interior**, el cual pretende habilitar entradas accesibles a las áreas comunes para todos que requiere de rampas, vanos y puertas con medidas establecidas en el Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad. Por lo que se estableció una rampa con pendiente de 7.7%, ancho de 1.20 m y estampado antiderrapante, ubicada en el estacionamiento A, a la misma altura que el cajón de estacionamiento para personas con discapacidad, ya que es un acceso directo al vestíbulo, el cual cuenta con una puerta de 1.20 m de ancho. Y en el acceso de la caseta se propone una rampa con pendiente de 10% y 1.00 m de ancho.

La principal desventaja de este diseño es que no cuenta con un espacio habilitado para elevador, por lo que el acceso en silla de ruedas se limita a las áreas comunes y al departamento ubicado en la planta baja. Que también es una de las deficiencias de este indicador, ya que solamente indica la accesibilidad en toda la planta baja, sin considerar que no es requisito contar con elevadores en edificaciones menores a cuatro niveles.

Como incentivo para promover la inclusión, tanto a visitantes como para trabajadores, el **mobiliario** de trabajo y los **baños** habilitados para el área verde deberán de ser accesibles, por lo que en este caso se siguió el MNTA. La zona destinada de este indicador establecido por SBAT se encuentra en la antigua bodega, la cual fue modificada para incluir una caseta y un baño. Se cumple con todas las medidas mínimas establecidas en el manual, por lo que las puertas de estos cuartos son de 1.00 m, el área de trabajo cuenta con un radio de 1.50 m, el baño es de 1.70 x 1.70 m; y en cuanto al mobiliario, la mesa de trabajo se propone a una altura máxima de 0.70 m, medida que es estándar para una persona sentada, por lo que la altura mínima de la ventanilla será esa misma, y la máxima de 1.20 m.

En la **movilidad al exterior**, CONAVI no solamente se preocupa por ampliar las banquetas a un mínimo de 2.50 m, sino que también le otorga importancia a la implementación de árboles para generar sombra y amenizar los recorridos del peatón. Aunque el mínimo es un árbol cada 20.00 m, se propone uno cada 7.00 m aproximadamente, dando un total de 7 árboles para dar más continuidad a la sombra, respetando la franja de circulación peatonal de al menos 1.20 m en los tramos más cortos. Aparte de la incorporación de 2 rampas peatonales, una en la esquina suroeste y la otra al extremo derecho, ya que serían los lugares indicados para cruzar las vialidades frente al conjunto. En cuanto a la selección de árboles, se mantienen los mencionados en la sección de agua, encinos, ya que aparte del poco requerimiento de agua, también ofrecen amplia sombra, lo cual resulta ideal para este indicador.

Estos árboles pueden llegar a medir más de 15 m, pero deberán de mantener una altura de no más de 14 m, ya que si sube más pudiesen interferir con la efectividad de los aerogeneradores. Entonces, según la prioridad de los indicadores dentro de cada escenario mostrada en el apartado '6.4.2 Factibilidad ambiental', en caso de que no se cumpla con este parámetro de altura no deberán de instalarse los aerogeneradores, ya que no solamente se limitaría el funcionamiento de estos, sino que también puede llegar a ser peligroso en caso de que un aspa y un árbol se toquen.

Los dos **estacionamientos** (A y B) cuentan con 12 cajones con medidas requeridas por municipio de 2.70 x 5.00 m y para el resto (7) se contempla un convenio fuera del predio, en un predio a 90.00 m del acceso principal y a 65.00 m de un acceso secundario por el acceso del parque. Para cumplir con el requisito de SBAT de destinar el 2% de los cajones para personas residentes con alguna discapacidad; en el estacionamiento A se eliminó un cajón y se modificó otro, resultando en el cajón no. 3, el cual está ubicado a un lado del acceso principal de planta baja y con espacio suficiente para giros con silla de rueda, cumpliendo con las medidas de 3.80 x 5.00 m. Al mismo tiempo, en el estacionamiento B se modifica el acomodo de los cajones para ubicar el ciclopuerto en el muro norte y se reducen los dos cajones en la extrema izquierda (4 y 8) al mínimo de 2.50 x 4.50 m para habilitar un pasillo de circulación hasta el acceso.

Luego, para implementar la cantidad mínima adecuada de espacios para bicicletas se toma el indicador de LEED, en donde se establece un mínimo de 20 anclajes, en donde 16 son para residentes (1 por cada vivienda) y 4 para visitas. El **ciclopuerto** estará dispuesto de manera

vertical, para contar con espacio de circulación y realizar los movimientos necesarios de montaje y desmontaje.

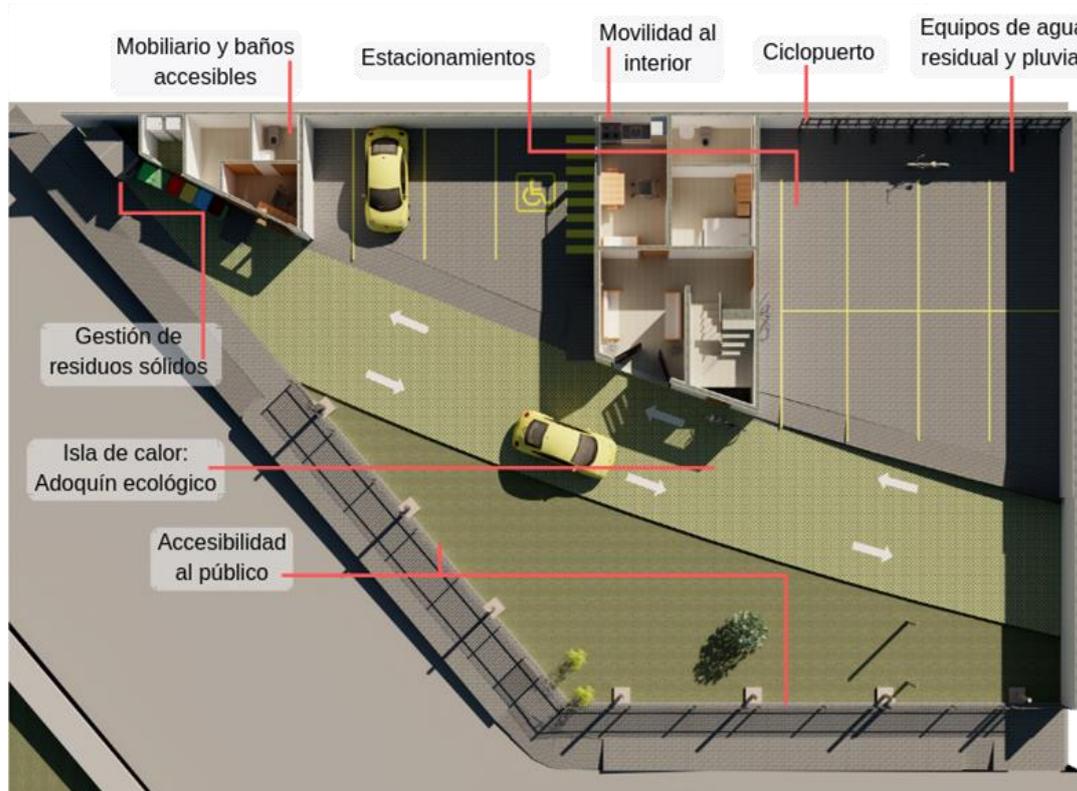


Ilustración 50: Indicadores de planta baja
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 50 se representan gráficamente algunos aspectos de los últimos siete indicadores: huerto rodeando el área verde por la parte exterior, accesibilidad al público con reja que permite visibilidad al área verde, movilidad al interior al incluir rampas; mobiliario, baños de caseta y departamento accesibles; movilidad al exterior al introducir rampas de ascenso y descenso a banquetas en puntos clave, respetando el ancho mínimo de la banqueta; y los estacionamientos con un cajón para personas con discapacidad, así como el ciclopuerto vertical y el pasillo de circulación.

Financiamiento

Como parte del financiamiento, *Green Building Rating Systems* promueve generar un **valor patrimonial** amplio en donde se valore a la edificación como una posible inversión para diferentes actores.

Con esto en mente, se debe especificar el uso de las energías renovables por departamento con el objetivo de incluir a los usuarios dentro de estos actores, como se muestra en la Tabla 26. La razón por la que no se tomó un promedio del conjunto completo es para que se pueda visualizar de manera individual el ahorro que se estará obteniendo e incentivar el uso de energías renovables. En cuanto a las áreas comunes, aun cuando se consideran dentro del pago de mantenimiento, se especifica el porcentaje que absorbería cada uno de los departamentos, según un factor de tamaño de éstos.

Tabla 26: Consumo eléctrico por tipo de equipos

Tarifas de la CFE por cada 150 kWh y en adelante	Áreas comunes	Departamento tipo A	Departamento tipo B	Departamento tipo C	Departamento tipo D
\$0.715 primeros 150 kWh	\$107.25	\$107.25	\$107.25	\$107.25	\$107.25
\$0.840 siguientes 150 kWh	\$48.93	\$126.00	\$126.00	\$126.00	\$126.00
\$1.074 siguientes 150 kWh	\$0.00	\$161.10	\$161.10	\$161.10	\$161.10
\$2.868 en adelante	\$0.00	\$1,519.18	\$197.31	\$948.84	\$1,158.20
	Suma	\$1,913.53	\$591.66	\$1,343.19	\$1,552.55
	Áreas comunes	\$13.33	\$7.06	\$10.63	\$11.62
	Sub-Total	\$1,926.86	\$598.72	\$1,353.82	\$1,564.17
	Ahorro por paneles solares	\$1,027.61	\$319.30	\$722.00	\$834.18
	Ahorro por aerogeneradores	\$192.69	\$59.87	\$135.38	\$156.42
	Ahorro total	\$1,220.29	\$379.17	\$857.38	\$990.60
	Por pagar	\$693.23	\$212.49	\$485.81	\$561.95

Fuente: Elaboración propia, con información de la CFE

La tarifa especificada por la CFE se refiere a la zona C en un mes de verano, donde cada 150 kWh sube el precio del kWh; en temporada de verano los precios se encuentran subsidiados por lo que se representa el ahorro mínimo que habría en la edificación, a comparación de los meses de invierno donde el precio por kWh aumenta considerablemente, puesto que se supone que el consumo energético es menor. El ahorro en consumo por los paneles solares es del 53%, mientras que los aerogeneradores representan al 10%, generando un ahorro total del 63%.

En el caso de las ecotecnologías para captación y tratamiento de agua es más complicado, ya que el precio del servicio de agua es tan bajo, que se estaría tratando más agua de la que se pudiese aprovechar tanto económicamente como el elemento en sí, pero, de igual manera se realiza el análisis de ahorro a continuación.

Anteriormente se estableció que el consumo de agua mensual para los departamentos de la edificación es de 133 m³ mensuales, 1 m³ para el conjunto y en el riego son 20 m³, lo que suman 155 m³ debido a los redondeos, dando un total de \$7,712.41 mensual según la tarifa de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D. para usuarios domésticos en la zona conurbada de la zona metropolitana, categoría 2, servicio de agua potable con drenaje (SADM, 2019), la cual ya incluye el 25% del cobro por servicio de drenaje.

Pero de los 155 m³ requeridos para dar servicio a todo el conjunto, 54 m³ pueden provenir de agua pluvial o residual con tratamiento, por lo que de esos \$7,712.41 es posible ahorrar el 59% en consumo de agua, es decir \$4,555.91.

Tabla 27: Consumo de agua por tipo de equipos

	m ³	Todos los departamentos	Depatranento tipo A	Depatranento tipo B	Depatranento tipo C	Depatranento tipo D	
Tarifas SADM	departamentos	133	\$4,978.07	\$449.15	\$149.72	\$299.43	\$561.44
	conjunto	1	\$48.51	\$4.38	\$1.46	\$2.92	\$5.47
	riego	20	\$757.73	\$68.37	\$22.79	\$45.58	\$85.46
	servicio de	25%	\$1,928.10	\$173.96	\$57.99	\$115.98	\$217.46
	SUMA		\$7,712.41	\$695.86	\$231.95	\$463.90	\$869.82
Ahorro total	departamentos con pluvial filtrada y tratada	16	\$584.44	\$52.73	\$17.58	\$35.15	\$65.91
	departamentos con agua residual tratada	17	\$634.59	\$57.26	\$19.09	\$38.17	\$71.57
	conjunto con agua residual tratada	1	\$48.51	\$4.38	\$1.46	\$2.92	\$5.47
	riego con agua residual tratada	20	\$757.73	\$68.37	\$22.79	\$45.58	\$85.46
	SUMA		\$2,025.28	\$182.73	\$60.91	\$121.82	\$228.41
Por pagar SADM	departamentos agua potable SADM	101	\$2,367.38	\$213.60	\$71.20	\$142.40	\$267.00
	alcantarillado	25%	\$789.13	\$71.20	\$23.73	\$47.47	\$89.00
	SUMA		\$3,156.50	\$284.80	\$94.93	\$189.86	\$356.00

Fuente: Elaboración propia, con información de la SADM

En cuanto al ahorro por tipología de departamento, el resultado se observa en la Tabla 27, donde se revela el aprovechamiento que tendría en la economía individual, así como la proveniencia de cada uno de éstos, desde los departamentos, el conjunto, riego y servicio de alcantarillado, para después mostrar los ahorros. Cabe recalcar que en la última parte de la Tabla cambia el precio por metro cúbico, ya que se basa en las tarifas definidas por SADM (2019), las cuales son cambiantes por cada metro cúbico que sube la tarifa.

Además, otros dos actores son el gobierno y empresas de desarrollo inmobiliario. El gobierno cuenta con presupuestos destinados para el desarrollo de vivienda, y, al encontrarse en un polígono de desarrollo y constante crecimiento, puede ser considerado dentro de algún programa gubernamental, aparte de Infonavit e Hipoteca Verde, los cuales cumple debido a uno de los indicadores.

También, al cumplir con indicadores sustentables, se encuentra en los estándares de inversiones por parte de CONAVI, en programas con el gobierno alemán, como lo es NAMA, o Edge. Pero son programas que no todos los gabinetes ponen en marcha, por lo que el hecho de entrar a alguno de estos programas o subsidios es difícil.

Como antecedentes de diversos intentos del gobierno por redensificar la zona centro y polígonos aledaños, en el año 2015 el gobierno municipal modificó el uso de suelo a mixto, la altura sin límites, y se permitió utilizar estacionamientos y parques cercanos para cumplir con el reglamento de construcción del municipio. Fue así que la Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios de Monterrey junto con el Colegio de Arquitectos de Nuevo León organizaron una subasta para que los dueños de terrenos en aquellas zonas puedan vender o vincular sus predios a inversionistas, y que, a la vez estos desarrollen proyectos inmobiliarios con el objetivo de regenerar el polígono (El Norte, 2015).

Además, los incentivos propuestos en el Plan de Desarrollo Urbano 2013-2025 (IMPLANc MTY, 2014) son la reducción en tiempos de espera y cuotas para permisos de construcción, descuentos en el impuesto predial, y servicios gratis de auditorías y soporte técnico para los desarrolladores que deseen incluir la sustentabilidad en sus proyectos, pero no tengan conocimientos para hacerlo.

En cuanto a inversionistas como lo son empresas dedicadas al desarrollo inmobiliario, el factor de sustentabilidad demuestra tener beneficios tanto ambientales como sociales, y, al centrarse específicamente en un contexto y sector económico, el desarrollo puede llegar a ser un buen negocio a mediano y largo plazo. Ahora el mayor reto será llegar a la TREMA (Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable) promedio de los desarrollos de vivienda vertical similares a este, dentro de la zona elegida.

Mantenimiento

Para la primera parte de **gestión de residuos sólidos** se considera un contenedor para residuos generales de tipo 3, con volumen para 1 m³ y capacidad mínima de 3 días según los kilogramos al día (kg/día) de residuos generados. Esto se debe a que para el año 2010 se estimó la generación de 1.022 kg de residuos por persona al día en Monterrey (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2012), por lo que son 104.244 kg por tres días en todo el conjunto, lo que equivale a 0.46 m³ y dado que el contenedor tipo 2 cumple hasta 0.2 m³, entonces se debe utilizar el tipo 3 como se mencionó anteriormente.

Aparte del contenedor general se proponen 6 botes para reciclaje de 240 L cada uno. Los residuos por separar según LEED son: papel, cartón, vidrio, plásticos y metales, aunque se agrega también uno para desechos biodegradables y orgánicos ya que en Monterrey ha habido administraciones que implementan la recolección de “basura ecológica”, y de esta manera en caso de que se volviera a implementar esa normativa, este conjunto estaría preparado. Aparte de dos botes de 20 L para separación y posterior disposición de baterías y basura electrónica. La ubicación de los primeros será a un lado del contenedor general donde se destinan los residuos no reciclables, alineados al muro del área administrativa, y los últimos dos se encontrarán dentro del área administrativa debido a que requiere de protección contra las inclemencias climáticas.

Para la segunda parte de este indicador, PCES sugiere la publicación de información para los residentes, en donde se les sensibilice acerca del manejo integral de los residuos, específicamente cómo entregar, en qué horarios, y los tipos de separación.

En la ZMM cada municipio cuenta con diferentes modelos y días de recolección de residuos, pero la información que se presenta en el Gráfico 27 es específicamente de la colonia donde se ubica el predio. La basura se recoge los martes, jueves y sábado, a pie de banqueta y debe encontrarse dentro de bolsas para basura, incluso cuando se encuentre dentro de un bote de basura. Por lo que la entrega de la basura general deberá ser dentro de bolsas cerradas, directamente al contenedor general, mientras que los reciclables se deben verter a cada bote directamente, sin incluir la bolsa, ya que, si es un residuo metálico en una bolsa plástica, se estarían mezclando diferentes elementos.

REGLAMENTO DE BASURA

DISPOSICIÓN - RECICLAJE - TIPOS

- La recolección de basura son los días martes, jueves y sábado.
- Se debe separar en papel, cartón, vidrio, plásticos, metal, orgánicos y biodegradable, pilas y baterías, electrónicos, y mixtos.
- Los contenedores se encuentran en el acceso vehicular; excepto pilas, baterías y electrónicos que están en administración.
- Seguir las especificaciones de cada residuo en los carteles de los contenedores.
- Los residuos mixtos deben depositarse en el contenedor general dentro de bolsas cerradas.
- Los reciclables se depositan directamente al contenedor SIN bolsa.
- Retirar las etiquetas de las latas y botellas antes de reciclarlas.
- Comprimir botellas de plástico.
- Comprimir papel y cartón.

Gráfico 27: Reglamento de recolección de residuos
Elaboración propia

En cuanto a la especificación de cada uno de los diferentes residuos reciclables, se añade un listado de lo que puede ingresar a cada uno de los contenedores, asistido de ilustraciones, así como se muestra en el Gráfico 28.

Mixto



SI

- Depositar la basura en bolsas cerradas
- Se recomienda usar bolsas biodegradables





Biodegradable y Orgánico



SI

- Restos de comida
- Cáscaras
- Servilletas
- Artículos que en el empaque se especifique biodegradable
- Heces de mascotas únicamente si se usó bolsa biodegradable

NO

- Papel
- Cartón
- Servilletas con productos no biodegradables
- Bolsas de plástico o contenedores no biodegradables
- Colillas de cigarro



Plástico



SI

- Botellas
- Empaques
- Recipientes
- Tetrapack
- Juguetes
- Desechables
- Bolsas de plástico no biodegradables
- Plumas

NO

- Unicel
- Trapos
- Ropa
- Pañales
- Toallas sanitarias
- Colillas de cigarro





Gráfico 28: Especificaciones de residuos reciclables
Elaboración propia

En cuanto al indicador **diseño para fácil mantenimiento**, al contar desde un inicio con un cubo de instalaciones se facilita el cumplimiento de este indicador, pero no es hasta que se contempla la implementación de plafones que es posible obtener una mejor accesibilidad a los servicios de electricidad, telefonía y comunicaciones y aire acondicionado. En cuanto a los plafones, se contará con registros en pasillos, baños y cocina, aparte de que los muros de tablaroca también facilitan el mantenimiento para tuberías de agua, al dejar también registros en los muros de muebles de baño y de cocina; cerrando el ciclo de este indicador.

Por último, en este apartado, para cumplir con el indicador recomendado en las Guías del País Vasco, **limpieza e higiene**, se tendría que plantear un diseño completamente distinto en donde no existan esquinas con ángulos tan cerrados, ya que dificulta una limpieza apropiada y facilita la acumulación de polvo, favoreciendo la aparición de alergias.

6.3.8 Estrategias sustentables para las viviendas

Ahora se analizan las soluciones que requiere cada una de las diferentes tipologías con el objetivo de cumplir con los indicadores que surgieron con resultados negativos durante el análisis de las viviendas.

Energía

De los tres indicadores que requieren la implementación de estrategias sustentables, se debe llegar a un punto en el que se cumpla de la mejor manera, pero sin interferir en la función de los otros. Entre los indicadores de confort térmico interno, iluminación natural y ventilación cruzada, el primero es aquel que tiene la ponderación más alta, por lo que se le dará una mayor prioridad al momento de elegir una solución sobre otra.

Confort térmico interno

Al contar con un buen **confort térmico interno**, se reduce el uso de energía eléctrica, ya que los aparatos de enfriamiento y calentamiento se utilizan en menor medida. El indicador de confort interno obtenido de LEED establece los parámetros mínimos obtenidos por ASHRAE 90.1, herramienta utilizada previamente en donde los resultados no fueron lo suficiente. Por lo que se optó por implementar diferentes medidas para incrementar el confort térmico interno, y disminuir el consumo de energía para enfriar o calentar los espacios.

Debido a que se tienen diferentes exposiciones a la radiación solar, se establecen diferentes tipos de grosor de aislamiento en los muros exteriores con el objetivo de cumplir con los requerimientos en cada departamento, pero sin utilizar más de lo necesario en donde no se necesita. La razón por la que no se utiliza aislamiento en la azotea es debido a que anteriormente se contempló la instalación de paneles y calentadores solares, los cuales fungirán una doble función, al captar la radiación solar y así evitando que llegue a la losa de azotea.



Ilustración 51: Aislamiento térmico
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 51 se muestran los diferentes grosores contemplados para las placas de aislamiento en la edificación. En los muros exteriores generales se implementa mínimo 1” de aislamiento; en la fachada Este, departamento B’ de la fachada Oeste, y en la lavandería y escaleras de fachada Sur se utiliza 2”, y únicamente en la fachada Sur y Oeste del departamento C, se implementan 3” debido a que recibe radiación solar durante todo el transcurso del día. Y aunque son diferentes grosores, se contempló el mismo factor de conductividad térmica para realizar los cálculos, el cual es de $0.288 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Como otro elemento para prevenir la conductividad térmica al interior de los departamentos de manera directa, se implementaron parasoles en las ventanas que no cuentan con algún tipo de protección como lo son los mismos balcones en algunos de los casos. Los parasoles son barras de PVC, de 1”x2” por el ancho de la ventana, y pueden ser rotadas desde el interior para modular la entrada de luz. Estas ventanas se encuentran en todos los niveles de la recámara de los departamentos A, C, así como en las escaleras.

Entonces, utilizando la información mencionada anteriormente, se lleva a cabo el análisis de confort térmico interno, donde se obtuvieron los resultados demostrados en la Ilustración 52 mostrando las cargas necesarias para el calentamiento de los departamentos y la Ilustración 53 donde se muestran las cargas necesarias para el enfriamiento de estos.

Al implementar los diferentes aislamientos se logró incrementar el confort térmico al interior de los diferentes departamentos. La reducción de requerimiento de W/m^2 se puede observar desde la barra de niveles, ya que antes lo más bajo se encontraba en $30.2 \text{ W}/\text{m}^2$, mientras que ahora está en $12 \text{ W}/\text{m}^2$, y lo más alto requería de $104.5 \text{ W}/\text{m}^2$, y ahora $100 \text{ W}/\text{m}^2$.

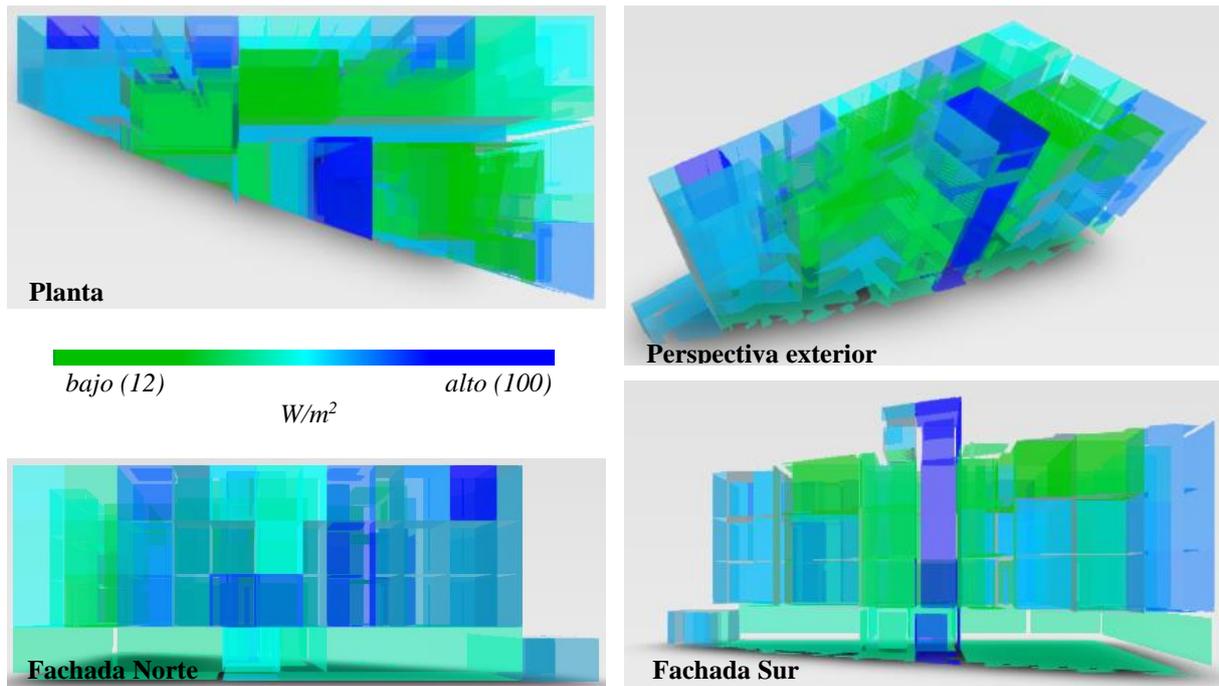


Ilustración 52: Cargas energéticas por calentamiento
Fuente: Elaboración propia

Observando la Ilustración 52, el color azul oscuro es el que consume mayor cantidad de W/m^2 , aunque se reduzca el consumo significativamente, siempre se mostrará la diferencia de colores debido al funcionamiento de la herramienta Insight. Por lo que ahora, en lugar de que el departamento C sea el más afectado, el cubo de escaleras tomó su lugar como el área con peor confort térmico al interior, pero como se mencionó antes, no se consideran cuartos como escaleras, baños y clósets.

El mayor avance fue la recámara 1 del departamento tipo C, que dejó de ser la habitación con peor confort, ya que bajó de $108.78 W/m^2$ a $78.24 W/m^2$. Mientras que las dos recámaras 2 de los departamentos tipo A y D se mantienen prácticamente igual, bajando de aproximadamente $85 W/m^2$ a $82 W/m^2$.

Así como en las cargas para calentar los departamentos, para el enfriamiento, las escaleras pasan a ser el área con peor confort. La Ilustración 53 muestra este apartado. Mientras que los departamentos tipo A y D, recámara 2 se mantienen igual en aproximadamente $52 W/m^2$. La recámara del departamento B' baja considerablemente, de $57.93 W/m^2$ a $39.65 W/m^2$. Y del departamento tipo C, la recámara 1 baja de $67.64 W/m^2$ a $53.93 W/m^2$ y la recámara 2 de 46.6

W/m^2 a $40.37 W/m^2$. Bajando también las demás áreas, principalmente en el departamento tipo A, a aproximadamente $16 W/m^2$.

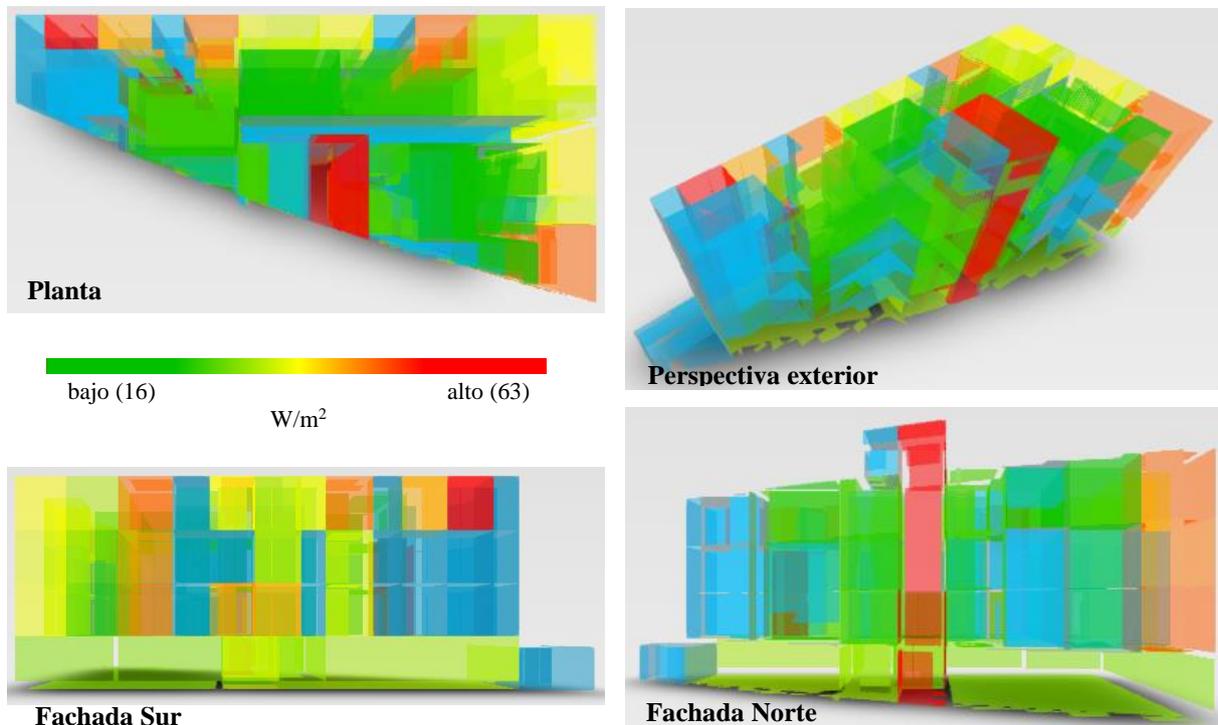


Ilustración 53: Cargas energéticas por enfriamiento
Fuente: Elaboración propia

Obteniendo una reducción en el consumo total de $49 kWh/m^2/año$ (22%), ya que el análisis inició en $223 kWh/m^2/año$ (100%), y bajó a $174 kWh/m^2/año$ (78%) después de implementar las estrategias de aislamiento térmico. Cuando ASHRAE 90.1 especificaba $186 kWh/m^2/año$ como la línea base para este proyecto, por lo que se cumple con el objetivo de este indicador de manera adecuada.

Iluminación natural

El segundo indicador que fomenta la reducción en el consumo de energía eléctrica es la **iluminación natural** en lugar de la artificial. Para cumplir con el indicador de iluminación natural se consideraron dos cambios, el primero es asegurarse que los parasoles utilizados para reducción de conducción temperatura en el indicador de confort térmico permitieran el paso de luz, así como la modificación para que el usuario pueda ajustar el nivel de iluminación a su

gusto; y segundo, modificaciones en las dimensiones de las ventanas debido al indicador de ventilación natural.

Tras considerar lo anterior, se corrió nuevamente el programa para analizar y comprobar que exista una buena cantidad de iluminación natural, con los parámetros LEED v4 EQc7 opción 2, con el propósito de obtener una luminosidad interior anual entre 300 y 3,000 lux.

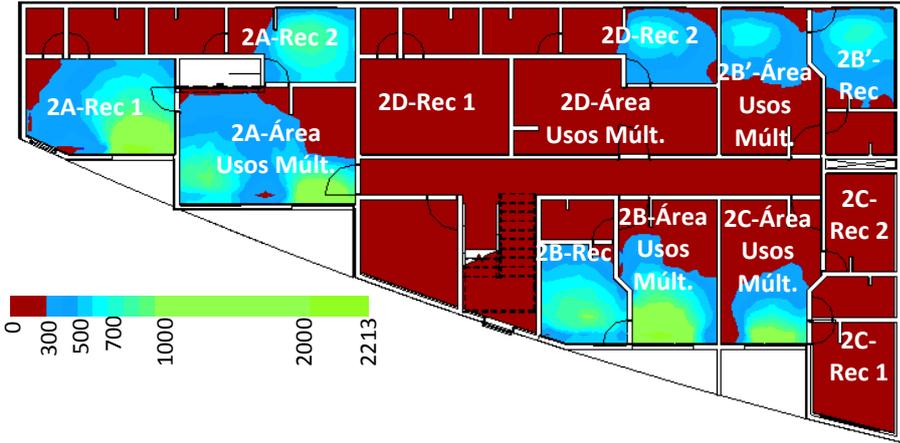


Ilustración 54: Análisis de iluminación Nivel 02
Fuente: Elaboración propia

Debido a que anteriormente se definió al segundo nivel como el peor de los tres se pasa directamente a ese nivel, como se muestra en la Ilustración 54.

Nuevamente se establecen las áreas donde no es posible contar con iluminación natural a través de ventanas, que son la recámara 2 del departamento tipo C, y la recámara 1 y área de usos múltiples del departamento tipo D, mientras que la recámara 1 del tipo C se vuelve dinámico al contar con los parasoles.

Para lograr una mejor comprensión, se inserta la Tabla 28 con la información obtenida del análisis, en cuanto al porcentaje del área en cada espacio que se encuentra dentro de los lux requeridos en el indicador, con el objetivo de obtener un promedio y analizar si es posible llegar al mínimo para la obtención del indicador.

Tabla 28: Porcentajes de área en cumplimiento con requerimiento de lux

Tipo de departamento	Cuartos	Porcentaje 9:00 am	Porcentaje 3:00 pm	Promedio
A	Área de usos múltiples	72%	78%	75%
	Recámara 1	88%	82%	85%
	Recámara 2	79%	77%	78%
B	Área de usos múltiples	56%	70%	63%
	Recámara 1	94%	95%	95%
B'	Área de usos múltiples	40%	47%	44%
	Recámara 1	81%	93%	87%
C	Área de usos múltiples	35%	57%	46%
	Recámara 2	54%	70%	62%
			Promedio	70%

Fuente: Elaboración propia

Las principales mejoras se observan en la recámara 1 en el departamento tipo A, puesto que, con el uso de parasoles, también se evita un exceso en el nivel de lux permitidos. Mientras que el incremento de dimensiones en las ventanas también trajo más iluminación a los cuartos ubicados en la fachada sur, mejorando sus porcentajes.

Aun así, en este caso solamente se logró estar dentro del 70% de lux permisibles por los estándares de LEED utilizando únicamente las ventanas disponibles del diseño original, con las dimensiones aumentadas, identificando el otro 30% como inferior de los lux recomendados en ambos horarios; principalmente se debe a la longitud de los departamentos, ya que para las áreas de usos múltiples alargadas como lo son las tipologías B, B' y C, no es posible cumplir con la iluminación en todos los metros cuadrados con ventanas en solamente un extremo.

Como solución para esta situación en donde se presenta falta de luz natural, es posible contemplar el uso de tubos solares para una situación ideal de sustentabilidad. Éstos utilizarán una zona del área de usos múltiples del departamento tipología D para ser trasladarlos, mientras que también se aprovechará la altura de entre piso para implementar plafones y facilitar el traslado de los tubos en cada nivel, y así suministrar la iluminación necesaria a las áreas de usos

múltiples de los departamentos tipo B, B' y C, pero principalmente a la recámara 2 del tipo C y recámara 1 del D que no cuentan con ventanas.

Llegando a través de este método a un mínimo del 75% de metros cuadrados que cumplen con los lux recomendados, incluyendo las áreas que no cuentan con ventanas. Y cumpliendo así con el indicador establecido por LEED en cuanto a iluminación natural.

Ventilación natural

Para cumplir con el indicador de **ventilación cruzada** utilizando la calculadora de Edge, es necesario incrementar el área dónde pueda pasar el aire. Para esto no es necesario aumentar el tamaño de las ventanas, sino que se puede contemplar el cambio de tipo de ventanas corredizas o fijas a abatibles y proyectables, para optimizar su uso.

Aun cuando se realizaron cambios, se toma en cuenta que tiene una ponderación menor a la del confort térmico, por lo que no se sacrifica de manera desmesurada la termicidad por incremento de ventilación natural, logrando una puntuación del 78% en este indicador.

Y como segundo requisito para la **ventilación natural** por CONAVI, se agregan mosquiteros a todas las ventanas que no sean fijas para promover su uso a cambio de aire acondicionado.

Accesibilidad y transporte

Para mejorar la **movilidad al interior**, CONAVI cuenta con un indicador en el que se pide equipar una vivienda para personas con discapacidad, por lo que, en este caso se tomó el Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad para el rediseño del departamento en planta baja. En este se establecen las medidas necesarias para un desplazamiento adecuado, así como puertas de 1.00 m, pasillos de 1.20 m y radios de 1.50 m, aparte de las alturas para el mobiliario, principalmente en cuanto a cocina y baño.

Aunque ya se tiene un diseño definido, a través de una modificación es posible influir en el indicador de **tipologías de departamentos**. Actualmente se cuentan con departamentos de 1 y 2 recámaras, dejando fuera a un mercado que puede ir desde una familia, hasta unipersonales



Ilustración 55: Departamento tipo C modificado

Fuente: Elaboración propia

que deseen compartir el departamento, entonces si se unen los departamentos C y B' se podría obtener un departamento de 3 recámaras, así como se expone en la Ilustración 55. Esto es posible en gran medida debido a que el sistema estructural no se basa en los muros, sino que, en columnas de acero, las cuales no se verían afectadas con esta modificación.

Con esta alteración al diseño, se logra un departamento de 70.77 m², en donde se tienen tres recamaras, dos baños completos, cocina, comedor, área de usos múltiples y terraza.

El último indicador de accesibilidad es **interiores modificables**, en donde las Guías del País Vasco recomiendan establecer paredes que puedan ser fácilmente modificables. En el caso original se tenían muros interiores de block con recubrimiento de yeso, de 10 cm a 15 cm, según fuera su ubicación.

Para cumplir con este indicador, se dejará block de concreto en los muros perimetrales de cada departamento para permitir el anclaje de repisas, muebles, entre otros, además de controlar ruidos entre departamentos distintos; mientras que todos los muros al interior de cada uno de los departamentos serán de tablaroca, incluyendo baños, pero estos contarán con tratamiento especial contra la humedad.

Esto facilitará modificaciones e instalaciones futuras que realice cada residente, así como un incremento en el espacio interior, al reducirse significativamente el grosor de todos los muros, compensando así el incremento de los muros exteriores debido al aislamiento. Como especificaciones para evitar humedades en los baños y cocinas se utilizará material especializado contra hongos y humedades, aparte de un mayor soporte en los muros donde actualmente se encuentre mobiliario fijo o donde se pudiese implementar algún tipo de peso extra, para evitar derrumbes involuntarios.

Si bien existen abundantes posibilidades en cuanto al acomodo y diseño interior de los departamentos, en la Ilustración 56 se muestra un ejemplo de modificaciones que pudiesen llevarse a cabo para adecuar cada espacio según sea la necesidad del usuario. En este caso se acercó el diseño lo más posible a los requerimientos propuestos en los *focus groups* por los usuarios.



Ilustración 56: Interiores modificables
Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, en el departamento tipo A se propone una pequeña mesa cerca de la cocina, y en donde se encontraba la sala y parte de la recámara principal se convierte en un área de usos múltiples, como sala de relajación, juegos o t.v., respetando ambas habitaciones, sus baños completos y la lavandería personal. Para el departamento tipo B se proyectó un diseño tipo Loft, en donde solamente se mantienen los muros de los baños, y la división entre la habitación y el resto del departamento es un mueble el cual cumple con varias funciones. El departamento tipo B' y C se mantienen unidos (como en el indicador anterior), cuenta con tres recamaras, dos baños completos, una amplia cocina, espacio para comedor, y una extensa área de usos múltiples a un lado de la terraza. Y en cuanto al departamento tipo D, la recámara 1 se divide para ubicar una pequeña oficina, pero se amplía su *walk-in* clóset y baño, mientras que el baño de la recámara 2 se convierte en ½ baño; y la recámara 2 se elimina para dar cabida a un área social más holgado, en donde cabe una sala y mesa de comedor grandes.

Con la finalidad de reducir la necesidad de traslados hacia el trabajo, se provee la posibilidad de tener una **oficina en casa** por cada dos recámaras, la cual puede estar ubicada en la sala, comedor, amplio pasillo o una de las recámaras, como es el caso de los departamentos A y D.

Mientras que para los departamentos B, B' y C, se deberá de establecer a través de mobiliario especializado con una mesa plegable, la cual pueda guardarse cuando no se esté utilizando para disponer del espacio libremente.

Financiamiento y mantenimiento

El objetivo de cumplir con el **ahorro mínimo mensual por ecotecnologías** pedido por Infonavit, en el crédito de la Hipoteca Verde, aparte de implementar ecotecnologías para disminuir el impacto al medio ambiente, es también asegurarse de generar un ahorro mensual a cada una de las viviendas.

Según la tipología de los habitantes que se definió anteriormente, se tomó el ejemplo donde se requiere el ahorro más grande, ya que, si se cumple con este, también con los demás. Por lo que se define al derechohabiente con un salario de \$25,000 y edad de 39, obteniendo un ahorro mínimo de \$400 y un monto máximo de crédito específicamente para ecotecnologías definido por INFONAVIT en \$45,897.92.

Entonces, para lograr ese ahorro se seleccionaron las siguientes categorías de ecotecnologías, las cuales ya han sido explicadas como soluciones previamente: paneles y calentadores solares, inodoros, regaderas y llaves de agua de grado ecológico, focos ahorradores LED, aislamiento térmico en muros y captación de agua pluvial. Obteniendo un ahorro mínimo de \$424.00, con la opción de agregar más ecotecnologías y aumentar el ahorro, lo que dependerá de los habitantes, puesto que éstas serían elementos como válvulas, reguladores de agua, aire acondicionado, la estufa y el refrigerador de grado ecológico, con alta eficiencia o bajo consumo.

Como último indicador, las Guías del País Vasco consideran la facilidad para incorporación de **nuevas instalaciones** como servicios de comunicación y domótica, así como equipos de aire acondicionado. Como en este caso ya se consideró la instalación de los diferentes servicios que se pudieran requerir al proporcionar suficientes mangueras para cada tipo de servicio, y en diferentes colores; el único cambio, debido a la modificación en los muros, es que el traslado de estas mangueras será por el plafón.

Por otro lado, el aire acondicionado no estaba considerado, por lo que se presentarán 2 opciones, la primera es dejar las preparaciones, tanto eléctricas como de desagüe para la futura instalación de minisplits, de tal manera que no se requieran hacer ranuras y que existan mangueras desde cada habitación hasta la azotea, en donde se pudiesen instalar los compresores. Dejando apertura para que cada usuario elija el tipo de aparato, cuente con grado ecológico o no.

Como segunda opción, aprovechando el plafón, se considera la instalación de un aire acondicionado central con grado ecológico, en donde cada departamento cuente con un controlador de temperatura, así como sensores de apertura en ventanas y puertas principales, regulando el consumo y desperdicios.

Al respecto conviene decir que, así como se utilizaron factores en el análisis de ahorro monetario por el uso de energías renovables para el consumo energético de áreas comunes (en el apartado de financiamiento), el uso compartido del aire acondicionado sería dividido con el mismo factor, con la intención de repartir equitativamente el consumo de éste.

Cabe recalcar que el análisis de confort térmico interno fue realizado considerando el sistema de enfriamiento y calentamiento que más consumo energético generaba. Por lo que finalmente, al elegir cualquiera de estas dos opciones, el consumo energético para cumplir con el confort interno, no se verá afectado.

6.3.9 Resultados de estrategias sustentables

Después de implementar las estrategias sustentables elegidas para cada uno de los indicadores, con el objetivo de incrementar el nivel de sustentabilidad tanto del conjunto, como de las viviendas, los planos arquitectónicos se vieron modificados de la siguiente manera.

Planta de conjunto

A simple vista la planta de conjunto cambió significativamente, como se puede ver en la Ilustración 57. Esto se debe esencialmente a que ahora la calle interior resalta el adoquín ecológico y que la azotea pasó de ser un área para socialización con 100% de azulejos a estar cubierta principalmente por paneles solares. Mientras que otros elementos que se observan son

los botes de separación de residuos sólidos, la azotea verde, la techumbre con paneles solares y los árboles de la banqueta.

Plantas arquitectónicas

Cabe recalcar que las distancias entre los ejes cambian en comparación con los planos originales, debido a que el incremento en los muros exteriores por el aislamiento, sin embargo, los límites de propiedad siguen siendo los mismos.



Ilustración 57: Planta de conjunto con estrategias
Fuente: Elaboración propia

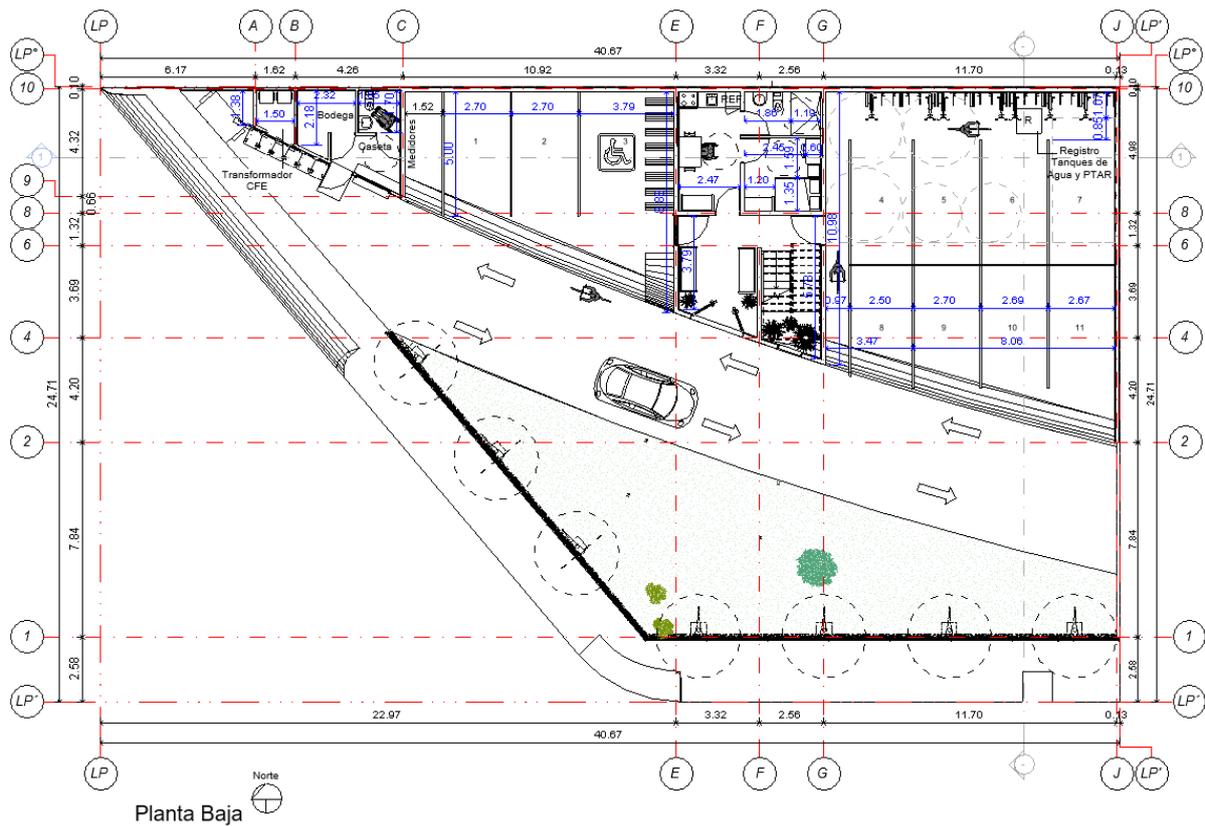


Ilustración 58: Planta baja con estrategias
Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 58 representa la planta baja, comenzando con los cambios observados de afuera hacia adentro: se encuentran los 7 aerogeneradores incluyendo el radio libre que requieren para su correcto funcionamiento, el huerto rodeando el exterior del área verde, así

como el área para gestión de residuos sólidos; después está el área que antes estaba destinada como bodega, pero que ahora también alberga una oficina que puede fungir como caseta y un baño, ambos con mobiliario y medidas accesibles; en cuanto al estacionamiento A se incluyó un cajón para personas con discapacidad, mientras que en el B se destinó espacio para un ciclopuerto vertical, así como un camino para movimientos; por último, el departamento que se modificó para ser accesible.

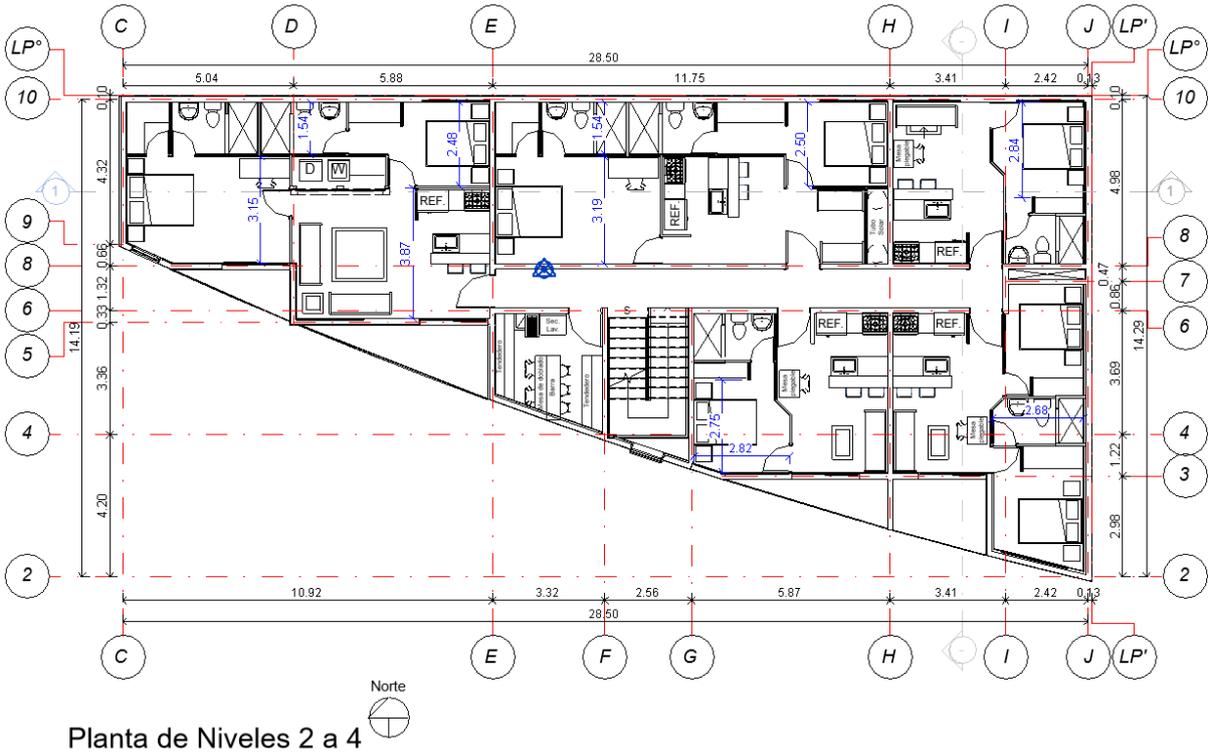


Ilustración 59: Planta de niveles 2 a 4 con estrategias
Fuente: Elaboración propia

En la planta de los niveles 2 al 4, representada en la Ilustración 59, muestra el aumento en el grosor de los muros exteriores debido al aislamiento que se agregó y al mismo tiempo la reducción de los muros interiores al volverse paneles de tablaroca en lugar de blocks, lo que balancea el área de los espacios interiores. También, en los departamentos que no contaban con mesas de trabajo, se agrega la opción de mobiliario plegable para realizar trabajo de oficina desde casa, y en el departamento D se reduce la zona de usos múltiples para agregar los tubos solares que se requieren para mejorar la iluminación natural; y en la lavandería comunal se observan las modificaciones de mobiliario.

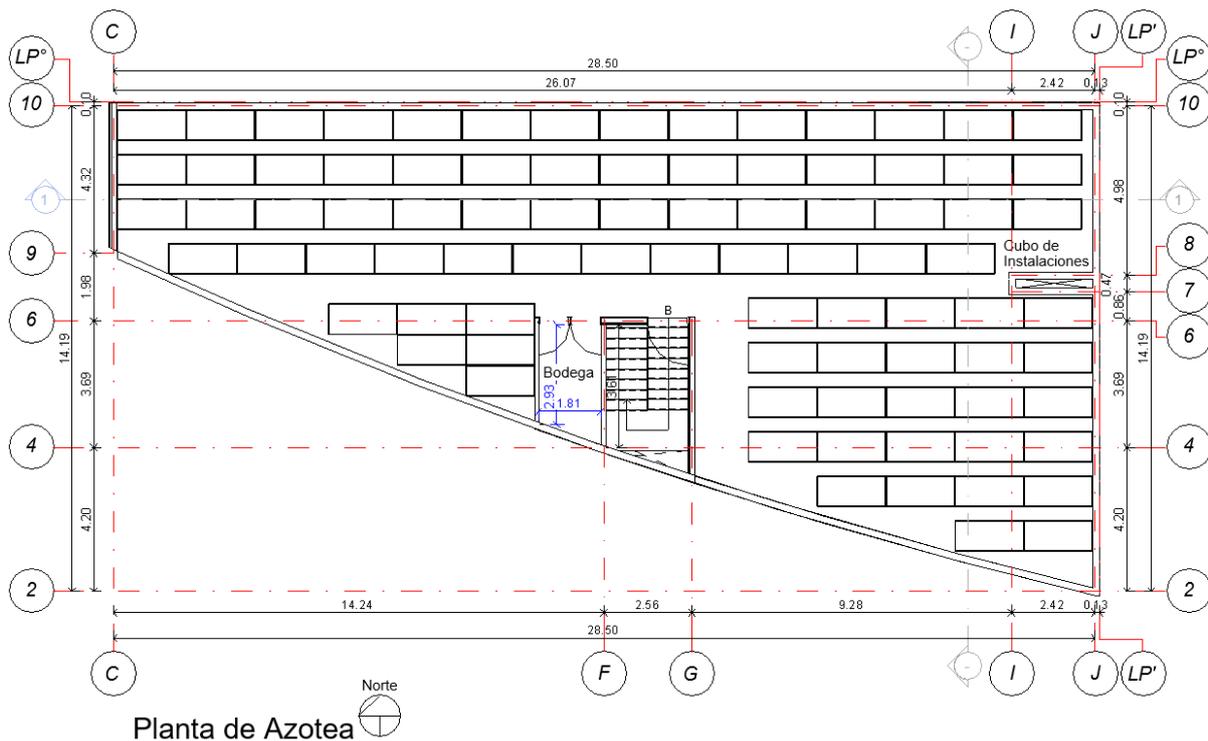


Ilustración 60: Planta de azotea con estrategias
Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 60, donde se presenta la planta de azotea, se encuentra la opción elegida para la distribución de los paneles solares, aunque puede haber diferentes maneras de instalación. Y también, al extremo derecho, se encuentra el cubo de instalaciones, el cual está conectado con los pasillos de cada nivel, facilitando la distribución de todas las instalaciones a través de la edificación, incluyendo los sistemas de tratamiento de agua ubicados en el sótano debajo del estacionamiento B.

Fachadas

Se puede observar en la Ilustración 61 de la fachada Sur la mayoría de las adecuaciones realizadas en el exterior para cumplir con los indicadores; como el arbolado en banqueta, el cual fue escondido durante esta representación gráfica para permitir mostrar el resto del conjunto; también se observa el enrejado rodeando el área verde, que permite visibilidad al interior del conjunto, permitiendo un área más abierta e inclusiva a la comunidad; se muestra el área de gestión de residuos sólidos, el ciclopuerto vertical, y dos elementos para energías renovables, que son los paneles solares en una techumbre sobre el área verde que funge también como sombra, y los aerogeneradores. Mientras que en la edificación se percibe el aumento de

tamaño de las ventanas y puertas de balcones, así como los parasoles sobre algunas de éstas, ubicados en los extremos y al centro.



Ilustración 61: Fachada Sur con estrategias
Fuente: Elaboración propia

En las fachadas Norte y Oeste, mostradas en las ilustraciones 62 y 63 respectivamente, se pueden observar las implementaciones para conseguir energías renovables, como lo son los aerogeneradores y los paneles solares ubicados en el área verde, así como árboles de la banqueta. Aparte del incremento en el tamaño de las ventanas para incrementar la iluminación y ventilación natural en la fachada Sur.



Ilustración 62: Fachada Norte con estrategias
Fuente: Elaboración propia

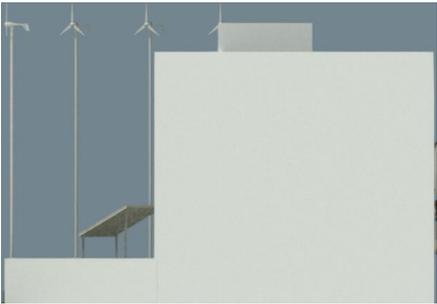


Ilustración 63: Fachada Oeste con estrategias
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 64: Fachada Este con estrategias
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la fachada Este, representada en la Ilustración 64, se muestran prácticamente los mismos elementos que en la fachada Sur, solamente que en este caso se hacen notar mejor los parasoles del área verde, al ver sus rejillas de manera más detallada.

Cortes

Para el corte A-A', mostrado en la Ilustración 65, se establecen algunos cambios, los cuales se mencionarán de izquierda a derecha. Primero, la zona para gestión de residuos sólidos, seguido por el área administrativa adecuada de manera accesible, luego está el departamento también acondicionado para ser accesible, y después el ciclopuerto vertical con una capacidad de 21 bicicletas. Y en general se especifica el incremento en el grosor de los muros exteriores debido al aislamiento, y la reducción de los muros interiores al ser tablaroca.



Ilustración 65: Corte A-A' con estrategias
Fuente: Elaboración propia

Por último, el corte B-B' se expone en la Ilustración 66, donde se observan algunos de los aerogeneradores, así como la parte de atrás de la techumbre que alberga 9 paneles solares. En el estacionamiento se observa el ciclopuerto vertical, con espacio suficiente para realizar los movimientos de guardado, así como un pasillo de movilidad. Para los niveles del 2 al 4 se observa aumento en los muros exteriores, pero no en los interiores, ya que no se representan los cambios de tablaroca. Y, por último, en la azotea se ven algunos paneles solares.

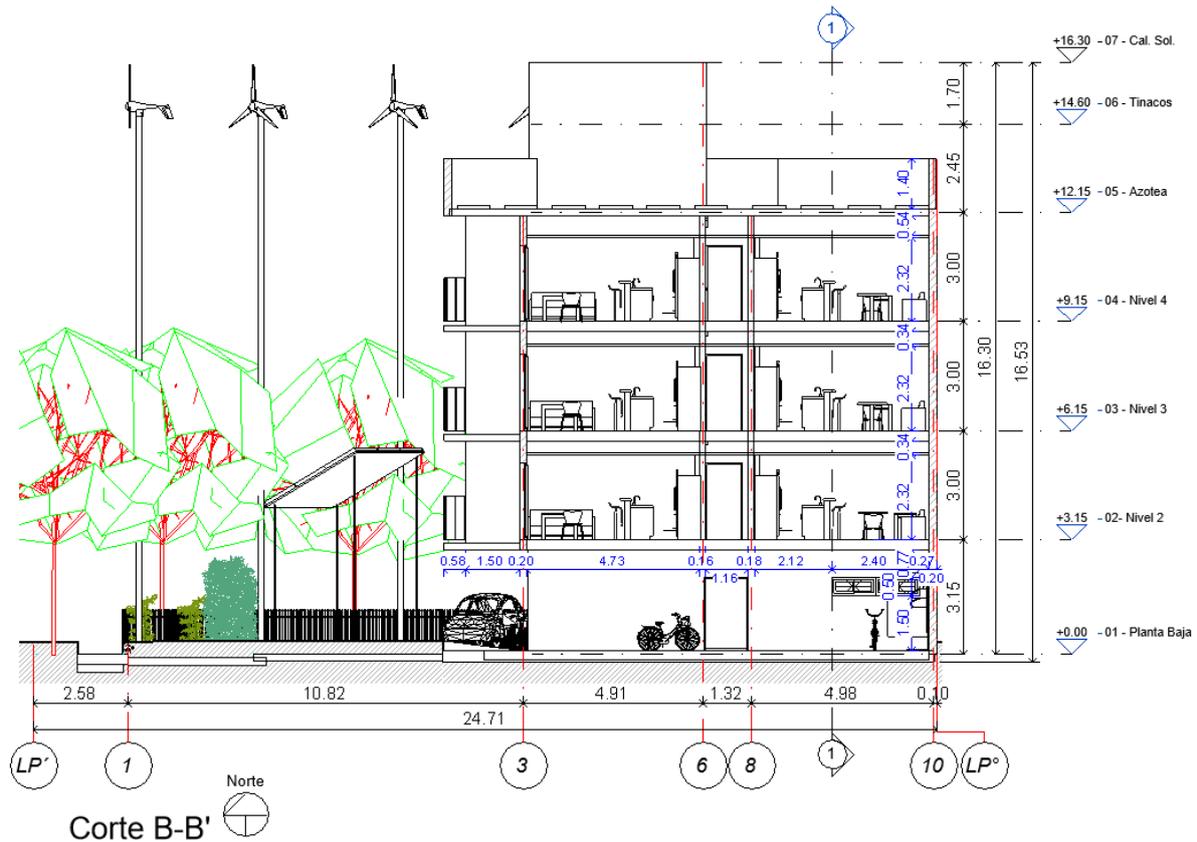


Ilustración 66: Corte B-B' con estrategias
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Tabla 29 se puede observar el resumen de las estrategias de sustentabilidad que se implementaron para llegar al 100% de sustentabilidad, tomando en cuenta el contexto de la ZMM y los usuarios. Aunque el 1% que no se logró es debido a la ubicación y a un factor del diseño original, el cual se decidió no cambiar para respetar el proyecto. Aun así, se logró subir el 57% utilizando diferentes estrategias para cada uno de los indicadores.

Tabla 29: Resumen de estrategias

Ámbito de la sustentabilidad	Categoría	Antes		Con Estrategias	
		Conjunto	Viviendas	Conjunto	Viviendas
		Ponderación		Ponderación	
Ambiental (33%)	Energía	1.31 de 4	2.67 de 4	4.00 de 4	3.90 de 4
	Ubicación / Transporte	3.00 de 3	-	3.00 de 3	-
	Materiales	2.67 de 3	-	3.00 de 3	-
	Sitio / Suelo	2.48 de 3	-	2.48 de 3	-
	Vegetación	1.88 de 3	-	3.00 de 3	-
	Agua	1.23 de 4	4.00 de 4	4.00 de 4	4.00 de 4
Porcentaje		21%	28%	32%	33%
Social (33%)	Áreas comunes	1.94 de 3	-	3.00 de 3	-
	Sociedad / Comunidad	0.00 de 3	-	3.00 de 3	-
	Accesibilidad	0.40 de 4	0.89 de 4	4.00 de 4	4.00 de 4
	Transporte	0.00 de 3	0.00 de 2	3.00 de 3	2.00 de 2
Porcentaje		6%	5%	33%	33%
Económico (33%)	Financiamiento	0.00 de 3	0.92 de 4	3.00 de 3	4.00 de 4
	Mantenimiento	0.44 de 3	0.00 de 3	2.69 de 3	3.00 de 3
Porcentaje		15%	10%	32%	33%
Sub-Total (Conjunto y Viviendas) (100% c/u)		42%	43%	97%	100%
Total (Proyecto) (100%)		42%		99%	

Fuente: Elaboración propia

6.4 Factibilidad y validación

Se propusieron tres escenarios prospectivos en los cuales se implementen las diferentes estrategias, tomando en cuenta el contexto. En el primero permanecen exclusivamente las estrategias básicas y que en esencia forman parte de la estructura o que requerirían de alteraciones costosas si no se consideran desde un inicio, dejando las preparaciones necesarias para la futura aplicación de las estrategias faltantes; el segundo serán circunstancias intermedias entre el primero y el tercero; y el tercero es el ambiente ideal donde se implementan todas las estrategias.

El objetivo es conocer la viabilidad financiera de las mejoras ambientales y sociales que se pueden obtener en cada uno de los escenarios propuestos para validar la propuesta con los

usuarios pertenecientes al mercado meta y posteriormente analizar la factibilidad económica que tendrían las tres mismas situaciones.

Al obtener los resultados se pueden calcular las mejoras que tendría la implementación de los diferentes escenarios en las edificaciones con características similares proyectadas toda la ZMM.

Finalmente se crea una proyección a futuro con los alcances de la propuesta a una escala metropolitana, en donde se observan los resultados del uso de la matriz de indicadores sustentables aplicados en todas las edificaciones, para así disminuir el consumo de agua, de energía y las emisiones de CO₂ eq.

En el ‘Anexo 3’ se puede encontrar la matriz de indicadores en la que se basarán los escenarios mencionados anteriormente. Los indicadores con los que ya se cumplía no se encuentran marcados con ningún color, los que se cumplió en un 100% se marcaron con verde, mientras lo que no se logró cumplir se marcaron con naranja.

6.4.1 Validación de usuarios y definición de escenarios

Con el fin de corroborar que la implementación de las estrategias sustentables va de acuerdo con los usos, cultura, estilo de vida, gustos y expectativas de los usuarios, se realizó una dinámica participativa con los mismos participantes que asistieron a los *focus groups*, donde se obtuvo su opinión en cuanto a los resultados obtenidos con las estrategias.

A partir de esta información, en conjunto con la ponderación de las estrategias por parte de los expertos, se definieron los tres escenarios de sustentabilidad que se pudieran implementar para lograr diferentes niveles de sustentabilidad.

El primer escenario tiene un nivel de sustentabilidad de mínimo 50%, con indicadores considerados como los más relevantes para los expertos y usuarios, estrategias que todas las viviendas sustentables deberían de tener; el escenario ideal cuenta con indicadores que llevarían a la vivienda a ser 100% sustentable, que serían deseables para los expertos, pero utópicas para los usuarios sin algún subsidio o apoyo gubernamental; por último, el escenario medio es el balance entre los dos mencionados anteriormente.

En la Tabla 30 se muestra qué estrategias se encuentra en cada uno de los escenarios definidos previamente.

Tabla 30: Escenarios prospectivos de sustentabilidad

	Básico	Medio	Ideal
Indicadores en los que concuerdan usuarios y expertos	1. Focos ahorradores 2. Medición de consumo de energía por zona o departamento 3. Medición de consumo de agua por zona o departamento 15. Transporte público cercano 16. Tienda de abasto cercana 21. Estacionamiento para discapacitados 22. Mobiliario accesible 23. Baños y cambiadores con mobiliario accesible 24. Movilidad al interior 28. Diseño para fácil mantenimiento	20. Lavandería comunal 31. Reducción de isla de calor 34. Tipología de departamentos 36. Nuevas instalaciones	9. No exceder espacios de estacionamiento establecidos por municipio 18. Conservar árboles existentes 35. Oficina en casa 38. Iluminación natural 39. Ventilación natural 44. Planta de tratamiento de agua residual 45. Filtros de agua
Indicadores por respuesta promedio	6. Calentador de agua solar 8. Bomba de agua ahorradora 10. Pintura sin contaminantes 11. Cerámicos sin contaminantes 29. Ahorro mínimo mensual por ecotecnologías 30. Limpieza e higiene 32. Movilidad al exterior 43. Reducción de uso de agua externo 46. Reducción de uso de agua interno 48. Área de socialización 49. Espacios sociales cercanos 50. Áreas comunes 51. Accesibilidad al público 52. Diversidad de usos e infraestructura 53. Densificación 54. Zona de alta densidad 55. Sitio de alta prioridad	4. Energías renovables (paneles solares) 7. Área de secado de ropa 13. Ahorro de energía en alumbrado exterior 14. Ahorro de energía en alumbrado interior 17. Materiales locales 25. Valor patrimonial 26. Separación de residuos 27. Ciclopuerto 33. Interiores modificables 37. Confort interno 41. Captación de agua pluvial	5. Energías renovables (aerogeneradores) 12. Madera certificada 19. Huerto urbano 40. Impacto hidrológico cero 42. Azotea verde 47. Cubierta vegetal
Porcentaje de sustentabilidad según indicadores de cada escenario	54%	87%	100%

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Factibilidad ambiental

A partir de esta información, se establece el impacto ambiental que tendría una edificación con estas características para la sustentabilidad. Como se muestra en la Tabla 31 el ahorro económico de agua es poco en comparación con la cantidad de litros reutilizados, mientras que el ahorro energético figura una cantidad representativa tanto en kilowatts hora y CO₂ eq, como en el aspecto económico. Finalmente, se simbolizan los consumos de CO₂ eq en árboles adultos necesarios para compensar las emisiones generadas.

Para el ahorro de agua habría que otorgar mayor importancia al ‘costo ambiental’ que, a la remuneración económica, ya que el ahorro monetario representa meramente un porcentaje simbólico ante la inversión de las estrategias en cada uno de los escenarios.

El ahorro energético sí representa un porcentaje mayor para la inversión, lo que se utilizará para realizar diferentes ejercicios de inversión y pago de créditos en el siguiente apartado ‘Factibilidad económica’. Aparte del ahorro económico, también es posible comparar los beneficios con la cantidad de CO₂ equivalente que se pudiese evitar emitir al implementar las estrategias de cada escenario.

También se consideró un ahorro por transporte basado en el análisis de sitio y ubicación, donde se estima que no se utilice el automóvil en un radio de 3 km. Para este cálculo se toma la ‘Calculadora de Emisiones para el Registro Nacional de Emisiones’ (2019) de Registro Nacional de Emisiones (RENE).

Tabla 31: Impacto ambiental

Escenario	Nivel de sustentabilidad (% según matriz)	Ahorro anual de agua	Ahorro anual energético	Ahorro anual por transporte
Básico	54%	285,178 L 0.23 ton CO ₂ eq 1 árbol \$ 2,548	12,996 kWh 5.00 ton CO ₂ eq 11 árboles \$ 34,718	
Medio	87%	440,924 L 0.35 ton CO ₂ eq 1 árbol \$ 3,950	151,329 kWh 58.26 ton CO ₂ eq 128 árboles \$ 383,676	85.23 ton CO ₂ eq 170 árboles \$ 28,767
Ideal	100%	644,378 L 0.51 ton CO ₂ eq 1 árbol \$ 5,991	242,006 kWh 93.17 ton CO ₂ eq 205 árboles \$ 640,739	

Fuente: Elaboración propia con datos de RENE, SADM y CFE

En el año 2018 en la ZMM se registraron 38,714 viviendas, de las cuales el 3.94% fueron verticales, más del 1% que en el 2017 (RUV, 2019). Para la proyección a nivel metropolitano, a esta cantidad se le restan las viviendas que no sean similares al proyecto, por lo que se eliminan las que sean mayores a 80 m² y con clase de vivienda Económica, Popular 128, Popular 158, Residencial y Residencial Plus; dando un total de 181 viviendas registradas con características semejantes a las de la propuesta. Por lo que se establecen 11 conjuntos de 16 viviendas, número obtenido para realizar el cálculo de este ejercicio.

Si tomamos el análisis del impacto ambiental de la Tabla 31 y lo multiplicamos por los conjuntos registrados con características similares, se obtiene la cantidad total de ahorro en agua y energía, así como las emisiones de CO₂ eq que se estarían reduciendo en caso de implementar los indicadores en sus diferentes escenarios como reglamento a nivel estatal, mostrados en la Tabla 32.

Desde antes del año 2000 los niveles de PM2.5 y PM10 han estado por encima del límite establecido por Normas Mexicanas. De todas las emisiones de contaminantes, el sector habitacional se encuentra en la fuente de donde provienen la mayor cantidad de PM10 y la segunda en PM2.5. Además, la generación de energía eléctrica es de las principales causantes

de emisiones de contaminantes PM2.5, lo que se puede prevenir al disminuir el consumo energético. Mientras que el transporte es el primer emisor de CO, lo que contribuye a la generación de partículas contaminantes; según los criterios ponderados por ProAire la medida de reducción de emisiones provenientes de vehículos automotores tiene el mayor impacto en la calidad ambiental, por lo que los indicadores relacionados a este factor son de gran relevancia. (Pro Aire N.L., 2016).

En la ZMM se producen 16.6 megatoneladas (Mt) anuales de CO₂ eq provenientes de diferentes fuentes (Jiborn, M., Kanemoto, K., Moran, D., Seto, K., Többen, J., Wood, R., 2018), por lo que en la Tabla 32, se incluye el porcentaje que representan los ahorros de agua, energéticos y transporte ante la producción total de emisiones anuales. En el escenario básico se dejaría de emitir el 0.006% de lo que actualmente se produce, en el medio el 0.010% y en el ideal 0.013%. Pero el resto del porcentaje de CO₂ eq se deberá de disminuir con acciones estratégicas de mitigación relacionadas a otras fuentes, como lo son las industriales, comerciales y de servicios, y/o gestión de transporte público, además de estrategias para vivienda con características diferentes a las de este proyecto, ya sea vertical u horizontal.

Tabla 32: Impacto ambiental de propuesta a nivel metropolitano

Escenario	Nivel de sustentabilidad (% según matriz)	Ahorro anual de agua	Ahorro anual energético	Ahorro anual por transporte
Básico	54%	3,229,061 L 2.55 ton CO ₂ eq 0.00002% 11 árboles	147,153 kWh 56.64 ton CO ₂ eq 0.0004% 125 árboles	
Medio	87%	4,992,567 L 3.94 ton CO ₂ eq 0.00002% 11 árboles	1,713,493 kWh 659.70 ton CO ₂ eq 0.004% 1,449 árboles	942.64 ton CO ₂ eq 0.006% 1,925 árboles
Ideal	100%	7,296,270 L 5.75 ton CO ₂ eq 0.00004% 11 árboles	2,740,226 kWh 1,054.98 ton CO ₂ eq 0.007% 2,321 árboles	

Fuente: Elaboración propia

Al formar parte de un pequeño porcentaje del total de las viviendas en la ZMM, los números que actualmente representa este proyecto no conllevan un impacto importante en la reducción de la contaminación ambiental. Pero, según las proyecciones de vivienda para los próximos años la vivienda vertical seguirá en incremento; e inclusive se puede observar el aumento en su registro donde del año 2017 al 2018 pasó de 2.36% a 3.94%, obteniendo un crecimiento de 1.58% (RUV, 2018). Por lo que es importante estar preparados con un plan estratégico el cual promueve el mejoramiento de los impactos que conllevan los desarrollos de vivienda vertical.

6.4.3 Factibilidad económica

Con base en los tres escenarios que se definieron anteriormente, así como también las opiniones de los usuarios en cuanto a tiempos y porcentajes de inversión para implementación de estrategias sustentables, se realizan las propuestas financieras respectivas a corto, mediano y largo plazo, para obtener el periodo de retorno de inversión, así como el plan de mantenimientos que se deberá llevar a cabo para seguir cumpliendo con la eficiencia de las estrategias que sean implementadas, por ejemplo, como lo requieren los paneles solares.

El presupuesto se desarrolló por medio de la cuantificación arrojada del modelo 3D que se realizó en un inicio para los diferentes cálculos de las estrategias implementadas, utilizando el programa de Revit. Los costos se obtuvieron a través de Cámara Mexicana de Ingeniería de Costos (CMIC) y experiencia profesional y únicamente se consideran las partidas de construcción, sin tomar en cuenta utilidades o permisos. Los resultados se muestran en la Tabla 33, mientras que el desglose del presupuesto se encuentra en el ‘Anexo 4’.

Al tener diferentes estrategias sustentables en cada uno de los escenarios, el presupuesto va en aumento, incluyendo el terreno debido a la ubicación céntrica. Anteriormente ya se había mencionado el costo del predio seleccionado para el proyecto, basado en un análisis propio. Aunado a esto, se toma en cuenta un estudio realizado por el equipo de ‘Metros Cúbicos’ (2016), donde establecieron el precio promedio por metro cuadrado de un terreno en el municipio de Monterrey, en la zona Cumbres en \$6,796.57, mientras que el máximo se definió en \$11,400, misma cantidad que se obtuvo del estudio propio.

Los terrenos en la periferia del municipio cuentan con precios más bajos, pero no disponen de las características de ubicación necesarias para este proyecto, así como la densificación y

cercanía a diversos usos, servicios e infraestructura. Por lo que se utiliza el costo promedio de costo por metro cuadrado de \$6,796.57 para el presupuesto original y el de \$11,400 para el proyecto sustentable.

Tabla 33: Resumen del presupuesto

no.	descripción	porcentaje construcción	sub-total original		sub-total sust. Básico	diferencia básico
1	Terreno	45%	\$ 5,082,950.81	53%	\$ 8,525,718.00	-\$ 3,442,767.19
2	Preliminares	4%	\$ 466,979.80	3%	\$ 466,979.80	\$ -
3	Edificación	31%	\$ 3,530,391.85	24%	\$ 3,885,530.03	-\$ 355,138.18
4	Plomería	6%	\$ 649,248.52	4%	\$ 703,017.66	-\$ 53,769.14
5	Eléctrico	3%	\$ 354,247.36	8%	\$ 1,294,381.92	-\$ 940,134.56
6	Puertas	2%	\$ 250,018.94	2%	\$ 249,583.45	\$ 435.49
7	Ventanas	2%	\$ 247,961.56	2%	\$ 250,719.56	-\$ 2,758.00
8	Mobiliario	6%	\$ 635,265.35	4%	\$ 654,208.17	-\$ 18,942.83
sub-total (sin terreno)			\$ 6,134,113.38		\$ 7,504,420.60	-\$ 1,370,307.21
total		100%	\$ 11,217,064.19		\$ 16,030,138.60	-\$ 4,813,074.41

no.	descripción	porcentaje construcción	sub-total original		sub-total sust. Medio	diferencia medio
1	Terreno	45%	\$ 5,082,950.81	51%	\$ 8,525,718.00	-\$ 3,442,767.19
2	Preliminares	4%	\$ 466,979.80	3%	\$ 466,979.80	\$ -
3	Edificación	31%	\$ 3,530,391.85	25%	\$ 4,155,325.22	-\$ 624,933.37
4	Plomería	6%	\$ 649,248.52	4%	\$ 722,352.66	-\$ 73,104.14
5	Eléctrico	3%	\$ 354,247.36	9%	\$ 1,534,731.22	-\$ 1,180,483.85
6	Puertas	2%	\$ 250,018.94	2%	\$ 249,583.45	\$ 435.49
7	Ventanas	2%	\$ 247,961.56	2%	\$ 260,661.28	-\$ 12,699.72
8	Mobiliario	6%	\$ 635,265.35	4%	\$ 710,016.87	-\$ 74,751.53
sub-total (sin terreno)			\$ 6,134,113.38		\$ 8,099,650.51	-\$ 1,965,537.12
total		100%	\$ 11,217,064.19		\$ 16,625,368.51	-\$ 5,408,304.32

no.	descripción	porcentaje construcción	sub-total original		sub-total sust. Ideal	diferencia ideal
1	Terreno	45%	\$ 5,082,950.81	49%	\$ 8,525,718.00	-\$ 3,442,767.19
2	Preliminares	4%	\$ 466,979.80	3%	\$ 466,979.80	\$ -
3	Edificación	31%	\$ 3,530,391.85	25%	\$ 4,318,638.72	-\$ 788,246.86
4	Plomería	6%	\$ 649,248.52	6%	\$ 1,016,753.22	-\$ 367,504.70
5	Eléctrico	3%	\$ 354,247.36	10%	\$ 1,837,311.65	-\$ 1,483,064.28
6	Puertas	2%	\$ 250,018.94	2%	\$ 304,559.86	-\$ 54,540.92
7	Ventanas	2%	\$ 247,961.56	2%	\$ 311,413.27	-\$ 63,451.71
8	Mobiliario	6%	\$ 635,265.35	4%	\$ 735,616.87	-\$ 100,351.53
sub-total (sin terreno)			\$ 6,134,113.38		\$ 8,991,273.39	-\$ 2,857,160.00
total		100%	\$ 11,217,064.19		\$ 17,516,991.39	-\$ 6,299,927.20

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre el presupuesto original y el escenario básico es de 43%, después aumenta a 48% en el medio y luego a 56% en el ideal. Durante los tres escenarios el terreno representó un porcentaje alrededor del 50%, esto es principalmente a que se buscó una ubicación céntrica en lugar de los alrededores; por lo que se deberá buscar contrarrestar este sobrecosto de alguna manera, incluyendo subsidios que pudiese otorgar el gobierno.

Después del terreno, el bloque 5 llamado ‘eléctrico’ fue el que mayor elevación de costos tuvo, y no solamente porque se incluyen elementos como paneles solares y aerogeneradores, sino que desde un inicio se buscó cambiar el tipo de focos y luminarias a unas más eficientes, lo que genera un aumento en el costo de aquellos conceptos.

Luego, en el bloque 4 de ‘plomería’ también se observa un aumento en el sub-total, esto se debe a los cambios en calentadores de agua y algunos accesorios sanitarios, pero principalmente se concentra en la implementación de los filtros de agua pluvial, planta de tratamiento de aguas residuales y, por lo tanto, en incrementos en el número de cisternas y tinacos para separación de los diferentes tipos de agua resultantes de diversos tratamientos.

Al tomar en consideración el apartado de factibilidad ambiental, se puede obtener una conclusión previa en donde el escenario medio se convierte en la mejor opción para este tipo de proyecto, ya que la diferencia económica con el escenario básico es tan solo del 5%, mientras que los beneficios ambientales sí aumentan considerablemente. La diferencia entre el ideal y el básico se encuentra en 13%, volviendo más difícil el contrarrestar los sobrecostos de las estrategias sustentables.

A partir de los resultados del presupuesto en los diferentes escenarios se generaron también los resultados de la Tabla 34. Donde se establece el costo por metro cuadrado de construcción, por departamento e inclusive por tipología de departamento según los metros cuadrados de cada uno y la disponibilidad de balcón.

Tabla 34: Costo por metro cuadrado de construcción

		original	sust. Básico	sust. Medio	sust. Ideal
por m ² de construcción (sin terreno)	1068.8	\$ 5,739.25	\$ 7,021.35	\$ 7,578.27	\$ 8,412.49
por m ² de construcción		\$ 10,495.01	\$ 14,998.26	\$ 15,555.17	\$ 16,389.40
por departamento (sin terreno)	16	\$ 383,382.09	\$ 469,026.29	\$ 506,228.16	\$ 561,954.59
por departamento		\$ 701,066.51	\$ 1,001,883.66	\$ 1,039,085.53	\$ 1,094,811.96
por departamento según m ²	1				
A - 72 m ²	3	\$ 1,225,451.57	\$ 1,751,274.50	\$ 1,816,302.70	\$ 1,913,711.49
B - 27 m ²	3	\$ 464,474.71	\$ 663,773.85	\$ 688,421.06	\$ 725,341.26
B' - 27 m ² (sin balcón)	4	\$ 278,684.82	\$ 398,264.31	\$ 413,052.63	\$ 435,204.75
C - 43 m ²	3	\$ 736,325.02	\$ 1,052,271.07	\$ 1,091,343.92	\$ 1,149,872.98
D - 55 m ²	3	\$ 941,190.33	\$ 1,345,041.02	\$ 1,394,984.98	\$ 1,469,798.39

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la información de las Tablas 33 y 34 se realizó un ‘ejercicio’ financiero en donde se muestra la opción de crédito para los posibles usuarios que deseen adquirir un departamento de este tipo, sin considerar utilidades, honorarios o permisos.

Se estiman los pagos fijos de un crédito con financiamiento del 100% a 10, 15 y 20 años, con una tasa de 12% anual y 8% de gastos adicionales, ilustrando también los ahorros en servicios de luz y agua generados por las estrategias de cada uno de los escenarios, así como se muestra en la Tabla 35.

Los ahorros en los consumos de servicios eventualmente traen una mayor liquidez al acreditado, puesto que es un gasto menos del cual preocuparse. Para obtener un promedio lo más cercano a la realidad, estos ahorros se calcularon según las condiciones bioclimáticas reales que permiten ciertos ahorros. Por ejemplo, los milímetros de lluvia anuales para captación pluvial, los días con suficiente radiación solar para utilizar los paneles solares y el viento para los aerogeneradores.

Tabla 35: Opción de crédito para usuarios

plazo de crédito		original	sust. Básico	sust. Medio	sust. Ideal
10 años	mensualidades	\$ 10,058.27	\$ 14,374.12	\$ 14,907.86	\$ 15,707.37
	suma de mensualidades	\$ 1,206,992.13	\$ 1,724,894.39	\$ 1,788,943.04	\$ 1,884,884.53
	gastos adicionales	\$ 56,085.32	\$ 80,150.69	\$ 83,126.84	\$ 87,584.96
	monto total a pagar	\$ 1,263,077.45	\$ 1,805,045.08	\$ 1,872,069.88	\$ 1,972,469.48
	consumo de servicios de luz y agua	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62
	ahorro mensual en consumo de luz y agua	\$ -	\$ 194.09	\$ 2,018.89	\$ 3,368.38
	mensualidad más servicios de luz y agua	\$ 11,554.89	\$ 15,676.65	\$ 14,907.86	\$ 15,707.37
	mensualidades	\$ 8,413.98	\$ 12,024.29	\$ 12,470.77	\$ 13,139.58
	suma de mensualidades	\$ 1,514,515.75	\$ 2,164,371.79	\$ 2,244,739.08	\$ 2,365,125.03
	gastos adicionales	\$ 56,085.32	\$ 80,150.69	\$ 83,126.84	\$ 87,584.96
monto total a pagar	\$ 1,570,601.07	\$ 2,244,522.49	\$ 2,327,865.93	\$ 2,452,709.99	
15 años	consumo de servicios de luz y agua	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62
	ahorro mensual en consumo de luz y agua	\$ -	\$ 194.09	\$ 2,018.89	\$ 3,368.38
	mensualidad más servicios de luz y agua	\$ 9,910.60	\$ 13,326.82	\$ 12,470.77	\$ 13,139.58
	mensualidades	\$ 7,719.35	\$ 11,031.60	\$ 11,441.23	\$ 12,054.82
	suma de mensualidades	\$ 1,852,643.08	\$ 2,647,584.50	\$ 2,745,894.41	\$ 2,893,157.45
	gastos adicionales	\$ 56,085.32	\$ 80,150.69	\$ 83,126.84	\$ 87,584.96
	monto total a pagar	\$ 1,908,728.40	\$ 2,727,735.19	\$ 2,829,021.25	\$ 2,980,742.40
	consumo de servicios de luz y agua	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62	\$ 1,496.62
	ahorro mensual en consumo de luz y agua	\$ -	\$ 194.09	\$ 2,018.89	\$ 3,368.38
	mensualidad más servicios de luz y agua	\$ 9,215.97	\$ 12,334.14	\$ 11,441.23	\$ 12,054.82

Fuente: Elaboración propia

El plazo del crédito dependerá meramente de una decisión personal que tengan los usuarios o compradores de los departamentos. Lo que sí se puede definir es que el escenario medio es mejor que el básico, ya que la diferencia del monto a pagar es mínima, mientras que los ahorros mensuales en el consumo de luz y agua se verán reflejados al momento de no requerir su pago, y por lo tanto la liquidez del usuario aumenta. En cuanto al escenario ideal, es más caro que el medio, pero sigue siendo una mejor opción que el básico, puesto que solamente aumente un pequeño porcentaje en los pagos mensuales al contrarrestar el aumento en el costo con el ahorro en servicios de agua y luz.

Si se relacionan las respuestas de los usuarios en el apartado ‘6.1.4 Encuesta (validación de usuarios)’ de este trabajo, en cuanto a inversión en sustentabilidad, se retoman tres preguntas en específico. La primera son los años que esperarían antes de realizar una segunda inversión para implementar estrategias sustentables, donde las respuestas se inclinaron por ‘1 a 10 años’, por lo que para este ejercicio se toma la opción de crédito a 10 años. La segunda es el porcentaje que estarían dispuestos a invertir, optando por el 10% de la inversión inicial más lo ahorrado en servicios por las estrategias sustentables. En la tercera pregunta un porcentaje de los usuarios opta por invertir más del 25% o 30% del sueldo a su vivienda, si esto significa que fuese sustentable.

Con base en lo anterior, se realiza un ejercicio para verificar la viabilidad de la compra de un departamento en el escenario medio según las respuestas de los usuarios. Primero se considera que los usuarios ahorran el 10% de la inversión inicial del presupuesto original, que es \$70,106.65. A esto se le suman \$242,266.25 de 10 años de ahorro en servicios de luz y agua según el escenario medio. Dando como resultado \$312,372.91, cifra que cubre casi por completo la diferencia entre el presupuesto original y el del escenario medio, lo que deja tan solo \$25,646.11 como extra a considerar para los usuarios que, según sus respuestas, sí están dispuestos a invertir más a su vivienda si eso conlleva que sea sustentable. Por lo que se deduce que la inversión para el escenario medio es casi la misma que en el original, a excepción del excedente mencionado.

Por lo que se establece la viabilidad económica en este tipo de circunstancia, avalado por los usuarios a los que va dirigido el proyecto. Sin mencionar que existe también la posibilidad de que se publicite para inversionistas externos.

Retorno de inversión y punto de equilibrio

Como se mencionó en el apartado ‘1.1.4 Sector inmobiliario’ de este trabajo, el Grupo 4S y la revista Forbes mencionan que la demanda de vivienda vertical en la ZMM continúa en aumento, un ejemplo es el incremento que hubo del año 2017 a 2018 de 7% (Forbes, 2018). Ahora, en este apartado se analiza la oportunidad de inversión que existe para inversionistas con interés en generar vivienda en renta.

Este ejercicio se realiza tanto para el presupuesto original, como para los tres escenarios y se busca encontrar la tasa interna de retorno (TIR) y el valor neto actual (VNA) que representaría la ganancia monetaria tomando en cuenta la tasa de retorno mínima aceptable (TREMA) de 8%, es decir, el rendimiento de la inversión en Certificados de Tesorería de la Federación (CETES). Se encuentra representado en la Tabla 36.

La página inmobiliaria, Propiedades, establece un promedio de renta en el mercado de \$10,487.60 para los departamentos ubicados en la zona de Cumbres, donde está ubicado el proyecto, es de (Propiedades, 2019). Otras especificaciones para el ejercicio además de la renta que cuenta con 5% de incremento anual, son los trámites que conllevan el 3% del total del valor del inmueble al momento de la inversión inicial, el mantenimiento que inicialmente se calculó en 0.5% aumentando el 1% anual, y el impuesto predial al 2 al millar anual del valor del inmueble (Gobierno de Monterrey, 2019).

Cabe recalcar que no se consideraron los subsidios para los cuales esta tipología de conjuntos podría obtener debido la característica de sustentabilidad o la ubicación dentro de un polígono que el gobierno municipal pretende densificar.

Tabla 36: Tasa interna de retorno y punto de equilibrio

Escenario original

Años	Flujo	Inversión	Trámites	Mantenimiento	Impuestos	Renta
0	-\$11,553,576.12	-\$11,217,064.19	-\$336,511.93			
1	\$1,935,099.75			-\$56,085.32	-\$22,434.13	\$2,013,619.20
2	\$2,035,219.86			-\$56,646.17	-\$22,434.13	\$2,114,300.16
3	\$2,140,368.40			-\$57,212.64	-\$22,434.13	\$2,220,015.17
4	\$2,250,797.04			-\$57,784.76	-\$22,434.13	\$2,331,015.93
5	\$2,366,769.98			-\$58,362.61	-\$22,434.13	\$2,447,566.72
6	\$2,488,564.69			-\$58,946.24	-\$22,434.13	\$2,569,945.06
7	\$2,616,472.49			-\$59,535.70	-\$22,434.13	\$2,698,442.31
8	\$2,750,799.24			-\$60,131.06	-\$22,434.13	\$2,833,364.43
9	\$2,891,866.15			-\$60,732.37	-\$22,434.13	\$2,975,032.65
10	\$3,040,010.46			-\$61,339.69	-\$22,434.13	\$3,123,784.28
TREMA	8%					
TIR a 10 años	15%					
VNA a 7 años	\$42,240.70					

Escenario básico

Años	Flujo	Inversión	Trámites	Mantenimiento	Impuestos	Renta
0	-\$16,511,042.76	-\$16,030,138.60	-\$480,904.16			
1	\$1,932,295.48			-\$58,889.59	-\$22,434.13	\$2,013,619.20
2	\$2,032,387.55			-\$59,478.48	-\$22,434.13	\$2,114,300.16
3	\$2,137,507.77			-\$60,073.27	-\$22,434.13	\$2,220,015.17
4	\$2,247,907.80			-\$60,674.00	-\$22,434.13	\$2,331,015.93
5	\$2,363,851.85			-\$61,280.74	-\$22,434.13	\$2,447,566.72
6	\$2,485,617.38			-\$61,893.55	-\$22,434.13	\$2,569,945.06
7	\$2,613,495.70			-\$62,512.48	-\$22,434.13	\$2,698,442.31
8	\$2,747,792.69			-\$63,137.61	-\$22,434.13	\$2,833,364.43
9	\$2,888,829.54			-\$63,768.98	-\$22,434.13	\$2,975,032.65
10	\$3,036,943.48			-\$64,406.67	-\$22,434.13	\$3,123,784.28
11	\$3,192,488.63			-\$65,050.74	-\$22,434.13	\$3,279,973.50
TREMA	8%					
TIR a 10 años	7%					
VNA a 11 años	\$775,351.44					

Escenario medio

Años	Flujo	Inversión	Trámites	Mantenimiento	Impuestos	Renta
0	-\$17,124,129.56	-\$16,625,368.51	-\$498,761.06			
1	\$1,930,893.35			-\$60,291.72	-\$22,434.13	\$2,013,619.20
2	\$2,030,971.39			-\$60,894.64	-\$22,434.13	\$2,114,300.16
3	\$2,136,077.46			-\$61,503.58	-\$22,434.13	\$2,220,015.17
4	\$2,246,463.18			-\$62,118.62	-\$22,434.13	\$2,331,015.93
5	\$2,362,392.79			-\$62,739.81	-\$22,434.13	\$2,447,566.72
6	\$2,484,143.73			-\$63,367.20	-\$22,434.13	\$2,569,945.06
7	\$2,612,007.31			-\$64,000.88	-\$22,434.13	\$2,698,442.31
8	\$2,746,289.41			-\$64,640.88	-\$22,434.13	\$2,833,364.43
9	\$2,887,311.23			-\$65,287.29	-\$22,434.13	\$2,975,032.65
10	\$3,035,409.99			-\$65,940.17	-\$22,434.13	\$3,123,784.28
11	\$3,190,939.80			-\$66,599.57	-\$22,434.13	\$3,279,973.50
TREMA	8%					
TIR a 10 años	7%					
VNA a 11 años	\$151,818.57					

Escenario ideal

Años	Flujo	Inversión	Trámites	Mantenimiento	Impuestos	Renta
0	-\$18,042,501.13	-\$17,516,991.39	-\$525,509.74			
1	\$1,929,491.22			-\$61,693.85	-\$22,434.13	\$2,013,619.20
2	\$2,029,863.71			-\$62,002.32	-\$22,434.13	\$2,114,300.16
3	\$2,134,958.69			-\$62,622.35	-\$22,434.13	\$2,220,015.17
4	\$2,245,333.23			-\$63,248.57	-\$22,434.13	\$2,331,015.93
5	\$2,361,251.54			-\$63,881.05	-\$22,434.13	\$2,447,566.72
6	\$2,482,991.07			-\$64,519.87	-\$22,434.13	\$2,569,945.06
7	\$2,610,843.12			-\$65,165.06	-\$22,434.13	\$2,698,442.31
8	\$2,745,113.58			-\$65,816.71	-\$22,434.13	\$2,833,364.43
9	\$2,886,123.64			-\$66,474.88	-\$22,434.13	\$2,975,032.65
10	\$3,034,210.52			-\$67,139.63	-\$22,434.13	\$3,123,784.28
11	\$3,189,728.34			-\$67,811.03	-\$22,434.13	\$3,279,973.50
12	\$3,353,048.90			-\$68,489.14	-\$22,434.13	\$3,443,972.17
TREMA	8%					
TIR a 10 años	5%					
VNA a 12 años	\$556,535.37					

Fuente: Elaboración propia

Para el escenario del presupuesto original la TIR a 10 años sería de 15%, superando la TREMA, además de que entre el año 6 y 7 se recuperaría la inversión logrando el punto de equilibrio. En cuanto a los escenarios básico y medio, no es hasta los años 10 a 11 que se

comienza a tener utilidad, con una TIR de 7% al año 10. Por último, el escenario ideal presenta ganancias hasta mediados del onceavo año, con una TIR de 5% al décimo año.

Con la información anterior se puede concluir que este proyecto representa una inversión a largo plazo, ya que los puntos de equilibrio varían entre los 7 y 12 años. Es evidente que la mejor opción, sin considerar la sustentabilidad, es la original, ya que cuenta con la mayor rentabilidad; pero, entre los escenarios sustentables, el básico y medio se encuentran dentro del mismo rango de años (10 y 11), por lo que, si se toma en cuenta el beneficio ambiental y social, el más recomendado es el escenario medio. Mientras que el escenario ideal se aleja todavía más del TREMA a 10 años y se convierte en una opción menos recomendable para un inversionista privado y más viable para proyectos gubernamentales.

7. Conclusiones

A través de la investigación documental y de campo se pudo determinar que en la Zona Metropolitana de Monterrey existe la necesidad de mejorar la calidad ambiental, situación reconocida por los usuarios, a través de generar otros prototipos de vivienda más sustentables. Este trabajo se concentró en el sector económico medio ya que conforma al 60% de la población del Estado y puede generar un mayor impacto.

Actualmente el 96% de la vivienda en la ZMM es horizontal y por la creciente demanda de esta, la mancha urbana se extiende cada vez más hacia las periferias, alargando las distancias y tiempos de traslados. Además de que se continúan utilizando materiales y sistemas constructivos que no se adaptan a la cultura de la población o zona climática, provocando mayor consumo de agua y energía fósil.

Existen ejemplos internacionales de conjuntos de vivienda vertical como Buggi 50 en Alemania, un conjunto de departamentos adaptados para reducir los consumos energéticos y de agua para un sector en específico. Aunque en la ZMM se pueden encontrar edificaciones verticales sustentables, éstas van dirigidas al sector económico alto, el cual solamente representa al 2% de la población, mientras que fraccionamientos de vivienda horizontal con estándares NAMA intentan mejorar la calidad ambiental, al encontrarse en el PCU3 no logran llegar a tener un elevado nivel de sustentabilidad.

Recientemente el sector inmobiliario se ha concentrado en la construcción de vivienda vertical, por lo que se debe de aprovechar la oportunidad de intervenir en este ‘nuevo’ modelo desde un inicio, con apoyo del gobierno y las desarrolladoras, presentando una opción que vaya de acuerdo con las necesidades y cultura de los usuarios, que al mismo tiempo sea redituable para las constructoras.

Con relación al objetivo principal, se logró obtener una matriz, y una metodología aplicable y replicable no solo en la ZMM sino en las diferentes ZM o zonas climáticas de México, tomando en cuenta las tres principales vertientes de la sustentabilidad: ambiental, social y económico. Debido a las diferencias en el contexto de cada zona en el país, se encuentra relevante definir una matriz por cada una de estas, para lograr una mayor cantidad de beneficios sustentables.

La factibilidad de la matriz se demostró mediante un ejercicio al llevar un conjunto habitacional vertical de 41% a 99% en nivel de sustentabilidad. En este caso se consideró un escenario ideal, en donde se propuso cumplir con la mayor cantidad de indicadores posibles, sin tomar en cuenta el sobre costo que las estrategias implementadas traen a la construcción, ya que ese tema se profundiza en el apartado de ‘Factibilidad económica’.

En la parte ambiental se estableció a la ubicación como uno de los elementos más relevantes, ya que constituye cerca del 30% del valor de sustentabilidad del conjunto, reduciendo la cantidad de traslados en medios de transporte con combustibles fósiles y las distancias a diferentes destinos, ahorrando también tiempo y dinero a los usuarios, siendo una tipología deseable por las personas encuestadas e indicadores prioritarios según los expertos. Por lo que se propone continuar con los programas de redensificación de edificaciones abandonadas en zonas de alta densidad, los cuales se encontraron activos durante un periodo en conjunto con IMEPLANc MTY. Aunado a esto, el subsidiar este tipo de predios no solamente promueve su reutilización, sino que incluso reduce el costo total del proyecto, Puesto que, en el caso revisado en este trabajo, el costo del terreno fue equivalente al 50% del presupuesto del proyecto, cuando lo recomendado es alrededor del 15%.

Con base en la matriz obtenida se generaron tres escenarios de sustentabilidad con diferentes indicadores dentro de cada uno, de acuerdo con información documental, dinámicas participativas con usuarios del mercado meta y expertos. Estos son: 1) básico, que cumple con el 54% de sustentabilidad, 2) medio, que satisface el 87%, y 3) el ideal, que cumple con el 100% de sustentabilidad.

Tras cotejar las mejoras ambientales, sociales y económicas, antes y después de aplicar las estrategias de los tres escenarios, se recomienda mínimo implementar el escenario medio en la ZMM para lograr un mayor ahorro de recursos en relación con la inversión requerida y los beneficios ambientales y sociales que conlleva.

Según la proyección en la metrópoli de los ahorros del escenario medio del conjunto habitacional vertical, se estableció el ahorro promedio de agua en 4,992,567 litros anuales y de energía eléctrica en 1,713,493 kWh anuales, que, en conjunto con el ahorro de CO₂ eq en

transporte, representan al 0.01% de las emisiones que actualmente se generan anualmente en la zona por diversas fuentes mencionadas anteriormente.

Aun cuando el ahorro de CO₂ parece no ser muy representativo en porcentaje, esta propuesta genera un precedente para la vivienda vertical, donde la ciudad con mayor contaminación atmosférica puede comenzar a implementar medidas preventivas mediante vivienda sustentable para evitar el aumento desmesurado de contaminación y evitar llegar a requerir medidas como lo es el 'No circula' de la Ciudad de México. Esta propuesta también propone aprovechar que la cultura de vivienda vertical se encuentra en sus inicios, para influir de manera positiva y proponer a la sustentabilidad como un elemento de diseño indispensable en los desarrollos futuros.

Con relación a la metodología de trabajo y a la inclusión de indicadores sociales, podemos aproximarnos más a una situación de éxito del proyecto ya que el potencial usuario final pudo validar mediante dinámicas participativas los resultados.

Tomando como ejemplo este ejercicio, podríamos recomendar realizar estudios de mercado y del perfil de los clientes potenciales, para establecer estrategias de sustentabilidad acorde no solamente a las necesidades de vivienda, sino al contexto socioeconómico y cultural, además del sitio específico que permita un funcionamiento óptimo del edificio y el conjunto en aspectos de sustentabilidad.

Para verificar la viabilidad económica de la propuesta se realizó un presupuesto de la propuesta original y a esta se le aumentó el costo que representó cada estrategia en cada uno de los escenarios.

El primer ejercicio se hizo como una opción en donde los usuarios utilizan un crédito para adquirir una vivienda. Para amortizar el sobre costo de las estrategias sustentables se analiza la inversión a un mínimo 10 años para seguir la congruencia de los resultados de las dinámicas participativas con los usuarios del mercado meta, en donde pretenden invertir en una vivienda sustentable el 10% de la inversión inicial de la vivienda original, más los ahorros generados por las ecotecnologías implementadas.

Los ahorros en los servicios de agua y energía forman una parte importante del modelo para lograr la amortización, ya que es debido a estos que el escenario medio logra acercarse a la inversión del presupuesto original; a excepción de un excedente de \$25,646.11, el cual se ve reflejado en el monto final del precio de la vivienda y por lo tanto también en el enganche y mensualidades.

Por otro lado, también se analiza el retorno de la inversión que obtendrían inversionistas con interés en generar vivienda en renta. En este caso el presupuesto original llega al punto de equilibrio entre los años 6 y 7, los escenarios básico y medio entre los años 10 y 11, y el escenario ideal del año 11 al 12.

En los tres escenarios se establece una inversión a largo plazo, donde el escenario original es la mejor opción económicamente; pero, entre los escenarios de sustentabilidad, el más viable es el medio, ya que se encuentra dentro del mismo rango de retorno de inversión, TIR y VNA que el escenario básico, además de lo anterior, conlleva mayores mejoras ambientales y sociales.

Para lograr una inversión más atractiva se necesitan apoyos, así como subsidios y programas gubernamentales, ya sean federales y municipales, o bien explorar otras formas de asociación con los propietarios de predios que sean susceptibles de densificación. Principalmente relacionadas al costo que tienen los terrenos ubicados en los primeros dos perímetros de contención urbana, ya que como se observó durante el análisis de este proyecto, el predio conforma el 50% del presupuesto, y modificar la ubicación no es viable, ya que equivale al 30% de la matriz de indicadores sustentables.

7.1 Recomendaciones

El tiempo de retorno que se obtuvo para la inversión es de largo plazo, lo que no genera una visión agradable para los inversionistas privados, por lo que es posible una intervención gubernamental con apoyos o subsidios para contrarrestar el sobrecosto que conlleva el desarrollo de conjuntos habitacionales verticales sustentables. Pero, se requiere ampliar el rango de personas que pueden recibir estos subsidios, ya que el sector medio analizado no tiene acceso a este tipo de apoyos gubernamentales para la vivienda, lo que limita su crecimiento y por lo tanto el impacto en la sustentabilidad mostrado en este trabajo.

Una vez que se incrementa el rango de ingresos que puede recibir un acreedor que pretenda recibir subsidios como CONAVI o créditos como el de la hipoteca verde, se establecen las siguientes recomendaciones.

Primero, es imperativo especificar lo mejor posible los requisitos dentro de los indicadores, ya que a lo largo de este trabajo fue posible encontrar formas para cumplir con algunos de estos indicadores y criterios sin generar impactos en el entorno; aun así, es posible obtener ciertas certificaciones si se cumple con una cantidad específica de puntos o créditos, los cuales no siempre equivalen a beneficios ambientales o sociales.

Para los subsidios federales, se toman como base uno de los más populares en México, la Hipoteca Verde, donde se encontraron diversas ecotecnologías faltantes para cumplir con los diferentes escenarios de sustentabilidad según la clasificación de indicadores realizada por los usuarios y la ponderación de los expertos.

La descontextualización es una de las causas por las cuales éste y otros subsidios carecen de efectividad. Es decir, que se requiere profundizar en las necesidades del usuario final y el uso que le dará a ésta, así como en la ubicación de la vivienda, al considerar no solamente los factores económicos, sino que también de traslados y clima, como se analizó en el proyecto.

Algunos elementos que serán mencionados a continuación forman parte de estrategias para el conjunto, es decir la edificación o áreas comunes, mientras que la otra parte se estableció para las viviendas por separado. Esto se debe a que además de que los indicadores tienen influencia en diferentes puntos de la construcción, también benefician de manera diferente a los desarrolladores o usuarios. Según el ‘Gerente Técnico y de Sustentabilidad’ de INFONAVIT en la Delegación III (donde pertenece el estado de N.L.) las desarrolladoras son los principales clientes para los subsidios de INFONAVIT, por lo que la separación de los indicadores en la matriz, en el apartado de conjunto y vivienda se vuelve relevante al momento de entregar los apoyos gubernamentales, según el tipo de acreedor.

Dentro de créditos o subsidios, como en este caso la Hipoteca Verde, se deberá incluir el ámbito social, ya que forma parte de los indicadores elementales y es una de las tres vertientes principales de la sustentabilidad. En este caso específico hace falta incluir mobiliario accesible

para personas con movilidad reducida o discapacidad, dentro de las estrategias aceptadas por INFONAVIT, por lo que se recomienda especificar un apartado de ‘accesibilidad’ donde se desglosen las distintas estrategias, y no solamente quedarse con el apartado de ‘otras ecotecnologías’, con el objetivo de promover la inclusión.

En el sector social del escenario medio habrá que promover materiales como tablaroca o similar para cumplir con los interiores modificables y facilitar las reparaciones, reduciendo residuos en caso de demoliciones.

En el ámbito ambiental se realizan las siguientes recomendaciones: junto con los recubrimientos reflectivos incluir recubrimientos para sustituir los pavimentos y promover la reducción de isla de calor, además de ventanas con doble acristalamiento, agregar parasoles ya que cumplen con la misma función de mejorar el confort interno, añadir la separación de residuos para disminuir la saturación en los rellenos sanitarios y la instalación de ciclopuestos para promover otros tipos de transporte.

Para el escenario ideal, aunque representen ecotecnologías más caras, son diferentes opciones que se pueden implementar y debería dejarse la selección de estas a los usuarios según sus necesidades o capacidades económicas, sin limitar sus oportunidades. Entonces, en el apartado energético, aparte de paneles solares fotovoltaicos como energía renovable incluir aerogeneradores residenciales, ya que estos también requieren de menor superficie en el suelo; añadir los huertos urbanos o azotea verde como opción de aislamiento térmico o recubrimiento reflectivo en techos; en la sección de agua, si se agregan los filtros de agua al apartado de captación pluvial, se genera un mayor aprovechamiento del agua pluvial; e inclusive, al incluir plantas de tratamiento de agua residencial, se amplía la gama de opciones para gestión de agua, ya que sin un subsidio llegan a ser ecotecnologías probablemente inalcanzables por un gran porcentaje de la población.

En cuanto al subsidio presentado por CONAVI, en las ‘Reglas de Operación del Programa de Acceso al Financiamiento para Soluciones Habitacionales’, en lugar de topar la puntuación con un número máximo de puntos en sus categorías, se recomienda basar la cantidad del subsidio en la acumulación total de puntos; ya que el formato actual obstaculiza el intento por promover la sustentabilidad a mayor escala e impacto, puesto que al cumplir con la puntuación

máxima permitida, se deja de aspirar a cumplir con otros indicadores que también son relevantes.

De igual manera que se topa la puntuación, al establecer un límite máximo de ingresos para ser acreedor de un subsidio, el cual se encuentra por debajo del promedio del sector medio, se limitan los beneficios que se pueden lograr al implementar las estrategias de manera masiva si se considera que es la mayoría de la población en el estado. Por lo que, si se amplía el rango de ingresos mensuales para los acreedores, es decir, incluir al sector medio en los subsidios, se logra incrementar significativamente la sustentabilidad en la ZMM.

Además, en este mismo programa de CONAVI es posible ampliar secciones específicas para cada zona metropolitana en el país e incluir diferentes indicadores, así como los presentados en este trabajo, específicamente para desarrollos ubicados en la ZMM, ya que están contextualizados y se ha comprobado su viabilidad ante los usuarios.

Por otro lado, dentro de los apoyos municipales, en Monterrey existió un programa de redensificación en la zona centro por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano de Monterrey e IMPLANc MTY en donde se facilitaba el trámite para compra/venta de predios abandonados, cambios en usos de suelos y entrega de permisos de construcción, pero según la entrevista con IMPLANc MTY después de unos años se dejó de promover por falta de interés tanto de desarrolladores como del gobierno, aunque sigue formando parte del Plan de Desarrollo Urbano y se desea reactivar el programa.

Aparte de apoyos en trámites, existen incentivos económicos que promueven el desarrollo de vivienda sustentable, como lo son la disminución de impuestos o pago predial durante los primeros años y subsidio en los recibos de servicios de luz, agua y gas; como, por ejemplo, Zapopan, Jalisco donde se emplean algunas de estas medidas para edificaciones sustentables.

Después de analizar los diversos ejercicios económicos, se estableció que un subsidio federal entregado para la ZMM debería de requerir mínimo los indicadores del escenario medio, ya que los beneficios obtenidos en correlación con el costo de la implementación de las estrategias es la óptima dentro de los ejercicios realizados; mientras que el subsidio municipal apoyaría principalmente con los indicadores de ubicación, transporte y sitio, así como descuentos en servicios e impuestos como el predial.

También hará falta realizar proyectos de socialización para promover la tipología que se desea implementar, ya que, en la actualidad la vivienda vertical no es la preferencia de la mayoría de la población y así se disminuye la posibilidad de rechazo ya sea de los inversionistas, los desarrolladores o los usuarios.

Otras líneas de investigación

- Comparativa de un proyecto diseñado tomando en cuenta los indicadores sustentables desde un inicio y una adecuación, como fue este caso.
- En Nuevo León también se fomenta la construcción de edificaciones con mayor cantidad de niveles, por lo que es posible mejorar el escenario económico de esta manera, pero habría que comprobar si sigue siendo ambiental y socialmente viable.
- Sistematizar una certificación nacional, pero con diferentes requisitos o indicadores según el estado. No solamente tomando en cuenta la zona climática como actualmente lo fomenta NAMA, porque la cultura y usuarios es distinta en cada parte de México.
- Tomar una certificación nacional existente y modificarla considerando los resultados de esta propuesta para mejorar los resultados ambientales y sociales, así como especificar más los criterios e indicadores.
- Incluir la vivienda del sector medio a los diferentes subsidios de interés social para analizar los beneficios y factibilidad.

8. Referencias

- Alexander, E. (2011). *Todo sobre edificios sustentables*. (KAVLICO, Entrevistador)
- AMAI (2018) *¿Cuántos Niveles Socioeconómicos hay y cuáles son sus principales características?* NSE AMAI. Recuperado en junio 2018, de <http://nse.amai.org/uncategorized/cuantos-niveles-socioeconomicos-hay-y-cuales-son-sus-principales-caracteristicas/>
- Basheer, K. C. (2016). *Towards Better Vertical Communities: People's Perceptions of Vertical Housing in Bahrain*. Recuperado en septiembre 2017, de academia.edu: https://www.academia.edu/25369614/Towards_Better_Vertical_Communities_People_s_Perceptions_of_Vertical_Housing_in_Bahrain
- Betancourt, E. (2017) *Renaissance & Resurrection - Resumen: El Movimiento de Sustentabilidad en Monterrey ha Creado una Ciudad más Segura y más Pacífica*. Bioconstrucción y Energía Alternativa. Recuperado en noviembre, de <https://bioconstruccion.com.mx/renaissance-resurrection-resumen/>
- BID, CADZ, EBM, GIZ, Infonavit, RUV & SIF (2014) *Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde*. BID, CADZ, EBM, GIZ, Infonavit, RUV & SIF. Recuperado en mayo 2018, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/84276/SISEVIVECONUEE.pdf>
- BREEAM (2016) *BREEAM International New Construction 2016*. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Recuperado en mayo 2018, de <https://www.breeam.com/discover/technical-standards/newconstruction/>
- Calvante, A. M. (2007). *Universidad Abierta Interamericana*. Recuperado en septiembre 2017, de <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf>
- Carabias, J. (2013). *La sustentabilidad ambiental: un reto para el desarrollo*. Oikos, no. 8, (p.8-11). Instituto de Ecología, UNAM. Recuperado en abril 2018, de <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/images/Pdfs/2013-02.pdf>
- Carazo, N. (2015). *NC Arquitectura*. Recuperado en octubre 2017, de <http://ncarquitectura.com/primer-edificio-residencial-de-energia-autosuficiente-en-suiza/>
- Castro, L. (2014). *Influencias Culturales de la Vivienda Social Periférica (VSP) en Área Metropolitana de Monterrey (AMM): Arquitectura Simenterrada como Alternativa Sostenible* (Tesis de Maestría en Ciencias con Orientación en Arquitectura).

- Universidad Autónoma de Nuevo León: Facultad de Arquitectura, Monterrey.
Recuperado en noviembre 2018, de <http://eprints.uanl.mx/7914/1/1080259483.pdf>
- CCH (2017) *Los tres pilares*. UNAM: Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Portal Académico. Recuperado en agosto 2019, de <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/desarrolloSustentable/tresPilares>
- CCNNPURRE. (2011). *NOM-020-ENER-2011 Eficiencia Energética en Edificaciones*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Cerutti, M. (2006) *Burguesía y capitalismo en Monterrey (1850-1910)*. Fondo Editorial de Nuevo León. ISBN: 970-9715-14-3. Recuperado en noviembre 2018, de <https://www.fondoeditorialnl.gob.mx/pdfs/burguesiaycapitalismo.pdf>
- CIPHE (2017) *Water reuse systems, guidance and advice given by Anglian Water and supported by CIPHE*. Chartered Institute of Plumbing and Heating Engineering. Recuperado en mayo 2018, de http://www.anglianwater.co.uk/_assets/media/Water_Reuse_System_2017.pdf
- Cohen, M. (2005) *Democracia y Desafío Medioambiental en México: Riesgos, Retos y Opciones en la Nueva ERA de la Globalización*. Pomares. México. Págs. 163- 202
- CONAFOVI. (2006). *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda* (Primera ed.). D.F., México: Arroyo+Cerda, S.C. Recuperado en septiembre 2017, de CONAFOVI: <http://www.conavi.gob.mx/publicaciones>
- CONAVI (2017) *Código de Edificación de Vivienda*. SEDATU y CONAVI. Ed. 3. Recuperado en noviembre de 2017, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/320345/CEV_2017__FINAL_.pdf
- CONAVI (2018) Boletín Estadístico del Sector Vivienda: Oferta y Demanda. Organismos de Vivienda y CNBV para financiamientos de la Banca. SEDATU y CONAVI. Recuperado en noviembre 2018, de <http://sniiv.conavi.gob.mx/Reports/Boletines/BoletinesEstatales.aspx>
- CONAVI & SEMARNAT (2008) *Desarrollo habitacional sustentable ante el cambio climático*. Recuperado en febrero 2018, de http://centro.paot.org.mx/documentos/conavi/Programa_Especifico_de_Desarrollo_Habitacional_Sustentable_ante_el_Cambio_Climatico.pdf
- CSIR (s/f) *Sustainable Building Assessment Tool*. Council for Scientific and Industrial Research. Recuperado en mayo 2018, de <https://researchspace.csir.co.za/dspace/>

- CSIR (2015) *CSIR Guidelines for the Provision of Social Facilities in South African Settlements*. Council for Scientific and Industrial Research. ISBN 978-0-7988-5603-4.
- Delacámara, G. (2008) *Guía para decisores – Análisis económico de externalidades ambientales*. CEPAL. Recuperado en julio 2018, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3624/1/S2008426_es.pdf
- DGNB (2008) *German Sustainable Building Certificate: New Construction of Office and Administration Buildings*. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
- DHA. (2015). *Defence Housing Australia*. Recuperado en noviembre 2017, de <https://www.dha.gov.au/development/residential/the-princes-terrace-adelaide-bowden-sa>
- DOF (2018) *Normas Oficiales*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado en mayo 2018, de <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales.php>
- Erickson, W., Johnson, G., & Young Jr., D. (2005). A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions. Recuperado en abril 2019, de http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/Asilomar/pdfs/1029-1042.pdf
- EVE, IHOBE, ORUBIDE & VISESA (2006) *Guía de edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Gobierno Vasco. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/lbl/guias/pva-2006-guia-edificacion-sostenible-euskadi.pdf>
- Fastenrath, S., & Hulke, C. (2015). *Universidad de Luxemburgo*. Recuperado en octubre 2017, de Greenregio: <https://greenregio.uni.lu/Case-studies/Freiburg/Buggi-50-Linking-technological-and-social-innovations>
- Flores, A. (2015) Evolución de la modernidad arquitectónica en Monterrey: causas exógenas y endógenas. *Revista Ciencia UANL*, año18, ed.18-85, no.73. Recuperado en noviembre 2018, de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=4213>
- Flores, R. (2014) *Los Afluentes y los Ríos. La construcción social del Medio Ambiente en la Cuenca Lerma Chapala*. ITESO. México. Págs. 86 – 104. Recuperado en enero 2018, de <https://rei.iteso.mx/handle/11117/3036>
- Forbes Staff. (2014). *¿A cuál clase social perteneces?* Forbes México, Economía y Finanzas. Recuperado en noviembre 2017, de <https://www.forbes.com.mx/a-cual-clase-social-perteneces-segun-la-se/>

- Forbes Staff (2018) *Sedes del Mundial elevan 20% su mercado inmobiliario*. Forbes México, Economía y Finanzas. Recuperado en noviembre 2018, de <https://www.forbes.com.mx/sedes-de-mundial-elevan-20-su-mercado-inmobiliario/>
- Fuentes, V. A. (2007). *Arquitectura Bioclimática*. D.F., México. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Recuperado en abril 2018, de <https://es.scribd.com/doc/102028439/Arquitectura-Bioclimatica-Victor-Armando-Fuentes-Freixanet>
- Fundación IDEA. (2013). *Estrategia nacional para la vivienda sustentable*. México: Embajada Británica en México.
- Garza, S. (2017) *Iniciativa con Proyecto de Decreto que Reforma la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado en julio 2018, de http://www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/63/3/2017-12-07-1/assets/documentos/Inic_PAN_Seguridad_Climatica_CPEUM.pdf
- GBCA. (2015). *Green Building Council Australia*. Recuperado en octubre 2017, de <http://new.gbca.org.au/showcase/projects/princes-terrace-adelaide/>
- Gleason, J. (2014). *Sistemas de agua sustentables en las ciudades*. D.F., México: Editorial Trillas.
- Gobierno Municipal de Monterrey (2015) *Programa Parcial de Desarrollo Urbano Distrito Purísima-Alameda*. Ayuntamiento de Monterrey Gobierno Municipal 2015-2018. Recuperado en julio 2018, de http://www.monterrey.gob.mx/oficial/documentos/CONSULTACiudadana/ANEXO_Distrito%20Purissima-Alameda.pdf
- Gobierno del Estado de Nuevo León (2012) *Programa Estatal de Gestión Integral de Residuos de Nuevo León 2009-2015*. Nuevo León Unido. Recuperado en mayo 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187464/Nuevo_Le_n.pdf
- Gobierno de Monterrey (2019) *Impuesto Predial: Tablas de Valores Unitarios de Suelo y Construcciones*. Transparencia. Recuperado en agosto 2019, de <http://portal.monterrey.gob.mx/transparencia/articulo14-03.html>
- González, C. & Montemayor, L. (2015) *Monterrey*. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México: Estado de Nuevo León. Ayuntamiento de Monterrey. Recuperado en mayo 2018, de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM19nuevoleon/municipios/19039a.html>
- González, D. (2015) *Sigue en suspenso licencia inmobiliaria*. El Norte. Recuperado en agosto 2019, de <https://www.elnorte.com/aplicaciones/articulo/default.aspx?id=541199>

- Gordon, T. J. (1994) *The Delphi Method*. Recuperado en junio 2018, de <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%281%29.pdf>
- Grupo 4S & ULI (2018) *Panorama Inmobiliario 2018*. Grupo 4S & Urban Land Mexico Institute. Recuperado en noviembre 2018, de https://grupo4s.com/wp-content/uploads/2018/05/20180516_Grupo4S_PanoramaInmobiliario2018.pdf
- Hidalgo, A. (2018) *Las 4 etapas del ciclo inmobiliario y la verticalización*. Grupo 4S. Recuperado en noviembre 2018, de <https://grupo4s.com/2018/11/02/las-4-etapas-del-ciclo-inmobiliario-y-la-verticalizacion/>
- ICC (s/f) *Código Internacional del Consejo*. International Code Council. Recuperado en mayo 2108, de <https://www.iccsafe.org/#>
- IFC (2015) *Edge Cost Model*. Excellence in Design for Greater Efficiencies. International Finance Corporation. Recuperado en mayo 2018, de <https://www.edgebuildings.com/wp-content/uploads/2016/11/20150407-NNO-EDGE-Cost-Database-methodology-v1.0.pdf>
- IMPLANc MTY (2014) *Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025*. Recuperado en mayo 2018, de http://portal.monterrey.gob.mx/pdf/2013_2025.pdf
- INEGI (s/f) *Clase media*. INEGI. Recuperado en julio 2018, de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/investigacion/cmedia/>
- INEGI. (2015a). *Banco de Indicadores*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado en febrero 2018, de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/>
- INEGI. (2015b). *Información por entidad: Nuevo León*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado en junio 2018, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/nl/territorio>
- INEGI (2017). *Indicadores de Ocupación y Empleo Cifras Oportunas Durante Julio de 2017*. INEGI-Comunicación Social. Comunicado de prensa 389/17. Recuperado en abril 2018, de http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/iooe/iooe2017_08.pdf
- INFONAVIT (2013) *Modelo del Sistema de Evaluación de la Vivienda Verde - Sisevive-Ecocasa*. BID, Cooperación alemana, GIZ, INFONAVIT, RUV, SIF. Recuperado en julio 2018, de https://energypedia.info/images/1/1a/GIZ_Modelo_del_Sistema_de_Evaluaci%C3%B3n_de_la_Vivienda_Verde_2013.pdf
- INFONAVIT (2018a) *Hipoteca Verde*. Infonavit, Subdirección General de Crédito. Recuperado en mayo 2018, de

- http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/cuido_mi_casa/hipoteca+verde
- INFONAVIT (2018b) *Tabla de montos máximos de subsidio para vivienda nueva y polígonos urbanos estratégicos: Rango de ingreso hasta 2.8 UMA mensual*. Infonavit, Subdirección General de crédito. Recuperado en septiembre 2018, de http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/fe9708af-9ec6-47ac-a7d1-80dea7473616/MMS_Nueva_Poligonos.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m82oGJ7&CVID=m82oGJ7
- Instituto Municipal de Planeación Urbana y Convivencia de Monterrey. (2014). *Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Monterrey 2013-2025*. Recuperado en septiembre 2017, de http://portal.monterrey.gob.mx/pdf/2013_2025.pdf
- Ionescu-Somers, A. (2012) What's stopping your sustainability schemes? International Institute for Management Development. Recuperado en julio 2018, de <https://www.imd.org/publications/articles/whats-stopping-your-sustainability-schemes/>
- Jiborn, M., Kanemoto, K., Moran, D., Seto, K., Többen, J., Wood, R., (2018) *Carbon footprints of 13 000 cities*. Ed: IOP Publishing Ltd - Environ. Res. Lett. 13. 064041. Recuperado en julio 2019, de doi.org/10.1088/1748-9326/aac72a
- Jiménez-Pérez, J. (2018) *Lineamientos técnicos para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia para las edificaciones del Área Metropolitana de Guadalajara*. Trabajo de obtención de grado, Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO.
- Kruger, T., Lancaster, L. Landman, K., Liebermann, S., Louw, A., Robertshaw, R. (2016) *Making South Africa Safe; A Manual for Community-based Crime Prevention*. Council for Scientific and Industrial Research. ISBN 978-0-7988-5630-0
- Lara, J., Estrada, G., Zentella, J., Guevara, A. (2017) Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Estudios Demográficos Y Urbanos*, vol. 32, no. 3 (96), septiembre-diciembre, El Colegio de México. Recuperado en abril 2018, de <http://estudiosdemograficosyurbanos.colmex.mx/index.php/edu/article/view/1615>
- Leora, K. & Beinker, N. (2017) Smaller businesses lack the financing to be sustainable. World Economic Forum. Recuperado en julio 2018, de <https://www.weforum.org/agenda/2017/11/smes-need-financing-to-improve-their-sustainability-practices-here-s-how-we-can-help/>

- López Romo, H. (2014). *El Instituto de Investigaciones Sociales*. Recuperado en noviembre 2017, de <https://es.slideshare.net/iabmexico/nivel-socioeconomico-y-familias-en-mexico>
- Metros Cúbicos (2016) *Guía de Precios*. Inmuebles Online SAPI de CV. Recuperado en junio 2019, de <http://www.metroscubicos.com/precios/nuevo-leon/monterrey/cumbres>
- Muñoz, C. (2014) *Frenos y oportunidades de la verticalización en Monterrey*. Grupo 4S. Recuperado en noviembre 2018, de <https://grupo4s.com/2014/12/11/frenos-y-oportunidades-de-la-verticalizacion-en-monterrey/>
- Naciones Unidas (2002) Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Naciones Unidas, UN, CNUMAD. Recuperado en mayo 2018, de <https://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html>
- Neri, K. d. (2014). Re-Densificación con Base a la Vivienda Vertical: Una Apuesta por la Calidad de Vida. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 81-94. Recuperado en septiembre 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/4779/477947304006.pdf>
- Ng, E. (2010). *Designing high-density cities for social and environmental sustainability*. London: Earthscan.
- OMS (2011) *WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database*. Organización Mundial de la Salud. Recuperado en noviembre del 2017, en https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/
- Pérez, P. (2010) *Green Building Rating Systems: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación?* Bilbao, España: Ihobe, Recuperado en abril del 2018, en <https://www.activatie.org/web/publicacion.php?id=329>
- Peredo, X. (2016) *Monterrey y el mito del obrero pasivo*. El Horizontal: Mundos del trabajo. Recuperado en noviembre 2018, de <https://horizontal.mx/mundos-del-trabajo-monterrey-y-el-mito-del-obrero-pasivo/>
- Pezzoli, K. (1998). *Human Settlements and Planning for Ecological Sustainability: The Case of Mexico City*. Boston & London: MIT Press.
- Pontaza, D. (2017). ¿Cuáles son las ciudades más contaminadas de México? *Tec Review*. Recuperado en septiembre 2017, de <http://tecreview.itesm.mx/cuales-las-ciudades-contaminadas-mexico/>
- Pontones, L. & Fernández, T. (s/f) Los Incentivos Económicos y las Externalidades como Detonantes para Mitigar los Efectos del Cambio Climático. Recuperado en julio 2018, de http://www.ceja.org.mx/IMG/Los_incentivos_economicos.pdf

- Prieto, J. (2014) *Patrimonio Moderno y Cultura Arquitectónica en Monterrey: Claves de un desencuentro*. UANL - FARQ. Fondo Editorial de Nuevo León. Recuperado en noviembre 2018, de https://issuu.com/adanroca/docs/patrimonio_moderno_y_cultura_arquit
- Pro Aire N.L. (2016) *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Nuevo León 2016-2025*. SEMARNAT, Gobierno del Estado de Nuevo León: Secretaría de Desarrollo Sustentable. Recuperado en julio 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/250974/ProAire_Nuevo_Leon.pdf
- Properties, D. (2013). *Sage On Jackson*. Recuperado en octubre 2017, de <http://www.dominion-properties.com/development/sageonjackson/>
- Propiedades (2019) *Valores de Departamentos en Renta Monterrey*. Propiedades. Recuperado en agosto 2019, de <https://propiedades.com/valores/monterrey/departamentos-renta>
- RENE (2019) Calculadora de Emisiones para el Registro Nacional de Emisiones. SEMARNAT. Recuperado en junio 2019, de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>
- Ruiz, E. & Martínez, M. (2012) *Hidrología Aplicada: Escorrentía*. Universidad del País Vasco. ISSN: 2255-2316. Recuperado en septiembre 2018, de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/4576/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_5.pdf
- RUV (2019) *Registro de Vivienda: Nuevo León*. Registro Único de Vivienda Recuperado en junio 2019, de <http://portal.ruv.org.mx/>
- SADM (2019) *Tarifas Para Usuarios Domésticos*. Servicios De Agua Y Drenaje De Monterrey, I.P.D. recuperado en abril 2019, de <https://www.sadm.gob.mx/PFiles/Uploads/Documentos/534.pdf>
- Sánchez-Gan, G. (2017). *Propuesta integral de vivienda sustentable para población joven económicamente activa en el área metropolitana de Guadalajara*. Trabajo de obtención de grado, Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO
- Sánchez-Peña, L. (2012). *Hogares y consumo energético en México*. Revista Digital Universitaria UNAM, 13(10), 1–8.
- Sánchez, J., Carbajal, F., González, J., Río, O., Gonzalvo, J., García, F., Gutiérrez, D. (2015) *Capítulo 1. Uso del agua en Nuevo León*. The Nature Conservancy. Recuperado en septiembre 2018, de <http://famm.mx/wp-content/pdf/capitulo1-El-agua-en-nuevo-leon.pdf>

- Schneiderová, R. (2011) Sustainable Buildings: Market Value And Market Share. DOI 10.5592/otmcj.2011.1.4. Organization, Technology and Management in Construction. pp.250-253
- SCT-DGST (2015) *Isoyetas Nuevo León*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Dirección General de Servicios Técnicos. Recuperado en septiembre 2018, de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Isoyetas/nuevoleon.pdf>
- SEDATU (2018) *Reglas de Operación del Programa de Acceso al Financiamiento para Soluciones Habitacionales, para el ejercicio fiscal 2018*. Diario Oficial de Estados Unidos Mexicanos. Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Recuperado en mayo 2018, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308720/ROP_2018_DOE.pdf
- SEDEMA (2012) *Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables*. Libros Blancos: México. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Recuperado en mayo 2018, de <http://martha.org.mx/una-politica-con-causa/wp-content/uploads/2013/09/15-Certificacion-Edificaciones-Sustentables.pdf>
- SEDUVI (2016) *Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad*. SEDUVI CDMX. Recuperado en mayo 2018, de http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/images/banners/banner_derecho/documentos/Manual_Normas_Tecnicas_Accesibilidad_2016.pdf
- SEGOB. (2014). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado en noviembre 2017, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014
- SEMARNAT (2008) *Estudio de Impacto Ambiental - Modalidad Particular: Eólica Santa Catarina*. SINAT-SEMARNAT. Recuperado en noviembre 2018, de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/nl/estudios/2008/19NL2008ED004.pdf>
- SEP (2016). *Estadística Del Sistema Educativo Nuevo León Ciclo Escolar 2016-2017*. SEP, SPEC y DGPPYEE. Recuperado en marzo 2018, de http://www.sniesep.gob.mx/descargas/estadistica_e_indicadores/estadistica_e_indicadores_educativos_19NL.pdf
- Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey (2011) *Guía de árboles de gran follaje de Nuevo León*. SADM. Recuperado en febrero 2019, de <http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/jsp/prensa.jsp?id=699>
- Tetreault, D. (2008) *Escuelas de pensamiento ecológico en las Ciencias Sociales*. Estudios Sociales, Vol. 16 (Julio-Diciembre) ISSN 0188-4557. Recuperado el 20 de enero de

- 2018, de
http://www.academia.edu/13721657/Escuelas_de_pensamiento_ecol%C3%B3gico_en_las_ciencias_sociales
- Umwelt Arena. (s/f). *Umwelt Arena Spreitenbach*. Recuperado en octubre 2017, de
http://www.umweltarena.ch/wp-content/uploads/2015/01/2015_11_16_Flyer-2s_energieautarkes_MFH_si.pdf
- UN. (2015). *United Nations*. Recuperado en noviembre 2017, de
<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- UNAM (2015) *Presente y Futuro de las Ciudades de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado en febrero 2019, de
<http://bioicm.cicm.org.mx/wp/wp-content/uploads/2017/03/cagosto031.pdf>
- UNEP (2009) *Building and Climate Change*. Summary for decision-makers. Recuperado el 19 de febrero del 2018, en <http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>
- USGBC (2014a) *LEED v4 for Building Design and Construction*. U.S. Green Building Council. Recuperado en mayo 2018, de <https://www.usgbc.org/articles/leed-link-download-leed-v4-user-guide>
- USGBC. (2014b). *Sage on Jackson*. Recuperado en octubre 2017, de
<https://www.usgbc.org/projects/sage-jackson?view=overview>
- Vergara, J. (2017). Verticalización. La edificación en altura en la Región Metropolitana de Santiago (1990-2014). *Revista INVI 32(90)*, 9-49. Recuperado en septiembre 2017, de
<http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/1095/1323>
- Windfinder (2018) Monterrey Aeropuerto. Recuperado en septiembre 2018, de
https://es.windfinder.com/windstatistics/monterrey_aeropuerto
- Yeang, K. (2001). *El rascacielos ecológico*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.

8.1 Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación geográfica de Monterrey	10
Ilustración 2: Regiones climáticas de México por estado	11
Ilustración 3: Dimensiones de la sustentabilidad	17
Ilustración 4: Clasificación en la ZMM de zonas en el programa Sisevive	22
Ilustración 5: Sistemas de Evaluación en el Mundo.....	37
Ilustración 6: Clasificación de indicadores.....	42
Ilustración 7: Sage On Jackson	44
Ilustración 8: Tipos de departamentos SOJ	45
Ilustración 9: Ubicación SOJ.....	45
Ilustración 10: Galería de fotografías interiores	47
Ilustración 11: Buggi 50.....	48
Ilustración 12: Ubicación B50.....	48
Ilustración 13: The Prince's Terrace Adelaide	49
Ilustración 14: Certificación Green Star.....	49
Ilustración 15: Render interior UH.....	50
Ilustración 16: Umwelt Haus.....	50
Ilustración 17: Listado de edificaciones de Monterrey	62
Ilustración 18: Listado de edificaciones de Guadalajara	63
Ilustración 19: Dinámicas de Focus Groups.....	71
Ilustración 20: Agradecimiento a participantes	71
Ilustración 21: Selección de escenarios para estrategias	77
Ilustración 22: Cuadro de operacionalización	85
Ilustración 23: Ruta crítica	86
Ilustración 24: Plano de localización y contexto urbano	112
Ilustración 25: Planta de conjunto	113
Ilustración 26: Planta baja	114
Ilustración 27: Planta de niveles 2 a 4	116
Ilustración 28: Planta de azotea.....	117
Ilustración 29: Fachada Sur	118
Ilustración 30: Fachada Este.....	118
Ilustración 31: Fachada Norte	119
Ilustración 32: Fachada Oeste	119
Ilustración 33: Corte A-A'	120
Ilustración 34: Corte B-B'	120
Ilustración 35: Tipologías de departamentos.....	122
Ilustración 36: Movimiento anual del sol.....	131
Ilustración 37: Precipitación media acumulada.....	134
Ilustración 38: Distribución anual de la dirección del viento en %	135
Ilustración 39: Planta de Conjunto	138
Ilustración 40: Usos, servicios e infraestructura contiguos al predio	140
Ilustración 41: Análisis de energía fotovoltaica	143
Ilustración 42: Planta tipo.....	152
Ilustración 43: Cargas energéticas por calentamiento	153
Ilustración 44: Cargas energéticas por enfriamiento	155
Ilustración 45: Análisis de iluminación.....	157
Ilustración 46: Análisis de iluminación Nivel 02	157
Ilustración 47: Cubierta vegetal	165
Ilustración 48: Indicadores en planta de conjunto	169
Ilustración 49: Indicadores de lavandería.....	177

Ilustración 50: Indicadores de planta baja.....	180
Ilustración 51: Aislamiento térmico.....	187
Ilustración 52: Cargas energéticas por calentamiento.....	189
Ilustración 53: Cargas energéticas por enfriamiento.....	190
Ilustración 54: Análisis de iluminación Nivel 02.....	191
Ilustración 55: Departamento tipo C modificado.....	194
Ilustración 56: Interiores modificables.....	195
Ilustración 57: Planta de conjunto con estrategias.....	198
Ilustración 58: Planta baja con estrategias.....	198
Ilustración 59: Planta de niveles 2 a 4 con estrategias.....	199
Ilustración 60: Planta de azotea con estrategias.....	200
Ilustración 61: Fachada Sur con estrategias.....	201
Ilustración 62: Fachada Norte con estrategias.....	201
Ilustración 63: Fachada Oeste con estrategias.....	201
Ilustración 64: Fachada Este con estrategias.....	202
Ilustración 65: Corte A-A' con estrategias.....	202
Ilustración 66: Corte B-B' con estrategias.....	203

8.2 Lista de Tablas

Tabla 1: Proyección de hogares en N.L.....	16
Tabla 2: Clasificación de vivienda por superficie construida.....	31
Tabla 3: Clasificación de vivienda por UMA's.....	32
Tabla 4: Amenidades departamentos SOJ.....	45
Tabla 5: Comparación de edificaciones.....	52
Tabla 6: Metodología.....	57
Tabla 7: Comparativa inicial ámbito ambiental.....	88
Tabla 8: Comparativa inicial ámbito social.....	89
Tabla 9: 'pros' y 'contras' de la ubicación.....	102
Tabla 10: Clasificación de estrategias en escenarios de sustentabilidad según los usuarios potenciales.....	105
Tabla 11: Clasificación por expertos, de estrategias en escenarios de sustentabilidad.....	106
Tabla 12. Consumo de metros cúbicos de agua por familia y por tipo de casa.....	123
Tabla 13. Consumo de energía eléctrica promedio en México.....	124
Tabla 14. Consumo de agua promedio en departamento o pequeña vivienda, según CESPT.....	124
Tabla 15. Consumo de agua promedio en casa con jardín, según CESPT.....	125
Tabla 16: Estudio de asoleamiento.....	132
Tabla 17: Requerimientos del municipio de Monterrey.....	139
Tabla 18: Coeficiente de escurrimiento.....	145
Tabla 19: Tiempo de concentración.....	145
Tabla 20: Resumen de análisis.....	162
Tabla 21: Tanques de almacenamiento de agua.....	171
Tabla 22: Consumo de agua exterior.....	172
Tabla 23: Consumo de agua en edificación.....	173
Tabla 24: Tinacos.....	174
Tabla 25: Consumo de agua por tipo de equipos.....	174
Tabla 26: Consumo eléctrico por tipo de equipos.....	181
Tabla 27: Consumo de agua por tipo de equipos.....	182
Tabla 28: Porcentajes de área en cumplimiento con requerimiento de lux.....	192
Tabla 29: Resumen de estrategias.....	204
Tabla 30: Escenarios prospectivos de sustentabilidad.....	206

Tabla 31: Impacto ambiental	208
Tabla 32: Impacto ambiental de propuesta a nivel metropolitano.....	209
Tabla 33: Resumen del presupuesto	211
Tabla 34: Costo por metro cuadrado de construcción	212
Tabla 35: Opción de crédito para usuarios	213
Tabla 36: Tasa interna de retorno y punto de equilibrio.....	216

8.3 Lista de Gráficos

Gráfico 1: Comparativa inicial de indicadores sustentables Guadalajara	90
Gráfico 2: Comparativa inicial de indicadores sustentables Monterrey.....	91
Gráfico 3: Respuestas a Preguntas del Focus Groups	92
Gráfico 4: Dinámicas de Focus Groups.....	93
Gráfico 5: Dinámicas de Focus Groups.....	95
Gráfico 6: Problemáticas ambientales y sociales	96
Gráfico 7: Elementos más utilizados para mitigar problemáticas	97
Gráfico 8: Certificaciones, evaluaciones y normas	98
Gráfico 9: Elementos más relevantes en proyectos verticales.....	99
Gráfico 10: Impedimentos para sustentabilidad en las edificaciones.....	100
Gráfico 11: ¿Vivirías en una vivienda sustentable?	101
Gráfico 12: Importancia de la sustentabilidad.....	101
Gráfico 14: ¿Es la tipología de ubicación donde vivirías?	102
Gráfico 15: Categorización de estrategias por nivel de sustentabilidad	104
Gráfico 16: Tiempo que pasaría antes de invertir en sustentabilidad.....	107
Gráfico 17: % de inversión en sustentabilidad	107
Gráfico 18: Opciones para obtener una vivienda sustentable.....	108
Gráfico 19: Carta bioclimática de Olgyay.....	126
Gráfico 20: Carta bioclimática de Givoni	128
Gráfico 21: Carta bioclimática de Szokolay.....	129
Gráfico 22: Triángulos de confort de Evans.....	130
Gráfico 23: Método racional	146
Gráfico 24: Método S.C.S. (Soil Conservation Service).....	146
Gráfico 25: Comparativa de hidrogramas	147
Gráfico 26: Volumen de retención	148
Gráfico 27: Tratamiento de agua pluvial.....	176
Gráfico 28: Reglamento de recolección de residuos	185
Gráfico 29: Especificaciones de residuos reciclables.....	186

9. Anexos

9.1 Reportes de observación directa

9.2 Entrevistas

9.3 Matriz de indicadores

9.4 Presupuesto