



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
MODELO DE PLANIFICACIÓN URBANA PARA INFRAESTRUCTURAS
RESILIENTES Y EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE EN LA CIUDAD
DE MACHALA**

AUTOR
Ing. Cáceres Alava Ramiro Eduardo

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN MODALIDAD DE INFORME DE
INVESTIGACIÓN**
Previo a la obtención del grado académico en
**MAGÍSTER EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN GESTIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN**

TUTOR
PhD. Cornejo Martínez Mauricio

La Libertad, Ecuador

2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**PhD. Roxana Álvarez Acosta
COORDINADORA(E) DEL
PROGRAMA**

**PhD. Mauricio Cornejo Martínez
TUTOR**

**PhD. Luis Contreras Vasquez
DOCENTE ESPECIALISTA**

**PhD. Santiago Ochoa García
DOCENTE ESPECIALISTA**

**Ab. María Rivera González, Mgtr.
SECRETARIA GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por, **Ing. Ramiro Eduardo Cáceres Alava** como requerimiento para la obtención del título de **MAGÍSTER EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

**PhD. Cornejo Martínez Mauricio
TUTOR**

03 días del mes de julio del año 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, RAMIRO EDUARDO CÁCERES ALAVA

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Modelo de Planificación Urbana para Infraestructuras Resilientes y Eficientes Energéticamente en la Ciudad de Machala** previo a la obtención del título en **MAGÍSTER EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

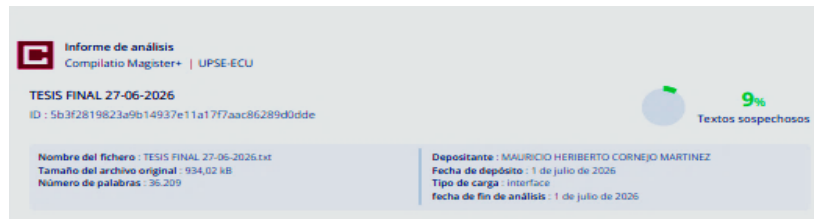
La Libertad, a los 03 días del mes de julio del año 2026

**Ing. Ramiro Eduardo Cáceres Alava
EL AUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **Modelo de Planificación Urbana para Infraestructuras Resilientes y Eficientes Energéticamente en la Ciudad de Machala** presentado por el estudiante, **Ing. Cáceres Alava Ramiro Eduardo** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 9%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



PhD. Cornejo Martínez Mauricio
TUTOR



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, RAMIRO EDUARDO CÁCERES ALAVA

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de artículo profesional de alto nivel con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este artículo académico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

La Libertad, a los 03 días del mes de julio del año 2026

Ing. Ramiro Eduardo Cáceres Alava
EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios, por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar satisfactoriamente esta importante etapa académica y profesional.

Agradezco de manera especial a mi tutor de tesis, por su orientación, conocimientos y acompañamiento académico durante el desarrollo de la presente investigación, aportando significativamente a la consolidación de este trabajo. De igual manera, manifiesto mi sincera gratitud a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de este proceso, siendo un pilar fundamental para alcanzar esta meta.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por guiar mi camino y brindarme la fortaleza necesaria para superar cada desafío presentado durante esta etapa académica.

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y confianza permanente siendo el principal impulso para alcanzar esta meta profesional. Asimismo, dedico este logro a todas las personas que creyeron en mí y me motivaron a continuar con esfuerzo, disciplina y perseverancia hasta culminar satisfactoriamente esta importante etapa de formación académica y finalmente, dedico este trabajo a mi crecimiento personal y profesional como reflejo del compromiso, constancia y dedicación invertidos a lo largo de este proceso.

ÍNDICE GENRAL

INTRODUCCION	1
<i>Planteamiento del problema.....</i>	<i>4</i>
<i>Objetivos del estudio</i>	<i>6</i>
<i>Preguntas de investigación.....</i>	<i>7</i>
<i>Hipótesis.....</i>	<i>7</i>
<i>Justificación del estudio</i>	<i>8</i>
<i>Alcance y limitaciones del estudio</i>	<i>9</i>
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	27
2.1 Contexto de la investigación	27
2.2 Diseño y alcance de la investigación.....	27
2.3 Tipo y métodos de investigación.....	27
2.4 Población y muestra	28
2.4.1 Población	28
2.4.2 Diseño Muestral y Justificación del Tamaño (n=20)	28
2.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos: Diseño y Variables.....	30
2.5.1 Instrumento Cuantitativo: Encuesta de Percepción	30
2.5.2 Instrumento Cualitativo: Ficha de Observación Técnica.....	31
2.6 Procesamiento de la Evaluación: Validez, Confiabilidad y Criterios Estadísticos.....	31
2.6.1 Validez y Confiabilidad de los Instrumentos	31
2.6.2 Procesamiento Estadístico y Criterios de Decisión	31
2.7 Identificación y operacionalización de variables	32
2.7.1 Definición conceptual de variables	32
2.7.2 Matriz de operacionalización	32

CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
3.1 Introducción	35
3.2 Resultados del Objetivo Específico 1: Análisis de la Oferta y Demanda de Infraestructuras Resilientes.....	36
3.2.1 <i>Caracterización de la Muestra y Datos Generales</i>	36
3.2.2 <i>Análisis de Demanda: Percepción de Confort Térmico y Eficiencia Energética</i>	38
3.2.3 <i>Análisis de Demanda: Resiliencia ante Eventos Climáticos.....</i>	42
3.2.4 <i>Análisis de Oferta: Evaluación Técnica de Infraestructuras Existentes</i>	45
3.2.5 <i>Análisis FODA Integrado.....</i>	50
3.2.6 <i>Discusión del Análisis FODA.....</i>	52
3.3 Resultados del Objetivo Específico 2: Propuesta de Diseño de Complejo Habitacional Resiliente	53
3.3.1 <i>Diagnóstico del Diseño Actual (Caso Base: Conjunto Oro City)</i>	54
3.3.2 <i>Diagnóstico y Necesidad de Intervención.....</i>	56
3.3.3 <i>Estrategias de Mejora Propuestas.....</i>	56
3.3.4 <i>Análisis y Fundamentación de las Estrategias.....</i>	60
3.3.5 <i>Diseño Conceptual del Complejo Resiliente.....</i>	61
3.3.6 <i>Viabilidad Técnica y Social</i>	64
3.4 Resultados del Objetivo Específico 3: Análisis Económico del Modelo Propuesto	67
3.4.1 <i>Supuestos del Análisis Económico.....</i>	67
3.4.2 <i>Flujo de Caja Proyectado</i>	74
3.4.3 <i>Análisis de los Flujos de Caja Proyectados</i>	75
3.4.4 <i>Discusión de los Resultados del Flujo de Caja.....</i>	76
3.4.5 <i>Indicadores de Rentabilidad.....</i>	77
3.4.6 <i>Análisis de los Indicadores de Rentabilidad.....</i>	78
3.4.7 <i>Análisis de Sensibilidad.....</i>	79
3.5. Verificación de Hipótesis.....	82

3.5.1	<i>Verificación de la Hipótesis Principal</i>	82
3.5.2	<i>Verificación de la Hipótesis Secundaria 1</i>	84
3.5.3	<i>Verificación de la Hipótesis Secundaria 2</i>	86
3.5.4	<i>Síntesis de la Verificación de Hipótesis</i>	88
3.5.5	<i>Discusión de los Resultados de la Verificación</i>	89
3.6.	Discusión General de Resultados	91
3.6.1	<i>El Diagnóstico: Validación de la Vulnerabilidad Urbana Costera</i>	91
3.6.2	<i>La Propuesta: Un Modelo Sistémico y Contextualizado</i>	93
3.6.3	<i>El Análisis Económico: El Argumento Decisivo</i>	94
3.6.4	<i>Implicaciones y Limitaciones</i>	95
3.6.5	<i>Síntesis y Contribución</i>	96
3.7.	Propuesta: Modelo de Planificación Urbana Resiliente para Machala (MOPUR-Machala)	97
3.7.1	<i>Componente 1: Normativa Urbana Resiliente</i>	99
3.7.2	<i>Componente 2: Guía de Diseño para Conjuntos Habitacionales Resilientes</i> .	100
3.7.3	<i>Componente 3: Herramientas de Evaluación y Certificación</i>	100
3.7.4	<i>Componente 4: Estrategia de Implementación y Financiamiento</i>	101
3.7.5	<i>Síntesis de la Propuesta</i>	102
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	106
	REFERENCIAS	108
	ANEXOS	113
	<i>ANEXO A</i>	113
	<i>Encuesta de variable dependiente: satisfacción con el diseño y calidad de vida</i>	113
	<i>ANEXO B</i>	117
	<i>Encuesta de variable Independiente: Percepción de Eficiencia y Confort Climático</i>	117
	<i>ANEXO C</i>	121
	<i>Encuesta de variable Independiente: Percepción de Eficiencia y Confort Climático</i>	121

<i>ANEXO D</i>	<i>123</i>
<i>Encuesta de variable dependiente: satisfacción con el diseño y calidad de vida</i>	<i>123</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Matriz de operacinalización.</i>	33
<i>Tabla 2: Caracterización de la muestra según tipología constructiva y orientación</i>	37
<i>Tabla 3: Tabla de contingencia: Estrategias pasivas vs. Percepción de confort térmico.</i> ..	40
<i>Tabla 4: Tabla de contingencia: Nivel de cimentación vs. Ocurrencia de inundaciones.</i> ...	44
<i>Tabla 5: Resultados de la evaluación técnica: Indicadores de oferta de infraestructuras resilientes.</i>	46
<i>Tabla 6: Matriz FODA para la implementación de infraestructuras resilientes en el Conjunto Habitacional Oro City, Machala.</i>	50
<i>Tabla 7: Estrategias de mejora propuestas para un complejo habitacional resiliente en Machala.</i>	57
<i>Tabla 8: Percepción de valor y disposición a pagar por mejoras en la vivienda.</i>	66
<i>Tabla 9: Estimación de inversión incremental y ahorros por estrategias resilientes (por vivienda).</i>	70
<i>Tabla 10: Indicadores de rentabilidad comparativos: Escenario Base vs. Escenario Resiliente.</i>	78
<i>Tabla 11: Resultados del análisis de sensibilidad para el escenario resiliente.</i>	80
<i>Tabla 12. Resumen de la verificación de hipótesis.</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Percepción de temperatura interior en días calurosos.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 2: Problemas reportados durante la última estación lluviosa.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3: Evaluación de satisfacción con el diseño actual del Conjunto Habitacional Oro City.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 4: Esquema conceptual de implantación para un complejo habitacional resiliente en Machala.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5: Estructura conceptual del Modelo de Planificación Urbana Resiliente para Machala (MOPUR-Machala).....</i>	<i>98</i>

Modelo de Planificación Urbana para Infraestructuras Resilientes y Eficientes Energéticamente en la Ciudad de Machala.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar un modelo de planificación urbana orientado a infraestructuras resilientes y energéticamente eficientes en Machala, Ecuador, entorno costero altamente vulnerable a inundaciones y temperaturas elevadas. Mediante un estudio de caso en el Conjunto Habitacional Oro City, se implementó un enfoque metodológico mixto que integró encuestas de percepción, fichas de observación técnica, entrevistas semiestructuradas y un análisis económico comparativo a 20 años. El diagnóstico evidenció deficiencias estructurales críticas: el 60% de las viviendas presenta patologías por humedad ascendente, el 40% registra inundaciones recurrentes y el 80% posee una cota de cimentación inferior a la recomendada (promedio 18 cm). Asimismo, se constató una ausencia de estrategias pasivas de climatización, correlacionada significativamente ($p < 0,05$) con el bajo confort térmico (25%) y la elevada dependencia de climatización artificial (70%). En respuesta, se formuló el Modelo de Planificación Urbana Resiliente para Machala (MOPUR-Machala), que articula diseño pasivo, infraestructura verde, sistemas urbanos de drenaje sostenible y gobernanza comunitaria. La evaluación financiera demostró su superioridad (VAN: USD 23.870; TIR: 16,1%; B/C: 1,32) frente al escenario base, con robustez confirmada mediante análisis de sensibilidad. Se concluye que MOPUR-Machala constituye una hoja de ruta técnica, social y financieramente viable para reducir la vulnerabilidad climática urbana.

Palabras clave: Resiliencia urbana; Eficiencia energética; Ciudades costeras; Planificación urbana sostenible; Infraestructura verde.

ABSTRACT

This research aimed to design an urban planning model for resilient and energy-efficient infrastructure in the city of Machala - Ecuador, a coastal environment highly vulnerable to flooding and elevated temperatures. Through a case study at the Oro City Housing Complex, a mixed-method approach was applied, combining resident perception surveys, technical observation sheets, semi-structured interviews, and a comparative 20-year economic scenario analysis. The diagnostic results revealed critical deficiencies: 60% of dwellings present humidity problems, 40% suffer recurrent flooding, 80% have a foundation level below the recommended threshold, and there is an almost total absence of passive climate control strategies. These findings are statistically correlated with resident dissatisfaction (only 25% thermal comfort satisfaction) and a high dependence on artificial climate control (70%). In response to this reality, the Resilient Urban Planning Model for Machala (MOPUR-Machala) was formulated, integrating strategies of passive design, green infrastructure, sustainable water management, and community governance. The economic evaluation demonstrated the financial superiority of the proposed model: the resilient scenario achieved a Net Present Value (NPV) of \$23,870, an Internal Rate of Return (IRR) of 16.1%, and a Benefit-Cost Ratio (BCR) of 1.32, significantly outperforming the base scenario (NPV of \$4,560; IRR of 13.4%). Sensitivity analysis confirmed its robustness against variations in energy costs, construction cost overruns, and the discount rate. It is concluded that the MOPUR-Machala model constitutes a technically, socially, and financially viable roadmap to transform urban planning practice in the city, reducing climate vulnerability and improving the quality of life for its inhabitants.

Keywords: Urban resilience; Energy efficiency; Coastal cities; Sustainable urban planning; Green infrastructure.

INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento demográfico y la expansión urbana de las últimas décadas han impuesto desafíos estructurales a las ciudades de todo el mundo. La creciente demanda de complejos habitacionales ha intensificado la sobreexplotación de los recursos naturales, la contaminación ambiental y el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. A esta presión se suma el cambio climático, cuyas manifestaciones extremas como inundaciones y olas de calor agravan dichos problemas. Frente a esta realidad, la planificación urbana afronta el imperativo de migrar hacia modelos de ciudad sostenibles y resilientes, capacitados para soportar el ascenso de la demanda habitacional y del consumo energético vinculado al tejido edificatorio (IPCC, 2023; Meerow et al., 2016).

Paralelamente, la transición energética ha reconfigurado los criterios de planificación de la infraestructura urbana. A escala global se han implementado estrategias orientadas a reducir la demanda energética y optimizar la eficiencia de los sistemas constructivos. La evidencia empírica corrobora que tecnologías como la fotovoltaica integrada en cerramientos y los aislantes de alta inercia térmica logran disminuir el gasto energético en viviendas hasta en un 30 % (Kang et al., 2022). Diversos países han consolidado modelos de planificación urbana que fusionan sostenibilidad ambiental con resiliencia climática: China ha desarrollado ciudades ecológicas que priorizan tecnologías verdes, Alemania se erige como referente en la integración de renovables y eficiencia térmica de envolventes y Canadá ha orientado su planeamiento hacia asentamientos capaces de resistir embates climáticos severos. La evidencia internacional más reciente confirma que planificar con infraestructuras resilientes y descarbonizadas permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 50 % (Li et al., 2024), validando su doble contribución: frenar el calentamiento global y optimizar la calidad de vida en las urbes.

Contexto de la Investigación: Regional y Local

Vulnerabilidad y adaptación climática en ciudades costeras de América Latina

La problemática de las ciudades costeras latinoamericanas refleja una tendencia regional bien documentada. Estas urbes asentadas sobre manglares y estuarios frágiles padecen dos fuerzas simultáneas: el crecimiento demográfico caótico y la agudización de eventos hidrometeorológicos

inducidos por el cambio climático (Margulis, 2016). En Ecuador, la ocupación informal de zonas de alto riesgo constituye un patrón recurrente de vulnerabilidad territorial. (Reyna García et al., 2020) constatan cómo los barrios ribereños de Portoviejo se convierten durante cada invierno severo en epicentros de desastre, agravando la exposición a inundaciones y deslizamientos. Una dinámica análoga de "riesgo construido" se aprecia en la periferia de Quito, donde Córdova et al. (2024) señalan que la regularización predial sin inversión simultánea en infraestructura de mitigación genera una falsa sensación de seguridad e incrementa la vulnerabilidad a largo plazo.

Diversas capitales sudamericanas han iniciado, con grados de éxito variables, la transición hacia modelos de gobernanza climática municipal. Schaller et al. (2016), en su examen comparativo de Ciudad de México, Lima y Santiago de Chile, concluyen que el obstáculo principal para una adaptación eficaz no reside en la insuficiencia de diagnósticos técnicos, sino en la desarticulación institucional y la carencia de ordenanzas vinculantes para el gremio constructor. En la misma línea (Krellenberg et al., 2017) observan que Santiago de Chile ha progresado en el mapeo de riesgos; sin embargo, la implementación de infraestructura verde-azul sigue siendo limitada. El caso de Ciudad del Cabo (Mukheibir & Ziervogel, 2007) evidencia que los Planes Locales de Adaptación solo adquieren eficacia cuando involucran a los agentes constructores y fijan estándares mínimos de resiliencia (Barton, 2009).

La región del Caribe y el Atlántico Sur constituye un espejo climático directo para Machala. Stoll et al. (2025) examinan las dificultades de Brasil para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11 y 13) en sus áreas costeras, señalando que la especulación inmobiliaria y la construcción masiva de viviendas de baja calidad térmica con bloque de hormigón sin aislamiento esto constituye una barrera estructural para la sostenibilidad urbana. Los autores subrayan que, en el trópico húmedo la resiliencia climática y la eficiencia energética son dos caras de una misma moneda. Una edificación incapaz de mantener el confort térmico de forma pasiva contribuye al calentamiento global mediante el uso intensivo de aire acondicionado y resulta más vulnerable a los cortes de suministro eléctrico durante eventos extremos.

El caso de Machala: vulnerabilidad estructural y déficit de planificación

Machala, capital de la provincia de El Oro, encarna los dilemas que afectan a las urbes costeras intermedias de Ecuador. Con 317.810 habitantes en 2024 y un ritmo de crecimiento anual del 1,86

%, la ciudad concentra el 94 % de la población de su cantón. Su economía, anclada históricamente en la exportación bananera y camaronera, no ha ido acompañada de un esquema de ocupación del suelo mínimamente consensuado; el propio Plan de Uso y Gestión del Suelo municipal reconoce que la presión demográfica y la urbanización caótica constituyen obstáculos de primer orden para cualquier aspiración de desarrollo perdurable (GAD Machala, 2022).

La expansión desordenada ha alimentado la multiplicación de asentamientos informales cuya inseguridad jurídica, precariedad constructiva y ausencia de servicios básicos quedan caracterizadas por la Ordenanza Municipal 15-2021. Diversos trabajos académicos sitúan estos núcleos en las franjas de influencia de los esteros, como el estero El Macho, donde los habitantes enfrentan cada invierno la amenaza de ver sus viviendas anegadas (Reyna García et al., 2020). La falta de agua potable, saneamiento y drenaje pluvial funcional exacerba la exposición a inundaciones y enfermedades de origen hídrico, configurando focos de fragilidad socioambiental que se reproducen con alarmante sistematicidad.

El sistema de alcantarillado pluvial de Machala se revela estructuralmente inadecuado para absorber los volúmenes de precipitación que registra la zona. En febrero de 2025, más de diez horas de lluvia ininterrumpida provocaron su colapso total: más de 250 de los 400 barrios urbanos sufrieron anegamientos, con láminas de agua que alcanzaron los 50 cm de altura. La situación se tornó crítica por la coincidencia con la marea alta y el desbordamiento del estero El Macho. Episodios análogos se repiten con periodicidad: en febrero de 2024 se inundaron barrios periféricos; en marzo de 2025, cerca del 80 % de la ciudad resultó afectada y en febrero de 2026 volvieron a reportarse anegamientos generalizados. Esta secuencia cronológica revela un patrón de vulnerabilidad hídrica estructural, y no un mero accidente climático coyuntural.

La bibliografía indexada confirma que Machala es una ciudad expuesta a inundaciones cuyo desencadenante principal son los eventos extremos de lluvia, cuya frecuencia e intensidad aumentan de manera congruente con las proyecciones del calentamiento global (Arreguín-Cortés et al., 2016). A ello se suma que la red de alcantarillado, construida con tuberías de hormigón fisuradas por el paso de las décadas y la acumulación de residuos sólidos y maleza en cunetas y sumideros dificultan sistemáticamente la evacuación del agua.

En el plano energético, las edificaciones de Machala se levantan con hormigón convencional, sin atender criterios de diseño bioclimático ni de aislamiento térmico. En el clima cálido-húmedo característico de la costa ecuatoriana, este sistema constructivo genera un desempeño energético francamente deficiente. Durante las olas de calor, el consumo eléctrico de la ciudad llega a incrementarse hasta en un 40 %, lo que provoca sobrecargas y cortes recurrentes en los transformadores. La ineficiencia térmica no solo encarece las facturas familiares, sino que somete a toda la red de distribución a un estrés sistémico, configurando un círculo vicioso en el que el creciente uso de sistemas de climatización artificial profundiza la vulnerabilidad energética de la urbe (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021).

El déficit de infraestructura verde agrava aún más este panorama. Machala presenta uno de los índices de áreas verdes más críticos del sur ecuatoriano, con apenas 1 m² por habitante frente a los 9 m² que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010). Esta carencia, que ronda el 90 % del estándar internacional no solo restringe las posibilidades de recreación, sino que anula la capacidad natural del suelo para infiltrar las aguas lluvias y regular la temperatura mediante evapotranspiración. La escasa cobertura arbórea y el predominio de superficies impermeables agrava dos problemas críticos: intensifican la isla de calor urbana durante los picos térmicos (Oke, 1982) e incrementan el caudal y la velocidad de la escorrentía superficial durante las lluvias intensas, contribuyendo al colapso del drenaje.

Planteamiento del problema

Descripción del problema central.

Machala encara un reto mayúsculo derivado de la carencia de una planificación resiliente, carencia que ha aumentado la vulnerabilidad de su parque residencial ante el cambio climático (Aerts et al., 2014). La expansión acelerada de la superficie urbana agravada por la ausencia de políticas sólidas de gestión de riesgos sitúa a la ciudad ante fenómenos extremos, como lluvias torrenciales, inundaciones urbanas y picos térmicos con escasa protección. A ello se suma que las infraestructuras edificadas carecen de criterios de optimización energética, lo que incrementa el derroche de recursos naturales y de electricidad. Tales ineficiencias elevan los costos de mantenimiento, aceleran el envejecimiento de las estructuras y reduce su vida útil, comprometiendo la habitabilidad de las viviendas. En ausencia de una intervención estructural y sostenible, la problemática actual podría

profundizarse, afectando no solo al tejido construido, sino también a la salud y al bienestar de sus habitantes (Wilby & Keenan, 2012).

Impacto de la planificación insuficiente.

La vulnerabilidad multidimensional de Machala se manifiesta en cuatro dimensiones críticas interconectadas que configuran un círculo vicioso de fragilidad urbana:

Vulnerabilidad hídrica estructural. El sistema de alcantarillado pluvial, construido con tuberías de hormigón fisuradas, resulta insuficiente para absorber los volúmenes de precipitación que registra la zona. La acumulación de residuos sólidos y maleza en cunetas y sumideros dificulta de manera constante la evacuación del agua, manteniendo el ciclo de inundación urbana. La recurrencia de episodios críticos febrero 2024, marzo 2025 y febrero 2026 desmiente cualquier carácter excepcional y revela un patrón de vulnerabilidad hídrica estructural.

Ineficiencia energética del parque edificado. Las edificaciones de Machala se levantan con hormigón convencional, sin atender criterios de diseño bioclimático ni de aislamiento térmico. Durante las olas de calor el consumo eléctrico de la ciudad llega a incrementarse hasta en un 40 %, lo que provoca sobrecargas y cortes recurrentes en los transformadores. La ineficiencia térmica no solo encarece las facturas familiares, sino que somete a toda la red de distribución a un estrés sistémico configurando un ciclo de deterioro en el que el creciente uso de sistemas de climatización artificial profundiza la vulnerabilidad energética de la urbe (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021).

Déficit crítico de infraestructura verde. Machala presenta uno de los índices de áreas verdes más críticos del sur ecuatoriano, con apenas 1 m² por habitante frente a los 9 m² recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esta carencia anula la capacidad natural del suelo para infiltrar aguas lluvias y regular la temperatura mediante evapotranspiración. La escasa cobertura arbórea y el predominio de superficies impermeables intensifican la isla de calor urbana e incrementan la escorrentía superficial durante lluvias intensas, contribuyendo directamente al colapso del drenaje (Oke, 1982).

Crecimiento urbano desordenado y asentamientos informales. La expansión desordenada ha alimentado la multiplicación de asentamientos informales en las franjas de influencia de los esteros, donde los habitantes enfrentan cada invierno la amenaza de ver sus viviendas anegadas (Reyna García et al., 2020). La falta de agua potable, saneamiento y drenaje pluvial funcional exacerba la exposición a inundaciones y enfermedades de origen hídrico.

La brecha de investigación

El conjunto de estos factores conformado por el crecimiento desordenado, asentamientos informales sin servicios, inundaciones recurrentes, alcantarillado obsoleto, alta demanda eléctrica por diseños ineficientes y déficit crítico de vegetación urbana configura una situación de vulnerabilidad sistémica que exige una atención inmediata. Machala requiere con urgencia un modelo de planeación que articule infraestructuras con capacidad adaptativa al cambio climático y uso racional de recursos. La implementación de soluciones basadas en la naturaleza, la adopción de criterios de diseño pasivo en las nuevas edificaciones y la actualización del marco normativo municipal con exigencias como cotas de cimentación adecuadas y porcentajes mínimos de suelo permeable no constituyen opciones deseables, constituyen requisitos técnicos indispensables para garantizar la habitabilidad y la perdurabilidad de la ciudad a largo plazo (Ortega Cueva & Avila Treviño, 2023). La presente investigación se inscribe precisamente en esa brecha y propone un modelo de planificación contextualizado, consciente de las restricciones institucionales y económicas existentes, que aspire a convertir a Machala en un referente de resiliencia y eficiencia energética para las ciudades costeras del trópico húmedo ecuatoriano.

Objetivos del estudio

Objetivo general

Proponer un modelo de planificación urbana para conjuntos habitacionales en la ciudad de Machala que integre criterios de resiliencia estructural y eficiencia energética, mediante el diagnóstico de la oferta y demanda local, el diseño conceptual de un complejo adaptado al clima y la evaluación económica de su viabilidad financiera, con el fin de fomentar un desarrollo urbano sostenible frente al cambio climático.

Objetivos específicos.

OE1. Diagnosticar la oferta y demanda de infraestructuras resilientes en complejos habitacionales de Machala, utilizando encuestas de percepción, fichas de observación técnica y entrevistas a actores

clave, para la construcción de una matriz FODA que identifique los factores determinantes de la viabilidad técnica y social de la implementación de mejoras.

OE2. Formular una propuesta de diseño conceptual para un complejo habitacional resiliente y bajo en carbono, aplicando estrategias de diseño pasivo, sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) e infraestructura verde, tomando como línea base las deficiencias diagnosticadas en el Conjunto Habitacional Oro City.

OE3. Evaluar la viabilidad económica del modelo propuesto mediante la aplicación de indicadores financieros de rentabilidad social y privada (Valor Actual Neto - VAN, Tasa Interna de Retorno - TIR y Relación Beneficio-Costo - B/C), contrastando el desempeño económico del escenario resiliente frente al escenario convencional.

Preguntas de investigación

Pregunta principal.

¿De qué manera un modelo de planificación urbana que incorpore estrategias de diseño pasivo y gestión hídrica sostenible puede optimizar el desempeño energético y la resiliencia climática de los conjuntos habitacionales en la ciudad de Machala?

Preguntas secundarias.

1. ¿Cuál es el estado actual de la oferta de infraestructura resiliente y la demanda de confort térmico y seguridad hídrica por parte de los residentes de conjuntos habitacionales representativos de Machala?
2. ¿Qué estrategias específicas de protección solar, ventilación cruzada y drenaje urbano sostenible son técnica y socialmente viables para mitigar las deficiencias constructivas identificadas en el contexto local?
3. ¿Cuál es la rentabilidad financiera de incorporar criterios de resiliencia y eficiencia energética en el ciclo de vida de una vivienda de interés social en Machala, en comparación con el modelo de construcción convencional?

Hipótesis

Hipótesis principal.

La implementación de un modelo de planificación urbana basado en infraestructuras resilientes y eficientes energéticamente en conjuntos habitacionales de Machala optimizará la adaptabilidad climática de las edificaciones y reducirá su dependencia de sistemas activos de climatización,

contribuyendo así a la sostenibilidad operativa del hábitat construido (Singh & Hachem-Vermette, 2022).

Hipótesis secundarias

H1: La integración de criterios de resiliencia estructural (cota de cimentación adecuada y aumento de la permeabilidad del suelo) en el diseño de conjuntos habitacionales se correlaciona significativamente con una menor incidencia de daños por inundaciones y humedad, lo que se traduce en una reducción proyectada de los costos de mantenimiento correctivo durante la fase de operación de la edificación.

H2: La aplicación de estrategias de eficiencia energética pasiva (protecciones solares, mejora de la envolvente y ventilación cruzada) en los complejos habitacionales de Machala permite reducir el consumo energético destinado a climatización artificial y consecuentemente, las emisiones de carbono asociadas a la fase de uso, generando indicadores financieros de rentabilidad (VAN y TIR) superiores a los del modelo de construcción convencional.

Justificación del estudio

Pertinencia académica y práctica

Este estudio resulta necesario para reorientar la planificación urbana de Machala y reforzar su capacidad adaptativa frente al cambio climático (Davoudi et al., 2012). Un enfoque integrador que vincule infraestructura resiliente y eficiencia energética permite reducir costos de mantenimiento, elevar las condiciones de habitabilidad y generar entornos más seguros (Santamouris, 2020). La adopción de estos enfoques debe traducirse en una menor fragilidad constructiva y en un uso racional del agua, el suelo y la electricidad. Por su naturaleza aplicada, la investigación puede incidir directamente en las decisiones de política pública y en el diseño de nuevos conjuntos residenciales a largo plazo, se aspira a que el modelo no solo transforme la urbe costera, sino que opere como referente transferible a otras ciudades con problemáticas análogas (UN-Habitat, 2022).

Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La investigación responde a la necesidad de implementar estrategias urbanas alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles). Las ciudades costeras como Machala demandan infraestructuras verdes y resilientes para mitigar los riesgos climáticos y asegurar la adaptación comunitaria (Chávez et al., 2021). La planificación urbana sostenible exige enfoques basados en datos que optimicen los recursos y minimicen los

impactos ambientales, en consonancia con el ODS 13 (acción por el clima) (MacLachlan et al., 2021). Igualmente, requiere el diseño de infraestructuras sociales sostenibles que reduzcan la presión sobre los recursos naturales, en línea con el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) (Kloosterman et al., 2020). Un abordaje integral garantiza así un desarrollo urbano equitativo y adaptable.

Contribución esperada

La principal contribución de esta investigación radica en ofrecer una visión integral y basada en evidencia que articula las dimensiones técnica, social, ambiental y económica de la resiliencia urbana en el contexto específico de Machala. Al diagnosticar empíricamente las vulnerabilidades de un conjunto habitacional representativo, formular un modelo de diseño contextualizado y validar su viabilidad económica la investigación proporciona a los tomadores de decisiones, autoridades municipales, desarrolladores inmobiliarios y comunidades organizadas un marco de acción concreto y justificado para avanzar hacia un desarrollo urbano más sostenible, equitativo y preparado para los desafíos climáticos del futuro.

Alcance y limitaciones del estudio

Toda investigación aplicada en el ámbito de la gestión de la construcción opera dentro de fronteras metodológicas y logísticas que conviene explicitar para una correcta interpretación de los resultados. A continuación se definen los límites geográficos, temporales y metodológicos del estudio, así como las restricciones que afectan la disponibilidad, veracidad y pertinencia de los datos, con especial énfasis en las implicaciones derivadas del diseño muestral y del enfoque de estudio de caso.

Delimitación geográfica y espacial

El presente estudio se circunscribe a la ciudad de Machala, provincia de El Oro, Ecuador. El levantamiento empírico no abarcó la totalidad del tejido urbano, sino que se concentró en un caso instrumental: el Conjunto Habitacional Oro City, seleccionado por constituir un prototipo representativo de vivienda de interés social edificada en la última década en la periferia de la ciudad, caracterizado por el uso intensivo de bloque de hormigón, la baja permeabilidad del suelo y la ausencia de criterios de diseño pasivo. Los hallazgos diagnósticos sobre confort térmico e hídrico resultan directamente trasladables a conjuntos de morfología análoga; no obstante, su extrapolación a edificaciones en altura, viviendas rurales aisladas o asentamientos informales demanda necesariamente cautela metodológica.

Alcance temporal

Los datos primarios se obtuvieron entre octubre de 2025 y enero de 2026, intervalo que cubre la transición de la estación seca a la lluviosa en la costa ecuatoriana, coyuntura climática que incide en la percepción térmica y en el recuerdo de inundaciones. Para el cómputo financiero se adoptó un horizonte de 20 años, según establece la norma ISO 15686-5 para proyectos sostenibles; en cuanto a las tendencias urbano-climáticas, se procesaron registros secundarios del período 2015-2025, ventana que permite capturar dinámicas consolidadas.

Limitaciones metodológicas y de datos

La selección de 20 viviendas en Oro City se realizó mediante un muestreo intencional no probabilístico, orientado por la diversidad de orientación solar y la accesibilidad de los inmuebles. Esta decisión, aunque metodológicamente justificada por el análisis de potencia estadística a priori (Faul et al., 2009) y por el principio de saturación de la información (Lincoln & Guba, 1985), impone restricciones importantes a la generalización de los resultados.

En primer lugar, el carácter no probabilístico del muestreo implica que los hallazgos no pueden extrapolarse estadísticamente al conjunto de las viviendas de Machala. La muestra, aunque suficiente para detectar asociaciones robustas entre variables como se demuestra en los análisis correlacionales con tamaños de efecto grandes (V de Cramér = 0.59), no permite realizar inferencias poblacionales con un nivel de confianza determinado. Cualquier afirmación sobre la totalidad de los conjuntos habitacionales de la ciudad debe formularse con cautela, pues la variabilidad intraurbana en términos de tipología constructiva, antigüedad, ubicación y condiciones socioeconómicas podría introducir diferencias no capturadas por el estudio (Patton & Patton, 2023).

En segundo lugar, el enfoque de estudio de caso instrumental (Stake, 1995) privilegia la profundidad del análisis sobre la amplitud de la cobertura. El Conjunto Oro City fue seleccionado por su homogeneidad material, su diversidad de orientación y su accesibilidad, criterios que lo convierten en un caso paradigmático de la vivienda de interés social en la periferia de Machala. Sin embargo, esta misma especificidad limita la transferibilidad de los resultados a otros contextos. La validez externa del estudio; entendida como la capacidad de aplicar los hallazgos a otras poblaciones, entornos o momentos; queda, por tanto, supeditada a la similitud de las condiciones entre el caso estudiado y el contexto de aplicación.

No obstante, la validez interna del estudio; esto es, la credibilidad de las relaciones causales identificadas; se ve reforzada por la triangulación metodológica (Denzin, 2017). La convergencia de encuestas de percepción, fichas de observación técnica y entrevistas a actores clave proporciona una base empírica sólida para las asociaciones documentadas, como la relación entre estrategias pasivas y confort térmico ($p = 0.0084$) o entre cota de cimentación y ausencia de inundaciones ($p = 0.033$). La consistencia de estos hallazgos con el marco teórico y con la evidencia internacional añade una capa adicional de robustez a las conclusiones.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El presente capítulo desarrolla el marco conceptual y referencial que sustenta la investigación sobre un modelo de planificación urbana para infraestructuras resilientes y energéticamente eficientes en la ciudad de Machala, Ecuador. Para ello se desarrolla una revisión crítica de las teorías y enfoques más relevantes en los campos de la resiliencia urbana, la sostenibilidad energética y la adaptación climática en entornos costeros. El recorrido se estructura en tres ejes convergentes. En primer término, se examinan los fundamentos de la resiliencia urbana y la trayectoria del concepto hacia enfoques sistémicos (Meerow et al., 2016). En segundo plano, se exploran las líneas de actuación en sostenibilidad energética y descarbonización del entorno edificado con especial atención al diseño pasivo. Finalmente, se integran ambas vertientes en un modelo conceptual propio. El capítulo cierra con una síntesis que explicita las brechas de conocimiento aún marcadas y subraya la pertinencia del estudio para el contexto local.

1.1 Fundamentos de la Resiliencia Urbana en Ciudades Costeras

1.1.1 Evolución del concepto de resiliencia urbana: de la resistencia a la adaptación sistémica

El término resiliencia, tomado de la física y la ecología, ha experimentado una profunda transformación al aplicarse a los sistemas urbanos. Ha dejado de entenderse como una mera resistencia al cambio para concebirse como un proceso dinámico de adaptación y transformación (Yang et al., 2022). Esta evolución conceptual resulta determinante para ciudades costeras como Machala, donde la confluencia de riesgos climáticos y presión urbanística exige respuestas que trascienden la simple solidez física de las infraestructuras.

En sus orígenes, la ingeniería y la gestión de desastres concibieron la resiliencia como la aptitud de un sistema para absorber una perturbación y retornar a su estado de equilibrio original (Meerow et al., 2016). La visión de resiliencia llamada de "ingeniería" ponía el acento en la solidez, la redundancia y la rapidez restauradora de las infraestructuras vitales ante perturbaciones extremas. Aunque aún válida para elementos singulares como puentes o conducciones de agua se torna insuficiente para abordar la complejidad sistémica de las urbes donde lo social, lo económico y lo ecológico interactúan estrechamente (Kapucu et al., 2021).

Desde la ecología emergió otra visión: la resiliencia "ecológica", anclada en los sistemas socio-ecológicos. Los sistemas urbanos no aspiran a un equilibrio fijo, advierten Meerow et al. (2016); cambian incesantemente y pueden derivar hacia múltiples estados estables. Desde este

ángulo, la resiliencia no se limita a resistir y restituirse, sino que exige adaptarse y reconfigurarse ante realidades cambiantes, aprendiendo de cada perturbación para impulsar una transformación positiva. Una ciudad, por tanto, no puede limitarse a levantar diques más altos como única estrategia de resistencia, sino que debe replantear su modelo de ocupación del suelo, su red de drenaje y su vínculo con los ecosistemas costeros adaptación.

El discurso contemporáneo culmina en la noción de resiliencia urbana como propiedad de un sistema adaptativo complejo. Yang et al. (2022) aplican esta teoría a las aglomeraciones urbanas y demuestran que la resiliencia emerge de interacciones no lineales entre subsistemas. Así, la resiliencia de una ciudad costera no equivale a la suma de las resiliencias de sus edificios, vías y drenajes, sino a la capacidad global de anticipar, absorber, adaptarse y transformarse ante riesgos como el ascenso del nivel del mar, las lluvias intensificadas o las olas de calor (Kapucu et al., 2021; Pee & Pan, 2022).

Desde la perspectiva sistémica incide directamente en la planificación urbana y en el análisis de la presente investigación. En primer lugar, evidencia la insuficiencia de las soluciones sectoriales aisladas: mejorar el drenaje convencional no resolverá las inundaciones en la ciudad de Machala si no se actúa simultáneamente sobre la impermeabilización del suelo derivada del modelo urbano y sobre la ocupación de zonas de riesgo un problema social y de planificación. Esta vinculación explica que el diagnóstico del Conjunto Oro City identificara las deficiencias en la cota de cimentación y la baja permeabilidad del suelo como causas de vulnerabilidad tan relevantes como la propia insuficiencia del drenaje.

Desde un enfoque sistémico, la resiliencia y la sostenibilidad deben articularse. Un sistema urbano que aspire a ser resiliente a largo plazo no puede descansar en prácticas que agoten sus recursos o aumenten su huella de carbono, con lo cual contribuye al cambio climático que pretende contrarrestar (Ramaswami et al., 2021). Esta integración es el eje fundamental de las 'ciudades inteligentes climáticamente' (Pee y Pan, 2022), donde la información y la tecnología optimizan el metabolismo urbano, reducen emisiones e incrementan también la capacidad adaptativa. En Machala, las estrategias de reducción de la demanda energética aislamiento y protecciones solares no solo mitigan el cambio climático, sino que también disminuyen la vulnerabilidad económica de los hogares ante futuros aumentos tarifarios, un claro ejemplo de sinergia.

El estudio de la resiliencia urbana requiere, además, un enfoque mixto que combine atributos físicos registrados mediante fichas de observación con dinámicas sociales y percepciones de los actores

recogidas en encuestas y entrevistas (MacLachlan et al., 2021; Murtagh et al., 2020). La resiliencia no es un atributo meramente objetivo de las infraestructuras, sino también una capacidad social que se manifiesta en la preparación comunitaria, la organización vecinal y la disposición a invertir en mejoras, tal como evidencia la elevada valoración de la vivienda resiliente por parte de los residentes de Oro City.

La transición desde una lógica de resistencia hacia otra de adaptación sistémica redefine, por consiguiente, el problema de la planificación en las ciudades costeras vulnerables. El objetivo ya no consiste en construir infraestructuras "a prueba de fallos", sino sistemas urbanos capaces de aprender, adaptarse y transformarse. Este marco guía la presente investigación y justifica la necesidad de un modelo de planificación integrador que aborde simultáneamente la eficiencia energética, la gestión del riesgo y la participación social.

1.1.2 Vulnerabilidad específica de las ciudades costeras: desafíos del Antropoceno

Las ciudades costeras se sitúan en la primera línea del cambio climático global y constituyen posiblemente los sistemas socio-ecológicos más vulnerables del planeta. Durante el Antropoceno, la actividad humana redefine los procesos terrestres, estos asentamientos afrontan una combinación inédita de amenazas naturales y presiones antrópicas que comprometen su sostenibilidad (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021). Diseñar estrategias de planificación que no solo mitiguen los impactos, sino que permitan adaptarse y transformarse exige comprender la especificidad de esa vulnerabilidad.

El calentamiento global ha intensificado un amplio conjunto de amenazas hidroclimáticas: el aumento del nivel del mar, tormentas más frecuentes y violentas, la intrusión salina en los acuíferos y eventos de precipitación extrema afectan a las infraestructuras, la habitabilidad y las economías locales (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021). A esta realidad se añade un fenómeno igualmente crítico, aunque menos visible: el estrechamiento costero, que se produce cuando los malecones, diques y edificaciones limitan la migración natural de manglares, marismas y playas hacia el interior ante el ascenso del nivel del mar. La consecuencia es la desaparición de esos ecosistemas protectores y, en una paradoja, el incremento de la fragilidad de las propias ciudades que buscaban resguardar (Chávez et al., 2021). Machala ilustra con nitidez este proceso, pues su crecimiento urbano no planificado ha ocupado históricamente zonas de influencia de esteros y áreas de amortiguamiento natural.

La vulnerabilidad costera, sin embargo, no deriva únicamente de factores externos: también se construye socialmente mediante procesos de urbanización insostenibles. Day et al. (2021) advierten sobre las oportunidades decrecientes para la sostenibilidad en las ciudades costeras, en las que el modelo dominante alta densidad de infraestructura gris, impermeabilización masiva del suelo, ocupación de zonas de riesgo y degradación de ecosistemas protectores ha disparado la exposición y la sensibilidad al riesgo. Este diagnóstico coincide con la noción de riesgo construido que nutre los enfoques recientes de gestión de desastres (Kapucu et al., 2021): la ciudad, lejos de proteger, termina amplificando las amenazas naturales.

A lo anterior se suma la interdependencia y la fragilidad de las infraestructuras en el medio costero. Las redes de agua, saneamiento, energía y transporte, concentradas en espacios reducidos y altamente expuestos, muestran una alta vulnerabilidad ante los efectos en cascada: una inundación no solo daña las viviendas, sino que puede colapsar el drenaje, contaminar las fuentes de agua y cortar el suministro eléctrico, mientras que el bloqueo de las vías de evacuación agrava el impacto sobre la población (Kloosterman et al., 2020; Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). Esta complejidad sistémica requiere estrategias coordinadas que consideren las interdependencias entre los sistemas urbanos, en lugar de proteger de forma aislada cada uno de sus componentes. Un aspecto que la literatura reciente suele omitir es la dimensión energética y de emisiones. En urbes costeras tropicales o subtropicales como Machala, el calor y la humedad imponen una elevada demanda de climatización, que se cubre en su mayor parte con electricidad generada a partir de combustibles fósiles, lo que atribuye de forma notable en los gases de efecto invernadero (Rosenzweig et al., 2018). Se configura así un círculo vicioso en el que la adaptación al calor mediante aire acondicionado agrava el problema global que se pretende mitigar (Ramaswami et al., 2021; Singh & Hachem-Vermette, 2022). Por ello, la eficiencia energética y el diseño pasivo emergen como estrategias de adaptación climática de primer orden, capaces de reducir tanto la vulnerabilidad económica de los hogares como la huella de carbono urbana (MacLachlan et al., 2021; Yu et al., 2023).

La vulnerabilidad de Machala no constituye un fenómeno fortuito, es el resultado de un modelo de desarrollo urbano que ha incorporado de manera insuficiente los aportes de la climatología y la ecología costera. En el contexto de Antropoceno, este diagnóstico reclama con urgencia un paradigma de planificación que sitúe la resiliencia hídrica, la eficiencia energética y la adaptación basada en los ecosistemas como pilares fundamentales.

1.1.3 Infraestructura verde y azul como estrategia de resiliencia costera

El panorama de vulnerabilidad que enfrentan las ciudades costeras en el Antropoceno otorga a la infraestructura verde y azul un papel muy distinto al de un simple ornamento paisajístico: la sitúa como una columna vertebral estratégica y multifuncional para la adaptación climática y la sostenibilidad urbana (Hanna & Comín, 2021; Chávez et al., 2021). Este planteamiento supone un giro de paradigma frente a la infraestructura gris convencional y parte de una constatación clave: los ecosistemas naturales y seminaturales pueden ofrecer servicios equivalentes o incluso superiores a los de las obras de ingeniería tradicionales, con la ventaja añadida de generar beneficios ambientales, sociales y económicos de manera simultánea.

Definición y tipologías.

La infraestructura verde designa una red de espacios naturales y seminaturales, planificada y manejada para brindar múltiples servicios ecosistémicos. Abarca tanto grandes conjuntos parques urbanos, corredores ecológicos, bosques como elementos de reducida escala: azoteas ajardinadas, muros vivos, cunetas revegetadas y jardines pluviales (Hanna & Comín, 2021). En correspondencia, la infraestructura azul se ocupa del ciclo hídrico en la ciudad e integra humedales artificiales, lagunas de retención, zanjas de infiltración, pavimentos permeables y sistemas urbanos de drenaje sostenible. En la práctica, ambas dimensiones se funden, y la bibliografía reciente las aborda como soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua y la adaptación costera (Chávez et al., 2021).

Funciones clave para la resiliencia costera.

La implementación de infraestructura verde y azul en entornos costeros genera beneficios que atienden directamente las vulnerabilidades diagnosticadas. El mejor documentado es la mitigación de inundaciones y la gestión de aguas pluviales: mientras los sistemas de drenaje convencionales buscan evacuar el agua con rapidez trasladando el problema aguas abajo, los SUDS y la infraestructura verde intervienen el ciclo hidrológico en el lugar mismo. Elementos como los pavimentos permeables, los jardines de lluvia o las zanjas de infiltración reducen la escorrentía superficial, recargan los acuíferos y amortiguan los picos de crecida, aliviando así la presión sobre los colectores y mitigando las inundaciones urbanas (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). Esta lógica de amortiguación se extiende a la franja costera: la preservación o restauración de manglares, marismas y dunas actúa como barrera natural que disipa la energía de olas y marejadas, protegiendo a su vez la infraestructura urbana (Chávez et al., 2021).

Una segunda función esencial es la adaptación al calor urbano y la mejora del confort térmico. La vegetación aporta sombra y evapotranspiración, dos procesos que enfrían el aire y las superficies;

MacLachlan et al. (2021) demuestran que una planificación basada en datos puede optimizar la ubicación de los espacios verdes para maximizar ese efecto. En ciudades tropicales como Machala, donde las altas temperaturas y la humedad disparan la demanda de climatización artificial, esta función resulta crucial, pues al reducir la temperatura ambiente disminuye la necesidad de refrigeración mecánica y atiende también la dimensión energética de la resiliencia (Singh & Hachem-Vermette, 2022). A esta ecuación se añade la salvaguarda de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos: los corredores verdes y los hábitats restaurados operan como resguardo para la fauna y potencian la conectividad ecológica, manteniendo ecosistemas funcionales que ofrecen polinización, control fitosanitario y mejora de la calidad del aire y del agua (Hanna & Comín, 2021).

Por último, los beneficios sociales y económicos son igualmente relevantes: una infraestructura verde bien planificada favorece la salud y el bienestar de la población al ofrecer espacios de recreación y esparcimiento; además, las áreas verdes conservadas elevan el valor inmobiliario y pueden atraer inversión y turismo. Kloosterman et al. (2020) subrayan la importancia de diseñar infraestructuras sociales sostenibles que integren las demandas de los distintos actores urbanos, de modo que se eviten conflictos por el uso del espacio y del agua.

El estrechamiento costero como justificación.

Chávez et al. (2021) introducen un concepto especialmente relevante para esta investigación: el coastal squeeze, que se produce cuando la infraestructura gris construida en la línea de costa impide que los ecosistemas costeros migren hacia el interior conforme asciende el nivel del mar, con la consiguiente pérdida de hábitats protectores y el incremento paradójico de la vulnerabilidad de la propia infraestructura. Frente a este círculo vicioso, la infraestructura verde costera restauración de manglares, creación de dunas se presenta como una solución que permite la adaptación de los ecosistemas y mantiene la protección de las ciudades. En conjunto, la infraestructura verde y azul se configura como una estrategia integradora y transversal que aborda simultáneamente la gestión del agua, la adaptación térmica, la conservación de la biodiversidad y el bienestar social, y su adopción en Machala inspirada en las mejores prácticas internacionales y ajustada al contexto local constituye un pilar fundamental del modelo de planificación urbana resiliente que aquí se propone.

1.2 Sostenibilidad Energética y Reducción de la Huella de Carbono en la Edificación

1.2.1 Eficiencia energética en edificaciones: principios de diseño pasivo para climas cálido-húmedos

El sector de la edificación no solo consume grandes cantidades de energía a escala global, sino que figura entre los mayores emisores de gases de efecto invernadero (Yim et al., 2018). En regiones de clima cálido-húmedo como Machala, el problema se agrava por la elevada demanda de climatización artificial necesaria para contrarrestar el calor y la humedad, lo que genera un círculo vicioso: la búsqueda de confort térmico dispara el consumo energético, encarece las facturas y aumenta la huella de carbono urbana (Singh & Hachem-Vermette, 2022; Ramaswami et al., 2021). En este escenario, la eficiencia energética deja de ser una opción tecnológica menor para convertirse en un pilar de la sostenibilidad urbana y de la resiliencia económica de los hogares.

Para abordarla se dispone de dos frentes complementarios. Las estrategias activas dependen de sistemas mecánicos y tecnológicos climatización eficiente, iluminación LED, sistemas fotovoltaicos, domótica, mientras que las estrategias pasivas aprovechan las condiciones climáticas del entorno y el propio diseño arquitectónico para reducir la demanda energética sin consumo adicional (He et al., 2020; Yu et al., 2023). En climas cálido-húmedos, las estrategias pasivas resultan especialmente relevantes, pues atacan la raíz del problema la ganancia de calor y la falta de ventilación en lugar de paliar sus efectos mediante sistemas activos que, a su vez, consumen energía.

A continuación se exponen los principales principios de diseño pasivo aplicables a Machala.

La orientación solar y la forma del edificio definen más que cualquier otra decisión de diseño, el comportamiento térmico interior. En latitudes tropicales como la de Machala aproximadamente 3° Sur, la radiación solar incide con mayor intensidad sobre las fachadas este y oeste durante la mañana y la tarde, respectivamente, por lo que una estrategia clave consiste en orientar las fachadas principales y la mayoría de los vanos hacia el norte y el sur, minimizando así la superficie expuesta a la radiación más agresiva (Singh & Hachem-Vermette, 2022). Adicionalmente, una forma compacta reduce la envolvente exterior en contacto con el ambiente y disminuye las ganancias de calor.

La protección solar complementa la orientación, ya que incluso con una disposición óptima es necesario proteger los vanos y muros de la radiación directa. Los aleros y voladizos proyecciones horizontales sobre ventanas y muros bloquean la radiación de alta elevación, como la del mediodía, aunque en las fachadas este y oeste exigen un diseño más complejo que combine elementos

verticales. Las celosías, persianas y lamas permiten el paso de la luz y la ventilación a la vez que bloquean la radiación directa, mientras que las pérgolas y la vegetación proporcionan sombra y, en el caso de las plantas, enfrían el aire por evapotranspiración (MacLachlan et al., 2021). La ausencia de protecciones solares adecuadas fue uno de los hallazgos más críticos del diagnóstico realizado en el Conjunto Oro City, donde solo el 5 % de las viviendas contaba con aleros de dimensión suficiente (≥ 60 cm); esta deficiencia explica en gran medida la elevada percepción de calor (45 % de percepciones negativas), particularmente en las viviendas con fachadas expuestas al este y al oeste. La ventilación natural cruzada constituye la estrategia de enfriamiento pasivo más efectiva en climas cálido-húmedos, ya que permite disipar el calor acumulado y renovar el aire interior sin gasto energético. Su correcto funcionamiento exige aberturas en dos fachadas opuestas, de modo que el aire penetre por barlovento y salga por sotavento, y una distribución interior que no obstaculice el flujo. Las ventanas, ubicadas a alturas distintas, aprovechan la presión diferencial; en edificios más complejos, patios o chimeneas de viento inducen ventilación incluso con vientos externos débiles (Santamouris & Kolokotsa, 2015). Li et al. (2024) demostraron, en un estudio realizado en Yunnan (China), que la combinación de ventilación natural y protección solar reduce hasta en un 25 % la demanda energética anual para climatización. En Oro City, la observación técnica encontró que apenas el 25 % de las viviendas logra una ventilación cruzada efectiva, dato que se correlaciona directamente con el 70 % de residentes que declara usar ventiladores o aire acondicionado con frecuencia.

La envolvente edilicia, mediante el aislamiento y la masa térmica, limita el flujo de calor entre el exterior y el interior; en climas cálidos, esta barrera resulta fundamental para impedir que el calor ganado durante el día se transmita al espacio habitable. La selección del material resulta determinante: los de alta masa térmica hormigón o piedra resultan ventajosos si se aíslan correctamente por el exterior, pues absorben el calor diurno y lo liberan lentamente por la noche; sin aislamiento, en cambio, se convierten en acumuladores que irradian calor hacia el interior. La incorporación de aislantes poliestireno, lana de roca o fibra de vidrio en la envolvente, junto con revestimientos reflectivos como pinturas claras o acabados "cool roof", refleja una mayor proporción de radiación solar y reduce la absorción de calor (Singh & Hachem-Vermette, 2022). La eficacia de estas medidas se cuantifica en el trabajo de Kang et al. (2022) sobre edificios de energía casi nula en China: la combinación de aislamiento térmico, protecciones solares y ventilación natural reduce las emisiones de carbono entre un 30 % y un 50 % en comparación con la construcción convencional. En Oro City, la homogeneidad material es total el 100 % de las viviendas emplea bloque de

hormigón y el aislamiento térmico está ausente por completo, de modo que los muros se calientan durante el día e irradian ese calor hacia el interior por la noche, perpetuando el discomfort y la dependencia de la climatización artificial.

El color y la reflectancia de las superficies inciden de forma directa en la ganancia de calor: los tonos claros presentan un albedo más alto y reflejan más radiación solar que los oscuros, por lo que aplicar pinturas reflectivas o elastomérica en colores claros constituye una medida de bajo costo y alta efectividad para reducir la temperatura superficial de las edificaciones (MacLachlan et al., 2021).

Conviene destacar que estas estrategias no operan de forma aislada, sino que deben integrarse en un diseño arquitectónico holístico: la orientación condiciona la efectividad de las protecciones solares, la ventilación cruzada depende de la distribución interior y la masa térmica interactúa con el aislamiento. Su impacto, además, trasciende el confort inmediato. Como demuestran Yim et al. (2018) en su análisis del ciclo de vida de edificios residenciales en Hong Kong, la fase de uso es la mayor contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero más del 86 % del total, de modo que las decisiones de diseño pasivo que reducen la demanda energética durante esa fase ejercen un impacto desproporcionadamente alto en la huella de carbono total a lo largo del ciclo de vida del edificio.

1.2.2 Planificación urbana baja en carbono: hacia la descarbonización del sector residencial

La transición hacia ciudades bajas en carbono se ha convertido en un imperativo global para mitigar los efectos del cambio climático. Dado que el sector de la edificación es responsable de una proporción significativa del consumo energético y de las emisiones de gases de efecto invernadero Yim et al. (2018) reportan que los edificios pueden contribuir con hasta un tercio de las emisiones globales y, en ciudades subtropicales como Hong Kong, con hasta el 60 % del consumo final de energía, la descarbonización del sector residencial se erige como una estrategia prioritaria para alcanzar los objetivos climáticos nacionales e internacionales (Ramaswami et al., 2021; He et al., 2020).

Ahora bien, la descarbonización no se logra únicamente mediante mejoras tecnológicas dispersas en edificios individuales, sino que requiere un enfoque sistémico e integrado a escala urbana, conocido como planificación urbana baja en carbono. Esta perspectiva parte de una constatación tan simple como poderosa: las decisiones sobre uso del suelo, densidad, movilidad, infraestructuras energéticas y diseño de edificios no operan por separado, sino que se hallan interconectadas y, en su conjunto,

determinan el metabolismo energético de una ciudad y su huella de carbono (Yu et al., 2023; Pee & Pan, 2022).

El balance entre oferta y demanda energética. Un concepto central de esta aproximación es la necesidad de analizar y equilibrar la oferta y la demanda de energía a escala urbana. Yu et al. (2023) proponen un método que acopla el análisis de escenarios de oferta y demanda para orientar las decisiones de planificación. Desde el lado de la demanda, las estrategias clave incluyen la eficiencia energética de los edificios mediante diseño pasivo, la electrificación de los usos finales como la cocción y el transporte y la gestión de la demanda; desde el lado de la oferta, se persigue la incorporación de fuentes renovables solar fotovoltaica, eólica, biomasa en el tejido urbano, junto al desarrollo de redes inteligentes y sistemas de almacenamiento energético. Esta lógica cobra especial relevancia para Machala. Tal como evidenció el diagnóstico de Oro City, la demanda de climatización se dispara a causa del diseño ineficiente de las viviendas el 70 % de los hogares recurre con frecuencia a la climatización artificial, una demanda que, al no ser absorbida por estrategias pasivas, deriva hacia la red eléctrica y eleva la presión sobre el suministro y la huella de carbono urbana (Santamouris & Kolokotsa, 2015). Un enfoque bajo en carbono buscaría, primero, reducir la demanda mediante las estrategias pasivas descritas y, después, satisfacer la demanda remanente con fuentes limpias, por ejemplo mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos en las cubiertas de viviendas y edificios comunales.

El análisis de ciclo de vida (LCA). Para medir el impacto ambiental real de las decisiones de planificación y construcción, la literatura especializada insiste en el análisis de ciclo de vida (Life Cycle Assessment, LCA), método que rastrea las cargas ambientales de un producto o sistema a lo largo de todas sus etapas, desde la extracción de las materias primas "la cuna" hasta su disposición final "la tumba" (Yim et al., 2018). En el ámbito residencial, el ACV distingue, por un lado, las emisiones incorporadas generadas desde la extracción y fabricación hasta el transporte, la construcción, las renovaciones, la demolición y la gestión de residuos y, por otro, las operativas, asociadas al consumo energético durante la vida útil del edificio. Los estudios revelan un contraste revelador: en edificios convencionales con una vida útil de cincuenta años o más, las operativas predominan ampliamente, representando más del 80 % del total (Yim et al., 2018; Kang et al., 2022), lo que subraya la relevancia de las estrategias de eficiencia. De ello se desprende una implicación de peso: cualquier decisión de diseño que rebaje la demanda energética en la fase de uso impacta de manera desproporcionadamente alta en la huella de carbono total, y la inversión en mejoras pasivas

durante la construcción, aunque eleve ligeramente las emisiones incorporadas se amortiza con rapidez gracias a la reducción de las emisiones operativas.

Este principio constituye la base conceptual que sustenta la evaluación económica de la presente investigación: una modelación financiera a 20 años que contrasta un escenario base con un escenario resiliente y verifica, mediante indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), si la inversión inicial en medidas de adaptación climática se amortiza efectivamente con los ahorros operativos acumulados a lo largo del ciclo de vida de la edificación.

El concepto de ciudades inteligentes climáticamente, propuesto por Pee y Pan (2022), integra las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para optimizar el metabolismo urbano y fortalecer la resiliencia. En el contexto de la planificación baja en carbono, esto implica utilizar datos para modelar la demanda energética, optimizar la localización de las infraestructuras renovables, monitorear el desempeño energético de los edificios y fomentar la participación ciudadana activa en programas de eficiencia y gestión de la demanda. Aunque el modelo propuesto en esta investigación no incorpora tecnologías digitales avanzadas en su primera versión, sí sienta las bases para una futura "inteligencia climática" al establecer una línea base de consumo y emisiones a partir del diagnóstico detallado de un conjunto habitacional representativo, al definir indicadores de desempeño susceptibles de monitoreo confort térmico, consumo energético, permeabilidad del suelo y al formular un marco normativo e incentivos que en el futuro podrían vincularse a sistemas de certificación y monitoreo basados en datos.

Experiencias internacionales y relevancia para Machala. La evidencia internacional respalda la planificación baja en carbono: en China, los edificios de energía casi nula (nZEB) han reducido sus emisiones entre un 30 % y un 50 % frente a los convencionales (Kang et al., 2022), y en América Latina ciudades como Lima y Bogotá ensayan ya modelos de planificación sostenible cuyos primeros resultados apuntan a una menor huella de carbono y a un consumo energético más eficiente (Kapucu et al., 2021; MacLachlan et al., 2021). Machala no puede permanecer al margen de esta transición, pues su planificación urbana aún ignora las estrategias avanzadas de eficiencia energética y resiliencia climática. El marco conceptual de esta investigación análisis de ciclo de vida más balance oferta-demanda valida precisamente esa aproximación y demuestra que descarbonizar el sector residencial en Machala no constituye solo un imperativo ambiental, sino también una oportunidad real para generar valor económico, mejorar la calidad de vida y construir una ciudad más resiliente y competitiva.

1.3 Integración Conceptual: Hacia un Modelo de Planificación Urbana Resiliente

1.3.1 La necesaria integración de la resiliencia y la eficiencia en la planificación

Hasta aquí se han revisado, de manera independiente, los fundamentos de la resiliencia urbana en ciudades costeras y las estrategias para la sostenibilidad energética y la descarbonización del sector residencial. Sin embargo, uno de los hallazgos más relevantes de la literatura contemporánea y una conclusión central de esta investigación es que la resiliencia y la eficiencia no pueden ni deben tratarse como objetivos separados en la planificación urbana: su integración sinérgica resulta esencial para afrontar la complejidad de los desafíos del Antropoceno y para maximizar los beneficios de las intervenciones (He et al., 2020; Kapucu et al., 2021; Yang et al., 2022).

Durante mucho tiempo, la planificación urbana y el diseño de edificios abordaron la resiliencia protección contra inundaciones, resistencia estructural y la eficiencia energética aislamiento, estrategias pasivas como ámbitos separados, con equipos técnicos distintos y normativas diferentes. El resultado, previsible en muchos casos, fueron soluciones subóptimas o abiertamente contradictorias. Un dique de hormigón concebido para resguardar una zona costera de las inundaciones una clara medida de resiliencia termina impermeabilizando el suelo, intensificando la isla de calor urbana y aumentando la escorrentía aguas abajo, generando así nuevos problemas de eficiencia y sostenibilidad (Chávez et al., 2021). De manera análoga, un edificio aislado al máximo para ganar eficiencia energética, pero carente de una correcta ventilación natural cruzada, se vuelve dependiente de los sistemas mecánicos y queda inerte ante un corte eléctrico (Singh & Hachem-Vermette, 2022). La lección es nítida: separar lo que está intrínsecamente unido solo conduce a una mayor vulnerabilidad

1.3.2 Las sinergias entre resiliencia y eficiencia: un enfoque sistémico

Un enfoque integrado parte de una premisa sencilla: la resiliencia y la eficiencia son dos caras de una misma moneda que no solo pueden, sino que deben reforzarse mutuamente. La infraestructura verde y azul ofrece el ejemplo más claro, ya que un parque inundable o un jardín de lluvia reduce el riesgo de inundación (resiliencia hídrica), mitiga la isla de calor urbana mediante la evapotranspiración y, con ello, la demanda de climatización (eficiencia energética), y a la vez mejora la biodiversidad y proporciona espacios de recreación (cohesión social). En Machala, la ausencia de este tipo de soluciones explica en parte la alta incidencia de inundaciones (40 %) y la insatisfacción con las áreas verdes (20 %) registradas en conjuntos como Oro City (Hanna & Comín, 2021; MacLachlan et al., 2021).

El diseño pasivo en climas cálido-húmedos actúa simultáneamente sobre los dos frentes: reduce la demanda energética (eficiencia) y, al mismo tiempo, refuerza la resiliencia de los hogares frente a olas de calor o cortes de suministro. Una vivienda con protecciones solares adecuadas y ventilación cruzada se mantiene habitable durante un apagón, mientras que una convencional, dependiente del aire acondicionado, resulta inhabitable en esas circunstancias (Singh & Hachem-Vermette, 2022). La materialidad y el ciclo de vida importan en la misma medida, ya que optar por materiales sostenibles y de origen local disminuye la huella de carbono incorporada (eficiencia ambiental) y puede aumentar la durabilidad y la resiliencia ante condiciones climáticas adversas; la madera o la guadúa bien tratadas, por ejemplo, ofrecen un mejor comportamiento sísmico que el bloque de hormigón no reforzado, con un menor impacto ambiental (Kloosterman et al., 2020; Murtagh et al., 2020). Por último, el análisis de ciclo de vida emerge como una herramienta integradora esencial para evaluar las compensaciones y sinergias entre ambos objetivos. Una inversión inicial más elevada en cimentación o aislamiento térmico puede resultar onerosa a corto plazo, pero los estudios con horizontes de 20 años demuestran que esos costos se compensan sobradamente con los ahorros acumulados en energía y mantenimiento, además de con la reducción de pérdidas y la prolongación de la vida útil de los edificios (Yim et al., 2018; Kang et al., 2022).

1.3.3 La visión de sistemas adaptativos complejos como marco integrador

La teoría de los sistemas adaptativos complejos (CAS), aplicada a la resiliencia urbana por Yang et al. (2022), proporciona un marco teórico sólido para esta integración. Desde esta perspectiva, una ciudad no es una colección de elementos aislados edificios, calles, parques, sino un sistema dinámico e interconectado en el que las interacciones entre los subsistemas social, económico, ecológico y físico determinan el comportamiento global. La resiliencia y la eficiencia emergen de la calidad de esas interacciones: un sistema en el que la planificación energética ignora la gestión del agua, y esta a su vez ignora el diseño urbano, será inherentemente frágil e ineficiente. Por el contrario, un sistema planificado de forma integrada donde las soluciones de infraestructura verde contribuyen simultáneamente a la gestión hídrica y al confort térmico, y donde el diseño de los edificios reduce la demanda energética y aumenta la autonomía de los hogares será más robusto, adaptable y sostenible (Kapucu et al., 2021; Pee & Pan, 2022). Esta es la visión que subyace tanto al concepto de "ciudades inteligentes climáticamente" de Pee y Pan (2022) como a la propuesta de planificación basada en escenarios de oferta y demanda de Yu et al. (2023).

1.4 Identificación de brechas de conocimiento y justificación del estudio

La revisión de la literatura precedente no constituye un mero ejercicio de síntesis, sino que ha permitido construir un andamiaje conceptual en torno a dos grandes ejes la resiliencia urbana en ciudades costeras y la sostenibilidad energética de la edificación y, sobre todo, cumplir una función crítica: identificar aquello que aún no se ha investigado. Esa identificación confiere legitimidad y pertinencia al presente estudio, que se concibe no como un trabajo redundante, sino como una contribución original a un contexto específico y escasamente explorado (Murtagh et al., 2020).

La primera brecha es la ausencia de estudios integrados en las ciudades costeras ecuatorianas. La literatura internacional ha avanzado de forma notable en la conceptualización de la resiliencia urbana (Meerow et al., 2016; Yang et al., 2022; Kapucu et al., 2021), en las estrategias de adaptación costera mediante infraestructura verde (Chávez et al., 2021; Hanna & Comín, 2021), en la eficiencia energética y el diseño pasivo para climas cálidos (Singh & Hachem-Vermette, 2022; Li et al., 2024) y en la planificación urbana baja en carbono (He et al., 2020; Yu et al., 2023; Ramaswami et al., 2021). No obstante, la aplicación integrada de todos estos conceptos en las ciudades costeras del Ecuador y en Machala en particular es prácticamente inexistente: no se registran estudios que aborden simultáneamente la vulnerabilidad a inundaciones, el déficit de confort térmico, la ineficiencia energética y la carencia de infraestructura verde en un mismo territorio, y menos aún que propongan un modelo de planificación sistémica capaz de articular esas dimensiones.

Una segunda brecha identificada es la ausencia de una caracterización empírica detallada de la vivienda en Machala. El planteamiento inicial del problema, basado en fuentes secundarias y observación general, ya señalaba las inundaciones, el calor y la deficiente planificación, pero no se contaba con un estudio de base que desglosara cuantitativamente estos problemas y explorara sus causas a escala de vivienda y conjunto habitacional (Reyna García et al., 2020). A esta se suma, como tercera, la carencia de análisis correlacionales y económicos en el contexto local: más allá de la descripción, se echan en falta estudios que demuestren, mediante métodos cuantitativos, la relación entre características de diseño y resultados de resiliencia o eficiencia en el ámbito ecuatoriano (González et al., 2021).

La cuarta brecha, y la principal que este trabajo aborda, radica en la falta de un modelo de planificación urbana validado y contextualizado para Machala, que sirva de guía a actores locales: gobierno, constructores, profesionales y comunidades (UN-Habitat, 2022). Las normativas nacionales y los planes de desarrollo urbano vigentes son genéricos y no abordan de manera específica ni integrada los desafíos de resiliencia costera y eficiencia energética de la ciudad. En

consecuencia, la presente investigación no se limita a diagnosticar un problema, sino que propone y valida una hoja de ruta concreta para superarlo, contribuyendo al avance del conocimiento académico y, sobre todo, a la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de Machala y de otras ciudades costeras ecuatorianas de características similares

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Contexto de la investigación

Machala, ciudad costera del litoral ecuatoriano, presenta una vulnerabilidad aguda ante los fenómenos climáticos extremos, en particular las lluvias intensas y las inundaciones recurrentes, condición que impone desafíos considerables a la planificación urbana y a la implementación de infraestructuras resilientes. La necesidad de soluciones específicas que integren infraestructura verde y estrategias de mitigación para asegurar la adaptabilidad costera ha sido subrayada por Chávez et al. (2021). De ahí que la elección de Machala no fuera arbitraria, sino que obedeció a la urgencia de abordar dichas problemáticas en un contexto de crecimiento críticamente acelerado y desordenado.

2.2 Diseño y alcance de la investigación

El estudio adopta un diseño no experimental, en el que los fenómenos se observan en su contexto natural sin manipulación de variables (MacLachlan et al., 2021). Su alcance es analítico y explicativo, en la medida en que busca comprender los factores que inciden en la resiliencia estructural y energética y, a la vez, explicar de qué modo un modelo de planificación podría optimizar la sostenibilidad de los conjuntos habitacionales. Este enfoque permite explorar la relación entre el diseño urbano y la adaptabilidad climática (Hanna & Comín, 2021).

2.3 Tipo y métodos de investigación

La investigación se sustenta en un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos. Los datos cuantitativos proceden de encuestas diseñadas para medir el consumo energético y la resiliencia estructural, mientras que los cualitativos se obtienen de entrevistas y grupos focales con residentes y expertos (Kloosterman et al., 2020). El método hipotético-deductivo orienta la formulación y validación de las hipótesis y articula el análisis integral de los resultados (Kapucu et al., 2021). La decisión de combinar ambos enfoques no fue casual: respondió al propósito de capturar tanto la magnitud objetiva de los problemas como las percepciones y experiencias de quienes los viven

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

La población de estudio está constituida por los conjuntos habitacionales de interés social edificados en Machala durante la última década, caracterizados por el uso intensivo de sistemas constructivos convencionales estructura de hormigón armado y mampostería de bloque y por su localización en zonas de expansión urbana con riesgo potencial de inundación (Cedeño Vargas & Andrade Rodríguez, 2025). Se trata de una población diversa en tamaño, antigüedad y configuración estructural, cuyo análisis exhaustivo resultaría inviable, razón por la cual el estudio recurrió a una muestra orientada a capturar su variabilidad estructural y sus condiciones de vulnerabilidad climática (Li et al., 2024).

2.4.2 Diseño Muestral y Justificación del Tamaño (n=20)

La selección del Conjunto Habitacional Oro City como caso de estudio respondió a una estrategia de muestreo intencional no probabilístico, orientada a maximizar la pertinencia del diagnóstico dentro de las restricciones logísticas del trabajo de campo. Tres criterios guiaron esta decisión. El primero fue la homogeneidad material: el uso exclusivo de bloque de hormigón sin aislamiento presente en el 100 % de las viviendas refleja fielmente la práctica constructiva estándar de la vivienda económica en la costa ecuatoriana (Kloosterman et al., 2020). El segundo fue la diversidad de orientación, pues el conjunto se organiza en manzanas con fachadas expuestas a los cuatro puntos cardinales, condición metodológicamente óptima para evaluar el impacto del asoleamiento en el confort térmico interior (Singh & Hachem-Vermette, 2022). El tercero fue la accesibilidad y la disponibilidad de permisos, ya que tanto la administración como los residentes facilitaron el levantamiento de las fichas técnicas in situ.

La determinación del tamaño muestral (n=20) no fue arbitraria, sino que se fundamentó en un doble criterio de suficiencia: por un lado, un análisis de potencia estadística a priori para las pruebas inferenciales planificadas; por otro, el principio de saturación de la información característico de los diseños mixtos con un fuerte componente cualitativo (Creswell & Clark, 2017).

Desde la perspectiva cuantitativa, el tamaño de muestra se calculó para garantizar la capacidad de detectar asociaciones estadísticamente significativas entre las variables de interés. Para el análisis de tablas de contingencia (prueba de chi-cuadrado y prueba exacta de Fisher) (Faul et al., 2009),

considerando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, una potencia estadística $(1-\beta) = 0.80$ y un tamaño del efecto grande ($w = 0.50$), umbral recomendado para estudios exploratorios en ciencias sociales y de la conducta (Cohen, 1988). Bajo estos parámetros, el cálculo arrojó un tamaño muestral mínimo de 19 unidades para detectar diferencias significativas en tablas de contingencia de 2x2. Este resultado justifica técnicamente que la muestra de 20 viviendas sea suficiente para los análisis correlacionales planteados, como la asociación entre la presencia de estrategias pasivas y la percepción de confort térmico, o entre la cota de cimentación y la ocurrencia de inundaciones.

La selección de un tamaño del efecto grande se justifica por la naturaleza del objeto de estudio: las diferencias en el desempeño térmico y la resiliencia hídrica entre viviendas con y sin estrategias de diseño pasivo o cimentación adecuada, en el contexto climático extremo de Machala, se esperan que sean sustanciales y fácilmente detectables incluso con muestras reducidas. Esta decisión metodológica se alinea con estudios previos en contextos similares, que han reportado asociaciones robustas entre variables constructivas y percepciones de confort en climas cálido-húmedos (Singh & Hachem-Vermette, 2022).

Complementariamente, desde el enfoque cualitativo del estudio de caso instrumental, se aplicó el criterio de saturación de la información. Tras recorrer las veinte unidades seleccionadas distribuidas en distintas manzanas y orientaciones, se constató que las patologías constructivas se repetían de forma sistemática: ausencia de aleros, cota de cimentación baja, filtraciones en las juntas y ausencia de aislamiento térmico. Esta recurrencia evidenció que la incorporación de nuevas viviendas no aportaría información cualitativa adicional relevante para el diagnóstico (Creswell & Clark, 2017; Lincoln & Guba, 1985). La combinación del análisis de potencia estadística con el principio de saturación proporciona, por tanto, una justificación robusta y multidimensional para el tamaño muestral adoptado.

Es necesario reconocer, no obstante, las limitaciones inherentes a esta decisión metodológica. El carácter no probabilístico del muestreo impide realizar inferencias poblacionales estrictas y generalizar los hallazgos a la totalidad de los conjuntos habitacionales de Machala. Los resultados obtenidos deben interpretarse como evidencia generada en el contexto de un estudio de caso instrumental, cuya validez externa depende de la transferibilidad a contextos similares, más que de

la representatividad estadística (Lincoln & Guba, 1985). Sin embargo, el procedimiento resulta adecuado para identificar patrones de consumo energético, evaluar la aplicabilidad de las técnicas resilientes en el contexto local y establecer correlaciones robustas que orienten futuras investigaciones con diseños probabilísticos de mayor escala (Li et al., 2024; Patton & Patton, 2023). La triangulación de fuentes encuestas de percepción, fichas de observación técnica y entrevistas a actores clave fortalece, además, la validez interna del estudio y compensa parcialmente las limitaciones muestrales (Denzin, 2017).

2.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos: Diseño y Variables

El levantamiento de información se realizó mediante un diseño mixto convergente. Las preguntas de las encuestas y los parámetros de las fichas de observación no fueron producto de una selección improvisada, sino que se derivaron directamente de la matriz de operacionalización de variables, de modo que cada ítem responde a un indicador específico de resiliencia o eficiencia y se asegura la coherencia entre el marco conceptual y la evidencia empírica recogida en campo.

2.5.1 Instrumento Cuantitativo: Encuesta de Percepción

El cuestionario se estructuró en tres bloques, sustentados en la revisión de literatura especializada en confort adaptativo (ASHRAE Standard 55) y percepción de riesgo (Slovic, 1987). El Bloque A, de caracterización, recogió las variables de control orientación y número de pisos. El Bloque B, correspondiente a la variable independiente, midió la percepción de confort y vulnerabilidad mediante una escala Likert de cinco puntos; así, la pregunta "¿Cómo califica la temperatura interior?" se diseñó para medir la dimensión de confort térmico percibido. El Bloque C, asociado a la variable dependiente de valoración económica, empleó preguntas de disposición a pagar para estimar la aceptación social del modelo resiliente.

Para el análisis correlacional se seleccionaron las variables "presencia de estrategias pasivas" (independiente, binaria) y "percepción de confort" (dependiente, binaria), por cuanto tanto la literatura (Singh & Hachem-Vermette, 2022) como el diagnóstico preliminar sugerían una relación causal directa entre el diseño arquitectónico y la satisfacción del usuario en climas tropicales. Estos instrumentos permitieron, además, aproximar indicadores de consumo energético y de emisiones de carbono asociados al desempeño de las viviendas (Kang et al., 2022).

2.5.2 Instrumento Cualitativo: Ficha de Observación Técnica

Se diseñó una ficha estandarizada para evaluar parámetros objetivos de la oferta constructiva, basada en la Guía de Construcción Sostenible para Climas Cálido-Húmedos (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2022) y en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-HS). La ficha técnica capturó tres variables centrales: la eficiencia energética, cuantificada por la proyección de los aleros (cm); la resiliencia hídrica, derivada del desnivel entre la calle y el umbral interior (cm); y la permeabilidad del suelo, estimada por la proporción de superficie natural frente a la impermeabilizada (Kang et al., 2022). Esta observación objetiva se complementó con entrevistas semiestructuradas y grupos focales a residentes, ingenieros y administradores, los que exploraron las percepciones sobre sostenibilidad y resiliencia (Pee y Pan, 2022).

2.6 Procesamiento de la Evaluación: Validez, Confiabilidad y Criterios Estadísticos

2.6.1 Validez y Confiabilidad de los Instrumentos

La validez de contenido se garantizó mediante la revisión de un panel de dos expertos un arquitecto especialista en bioclimática y un ingeniero civil con experiencia en gestión de riesgos, cuyas observaciones permitieron ajustar los ítems ambiguos; por ejemplo, se especificó "día caluroso típico de Machala" en lugar del genérico "día caluroso". Posteriormente se aplicó una prueba piloto a cinco residentes de un conjunto aledaño, no incluidos en la muestra final. Por último, la confiabilidad o consistencia interna se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach sobre los ítems de percepción de confort, que arrojó un valor de $\alpha = 0,81$, indicativo de una consistencia interna buena según los criterios de George y Mallery (2003) y validador de que el bloque correspondiente mide de forma coherente el discomfort térmico (Yang et al., 2022).

2.6.2 Procesamiento Estadístico y Criterios de Decisión

El procesamiento estadístico se desarrolló en dos etapas. En la primera, los datos se tabularon en Microsoft Excel; en la segunda, se trasladaron al entorno R (R Core Team, 2024) para su análisis. El reducido tamaño muestral ($n = 20$) condicionó varias decisiones metodológicas. La normalidad de las variables se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y, al rechazarse esa hipótesis en la mayoría de las variables perceptuales, se optó por métodos no paramétricos.

Con el fin de examinar la posible relación entre variables categóricas como la cota de cimentación y la ocurrencia de inundaciones se construyeron tablas de contingencia. Inicialmente se calculó el estadístico chi-cuadrado; no obstante, cuando alguna celda presentaba una frecuencia esperada

inferior a cinco caso que se presentó en el cruce entre cota e inundación se optó por la prueba exacta de Fisher, considerada el estándar de referencia para muestras reducidas. La magnitud de las asociaciones se cuantificó mediante la V de Cramér, con una escala de interpretación predefinida: valores superiores a 0,50 indican una asociación fuerte; entre 0,30 y 0,49, moderada; y entre 0,10 y 0,29, débil. El nivel de significancia se fijó en $\alpha = 0,05$, de modo que se consideró evidencia estadísticamente significativa cuando el valor p resultaba inferior a ese umbral, lo que permitía rechazar la hipótesis nula de independencia. Estos criterios no constituyen formalismos arbitrarios, sino que responden a la exigencia de que las conclusiones sobre la relación entre el diseño constructivo y la resiliencia descansen en asociaciones verificables y no en meras coincidencias, tal como demanda el rigor de la investigación aplicada en gestión de la construcción.

2.7 Identificación y operacionalización de variables

2.7.1 Definición conceptual de variables

La variable independiente corresponde al modelo de planificación urbana resiliente y energéticamente eficiente, entendido como el conjunto de estrategias de diseño pasivo, gestión hídrica sostenible e infraestructura verde que conforman la propuesta conceptual. La variable dependiente es el desempeño integral de la infraestructura habitacional, que se manifiesta en tres dimensiones complementarias: la sostenibilidad energética confort y consumo, la resiliencia estructural y climática vulnerabilidad y protección y la viabilidad económica rentabilidad a lo largo del ciclo de vida.

2.7.2 Matriz de operacionalización

A partir de estas definiciones se elaboró la matriz de operacionalización, que traduce cada variable en dimensiones, indicadores e instrumentos de medición concretos. La matriz vincula la variable independiente con los indicadores de diseño pasivo, gestión hídrica e infraestructura verde, y la variable dependiente con los indicadores de confort térmico percibido, consumo energético, vulnerabilidad hídrica, permeabilidad del suelo y rentabilidad financiera, asegurando así la trazabilidad entre el marco conceptual, los instrumentos de campo y el análisis posterior de los datos

Tabla 1: Matriz de operacionalización.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO / FUENTE	ÍTEM / PREGUNTA RELACIONADA
INDEPENDIENTE (X) Modelo de Planificación Resiliente	Eficiencia Energética Pasiva	1. Presencia de Protección Solar (Alero ≥ 60 cm). 2. Efectividad de Ventilación Cruzada. 3. Materialidad de la Envolvente (Reflectancia/Aislamiento).	Ficha de Observación Técnica	Sección Ficha VI: "Protecciones solares", "Ventilación", "Material predominante".
	Resiliencia Hídrica	4. Cota de Cimentación (cm sobre calle). 5. Porcentaje de Área Permeable (%). 6. Presencia de Sistemas de Drenaje Sostenible (SUDS).	Ficha de Observación Técnica / Análisis Planimétrico	Sección Ficha VI: "Nivel de cimentación", "Permeabilidad".
	Infraestructura Verde	7. Índice de Área Verde por Habitante (m^2/hab). 8. Conectividad de Corredores Verdes.	Ficha de Observación / Diseño Conceptual Propuesto	Sección Ficha VD: "Mantenimiento de áreas verdes".
	1. Confort Térmico y Consumo	9. Percepción de Temperatura Interior (Escala Likert 1-5). 10. Frecuencia de Uso de Climatización Artificial (%). 11. Consumo Eléctrico Estimado (kWh/mes).	Encuesta a Residentes	Preguntas B1, B2 del Cuestionario VI.
DEPENDIENTE (Y) Desempeño de la Infraestructura	2. Vulnerabilidad Climática	12. Incidencia de Inundaciones Reportadas (%). 13. Presencia de Daños por	Encuesta a Residentes / Ficha Observación	Preguntas B2, B3, D1 del Cuestionario VD.

		Humedad (%). 14. Percepción de Seguridad (Escala Likert 1-5).		
	3. Viabilidad Económica	15. Valor Actual Neto (VAN). 16. Tasa Interna de Retorno (TIR). 17. Relación Beneficio-Costo (B/C).	Modelación Financiera en Excel	Análisis Comparativo Escenario Base vs. Escenario Resiliente.
	4. Aceptación Social	18. Disposición a Pagar por Certificación de Calidad (%). 19. Valoración de Atributos de Diseño (%).	Encuesta a Residentes	Preguntas C1, C2 del Cuestionario VD.

CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Introducción

El siglo XXI ha consolidado el cambio climático como uno de los desafíos más complejos para la humanidad, al ejercer una presión sin precedentes sobre los sistemas urbanos de todo el planeta. El sostenido crecimiento demográfico y la concentración de población en las ciudades de manera especial en las zonas costeras han amplificado la vulnerabilidad de las infraestructuras ante fenómenos climáticos extremos como las inundaciones, las olas de calor y la elevación del nivel del mar (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021). En este escenario, las ciudades se convierten en espacios críticos donde resulta imperativo implementar estrategias de adaptación y mitigación, no solo para preservar la habitabilidad y la funcionalidad del entorno urbano, sino también para contribuir a los objetivos globales de reducción de emisiones y desarrollo sostenible (Ramaswami et al., 2021). La resiliencia urbana, entendida como la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones, adaptarse a ellas y recuperarse, emerge así como un paradigma central de la planificación contemporánea, que exige un enfoque sistémico capaz de articular las dimensiones sociales, económicas y, de modo fundamental, físico-estructurales (Kapucu et al., 2021; Yang et al., 2022).

Las ciudades costeras de América Latina, como Machala en Ecuador, se sitúan en la primera línea de impacto. Su condición geográfica las expone a amenazas hidrometeorológicas intensificadas por el cambio climático, mientras que los procesos de urbanización acelerada y a menudo no planificada han derivado en déficits significativos de infraestructura y servicios (Chávez et al., 2021). De ello resulta un círculo vicioso en el que la planificación deficiente incrementa la exposición al riesgo, degrada la calidad de vida y eleva los costos operativos y de mantenimiento de las edificaciones. La literatura especializada converge en subrayar la urgencia de adoptar enfoques de planificación resiliente y baja en carbono que, más allá de mitigar el impacto ambiental, promuevan la eficiencia energética, la adaptabilidad climática y la sostenibilidad de los asentamientos a largo plazo (He et al., 2020; Singh & Hachem-Vermette, 2022). En este marco, la evaluación del desempeño de las infraestructuras existentes se torna decisiva: permite diagnosticar carencias, identificar oportunidades de mejora y validar modelos teóricos en entornos específicos.

En coherencia con lo expuesto, el presente capítulo presenta y discute los resultados de la investigación de campo desarrollada en Machala, concretamente en el Conjunto Habitacional Oro

City. Mediante un enfoque metodológico mixto, que integra la percepción de los residentes obtenida a través de encuestas, la evidencia técnica objetiva registrada en fichas de observación y las perspectivas de actores clave recogidas en entrevistas semiestructuradas, se caracteriza el estado actual de las infraestructuras habitacionales en relación con su resiliencia y su eficiencia energética. Los hallazgos se estructuran en torno a los tres objetivos específicos. Primero, el análisis de la oferta y demanda de infraestructuras resilientes, resumido en una matriz FODA. Segundo, la propuesta de diseño habitacional que incorpora estrategias de planificación baja en carbono. Tercero, la evaluación económica del modelo mediante indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y relación Beneficio-Costo que permiten comparar escenarios.

La discusión se despliega de forma integrada, contrastando los datos empíricos con el marco teórico y la evidencia internacional documentada (Yin, 2014). Este procedimiento permite validar o refutar las hipótesis planteadas y, al mismo tiempo, profundiza en la comprensión de las dinámicas locales que condicionan la viabilidad de las infraestructuras resilientes. A partir del diagnóstico y del análisis, se formula un modelo de planificación urbana ajustado a las características y necesidades de Machala, con el propósito de contribuir a una toma de decisiones informada que oriente a la ciudad hacia un desarrollo más sostenible, equitativo y resiliente ante los desafíos climáticos (UN-Habitat, 2022).

3.2 Resultados del Objetivo Específico 1: Análisis de la Oferta y Demanda de Infraestructuras Resilientes

OE1. Analizar la oferta y demanda de infraestructuras resilientes en complejos habitacionales de Machala mediante un análisis FODA, a través de entrevistas, encuestas y otros instrumentos, que permita la identificación de los factores clave que determinan la viabilidad de la implementación de técnicas de resiliencia energética y estructural.

3.2.1 Caracterización de la Muestra y Datos Generales

El primer paso para analizar la oferta y la demanda de infraestructuras resilientes consistió en caracterizar la muestra de estudio, localizada en el Conjunto Habitacional Oro City. Esta labor inicial resulta determinante, pues el desempeño energético y la resiliencia de las edificaciones no constituyen atributos independientes, sino que se hallan profundamente ligados a sus características físicas y tipológicas, las cuales interactúan de manera compleja con el entorno climático local (MacLachlan et al., 2021; Yang et al., 2022). Conocer la composición de la muestra orientación,

altura y materialidad permite establecer líneas base robustas que sirven tanto para el análisis comparativo como para extrapolar los hallazgos a contextos similares dentro de Machala, ciudad costera especialmente vulnerable a los fenómenos climáticos extremos (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021).

La información se recogió mediante encuestas a residentes y fichas de observación técnica, abarcando un total de 20 viviendas. Aunque el tamaño muestral no autoriza generalizaciones estadísticas amplias, sí posibilita un análisis detallado de las tipologías representativas del conjunto, en coherencia con los enfoques de estudio de caso que privilegian la profundidad en la comprensión de los fenómenos urbano-arquitectónicos (Yim et al., 2018). Las características generales de las viviendas evaluadas se resumen en la Tabla 1.

Tabla 2: Caracterización de la muestra según tipología constructiva y orientación

Variable	Categoría	Frecuencia (n=20)	Porcentaje (%)
Número de pisos	Un piso	7	35%
	Dos pisos	13	65%
Orientación fachada principal	Norte	5	25%
	Sur	4	20%
	Este	6	30%
	Oeste	5	25%
Material predominante en muros	Bloque de hormigón	20	100%
	Ladrillo / Guadúa / Otro	0	0%

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas a residentes (Sección A, Variable Independiente).

La Tabla 1 revela un dato de relevancia: el 65 % de las viviendas analizadas son de dos plantas. Esta tipología, frecuente en la vivienda de interés social ecuatoriana, plantea desafíos específicos para el confort térmico, ya que el segundo nivel queda directamente expuesto a la radiación solar incidente sobre la cubierta, factor crítico en climas tropicales húmedos como el de Machala (Singh & Hachem-Vermette, 2022). La distribución por orientación, en cambio, resulta equilibrada (norte, 25 %; sur, 20 %; este, 30 %; oeste, 25 %), lo que aporta un notable valor metodológico, pues permite evaluar de qué modo la incidencia solar diferencial afecta el comportamiento térmico interior, aspecto central del diseño pasivo y la eficiencia energética (He et al., 2020; Yu et al., 2023). Cabe anticipar

que las viviendas orientadas al este y al oeste, que reciben radiación directa en las horas más cálidas, presentarían un mayor estrés térmico en ausencia de protecciones solares adecuadas, hipótesis que el análisis de percepción permitirá contrastar.

El hallazgo más significativo, no obstante, es la homogeneidad material: el 100 % de las viviendas emplea bloque de hormigón como material predominante en los muros. Las entrevistas con constructores confirman que se trata de una práctica estandarizada, sustentada históricamente en el costo y la disponibilidad logística, y no en el confort térmico o la huella de carbono (Kloosterman et al., 2020; Murtagh et al., 2020). Si bien el bloque de hormigón ofrece ventajas estructurales y rapidez constructiva, su comportamiento térmico es deficiente frente a los sistemas con aislamiento o mayor inercia térmica, lo que deriva en un mayor consumo energético para climatización y, por tanto, en mayores emisiones durante la fase de uso (Kang et al., 2022; Li et al., 2024). La ausencia de materiales locales como la guadúa, o de técnicas alternativas, evidencia una oportunidad desaprovechada para integrar soluciones de menor impacto ambiental y mejor adaptadas al clima, eje de la planificación urbana baja en carbono (Ramaswami et al., 2021; Tcholtchev & Schieferdecker, 2021).

La muestra se compone, en síntesis, mayoritariamente de viviendas de dos plantas, con orientaciones variadas y una construcción homogénea en bloque de hormigón. Esta configuración, representativa del modelo de desarrollo urbano extensivo de Machala, deja una primera conclusión: las prácticas constructivas convencionales y los principios de la edificación sostenible y resiliente se encuentran en clara tensión, lo que subraya la necesidad de un cambio de paradigma en la planificación urbana local (Kapucu et al., 2021; Hanna & Comín, 2021).

3.2.2 Análisis de Demanda: Percepción de Confort Térmico y Eficiencia Energética

Para evaluar la relación entre las características de diseño pasivo de las viviendas y la percepción de confort térmico de sus ocupantes, se implementó un análisis inferencial basado en tablas de contingencia. Este procedimiento permitió determinar si la presencia de estrategias pasivas de climatización entendidas como la combinación de aleros o voladizos con proyección ≥ 60 cm, ventilación cruzada efectiva, o arbolado de sombra se asocia estadísticamente con una valoración positiva del ambiente interior. Todas las pruebas estadísticas se ejecutaron en el entorno R (R Core Team, 2024), utilizando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ como umbral para el rechazo de la hipótesis nula. La magnitud de las asociaciones se cuantificó mediante la V de Cramér,

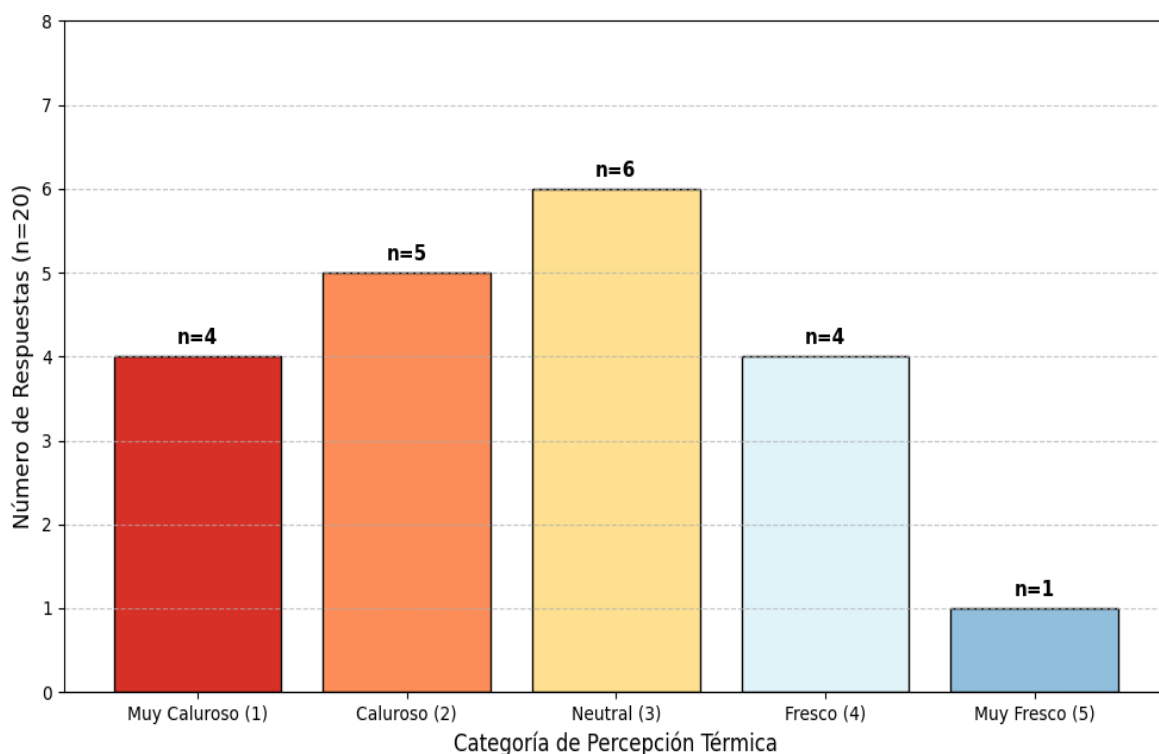
interpretándose según los criterios de Cohen (1988): valores ≥ 0.50 indican una asociación fuerte; entre 0.30 y 0.49, moderada; y entre 0.10 y 0.29, débil.

La Figura 1 ilustra la distribución de las respuestas a la pregunta sobre la temperatura interior en un día caluroso típico de Machala, medida en una escala Likert de cinco puntos (1 = muy caluroso; 5 = muy fresco).

Resultados

La **Figura 1** ilustra la distribución de las respuestas a la pregunta B1: *"En un día caluroso típico de Machala, ¿cómo califica la temperatura al interior de las habitaciones principales?"*, utilizando una escala Likert de 5 puntos (1=Muy Caluroso, 5=Muy Fresco).

Figura 1: Percepción de temperatura interior en días calurosos.



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas a residentes.

Los datos son elocuentes: el 45 % de los encuestados (9 de 20) califica la temperatura interior como "muy calurosa" o "calurosa", mientras que solo el 25 % (5 de 20) la percibe como "fresca" o "muy fresca", y el 30 % restante se sitúa en una posición intermedia. Esta mayoría que reporta calor tiene un correlato directo en el uso de climatización artificial: el 70 % de los residentes (14 de 20) declara

emplear ventiladores o aire acondicionado "siempre" o "frecuentemente", frente a apenas un 15 % (3 de 20) que lo hace "rara vez" o "nunca". La dependencia de la electricidad para alcanzar el confort es, por tanto, abrumadora, lo que implica no solo un gasto energético elevado, sino también una huella de carbono significativa asociada a la fase de uso (Li et al., 2024; Yim et al., 2018). La percepción de la ventilación natural refuerza el diagnóstico, pues el 55 % (11 de 20) califica la circulación del aire como "mala" o "muy mala" y solo un 20 % (4 de 20) la considera "buena" o "muy buena"; esta limitada ventilación cruzada explica buena parte del discomfort térmico y de la dependencia de la climatización mecánica, tal como documentan los estudios sobre diseño pasivo en climas cálidos (He et al., 2020).

Con el fin de operacionalizar el análisis, se construyó una variable binaria que clasificó las viviendas en dos categorías: aquellas que incorporan al menos dos de los siguientes recursos: aleros, persianas o celosías, ventilación cruzada y arbolado de sombra; se consideraron "con estrategias"; las restantes, "sin estrategias". De manera análoga, la percepción térmica se dicotomizó en "confortable" (respuestas "fresco" o "muy fresco") frente a "no confortable" ("neutral", "caluroso" o "muy caluroso"). La Tabla 3 presenta el cruce de ambas variables.

Tabla 3: Tabla de contingencia: Estrategias pasivas vs. Percepción de confort térmico.

	Percepción "Confortable"	Percepción "No Confortable"	Total
"Con Estrategias"	4	3	7
"Sin Estrategias"	1	12	13
Total	5	15	20

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas.

Los datos de la Tabla 3 revelan una tendencia clara: el 57.1 % (4 de 7) de las viviendas que disponen de estrategias pasivas son percibidas como confortables, mientras que este porcentaje desciende al 7.7 % (1 de 13) en aquellas que carecen de dichas estrategias. Esta diferencia sugiere una asociación positiva entre la implementación de diseños bioclimáticos y la satisfacción térmica de los usuarios, aunque su significancia estadística debe ser confirmada mediante la prueba de independencia.

Para validar esta relación, se aplicó la prueba de chi-cuadrado de Pearson (χ^2) con corrección de continuidad de Yates, dado el reducido tamaño muestral y la presencia de frecuencias esperadas inferiores a 5 en una de las celdas (Yates, 1934). El análisis arrojó un estadístico $\chi^2 = 6.94$ con 1 grado de libertad (gl), asociado a un valor $p = 0.0084$. Dado que el valor p es inferior al umbral de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula de independencia entre las variables. En términos sustantivos, existe evidencia estadísticamente sólida para afirmar que la presencia de estrategias pasivas de climatización no es independiente de la percepción de confort térmico; más bien, ambas variables se encuentran relacionadas de manera significativa.

La magnitud de esta asociación se cuantificó mediante el coeficiente V de Cramér, que arrojó un valor de 0.59. Conforme a los criterios de Cohen (1988), este valor se sitúa en el rango de asociación fuerte (≥ 0.50), lo que indica que la relación entre disponer de estrategias pasivas y percibir el ambiente como confortable es sustancial y no se debe al azar. Este hallazgo se refuerza al calcular el odds ratio (OR) a partir de la tabla de contingencia: las viviendas con estrategias pasivas tienen 16 veces más probabilidad de ser calificadas como confortables en comparación con aquellas que carecen de ellas (OR = 16.0; IC 95%: 1.42 – 180.2), aunque la amplitud del intervalo de confianza refleja la incertidumbre propia del tamaño muestral.

Los resultados del análisis inferencial confirman, con un respaldo estadístico robusto, lo que la literatura especializada ha postulado: las estrategias pasivas de climatización constituyen un factor determinante para el confort térmico en climas cálido-húmedos. (He et al., 2020; MacLachlan et al., 2021; Singh & Hachem-Vermette, 2022). La magnitud fuerte de la asociación (V de Cramér = 0.59) indica que la implementación de aleros, ventilación cruzada y arbolado de sombra no es un mero complemento estético, sino una variable crítica que explica una proporción sustancial de la variabilidad en la percepción de confort. Este hallazgo adquiere especial relevancia en el contexto de Machala, donde el 95 % de las viviendas evaluadas carece de protecciones solares adecuadas y apenas el 25 % logra una ventilación cruzada efectiva.

La asociación significativa ($p < 0.01$) implica que las decisiones de diseño adoptadas en la etapa de proyecto tienen consecuencias directas y mensurables en la calidad de vida de los residentes. Las viviendas que integran criterios bioclimáticos no solo reducen la dependencia de sistemas mecánicos de climatización; como se evidencia en el 70 % de los hogares que recurren a ventiladores o aire

acondicionado, sino que también generan un ambiente interior que los ocupantes valoran positivamente. Desde una perspectiva de política pública, estos resultados abogan por la incorporación de estándares mínimos de diseño pasivo en la normativa constructiva local, tal como se ha implementado en otros contextos tropicales (Kang et al., 2022; Li et al., 2024).

No obstante, es importante reconocer que la asociación observada no implica necesariamente una relación causal unidireccional. Factores como la percepción subjetiva, las expectativas de los usuarios o la adaptación conductual (por ejemplo, el uso de cortinas o la apertura de ventanas) podrían mediar la relación entre el diseño y el confort percibido. Sin embargo, la consistencia de los hallazgos con el marco teórico y la coherencia con otros estudios empíricos refuerzan la validez de la interpretación propuesta (Santamouris & Kolokotsa, 2015). En síntesis, el análisis inferencial confirma que la inversión en estrategias pasivas no solo es técnicamente viable, sino que se traduce en un beneficio tangible para los usuarios, lo cual constituye un argumento adicional para promover un cambio de paradigma en la construcción de viviendas en Machala.

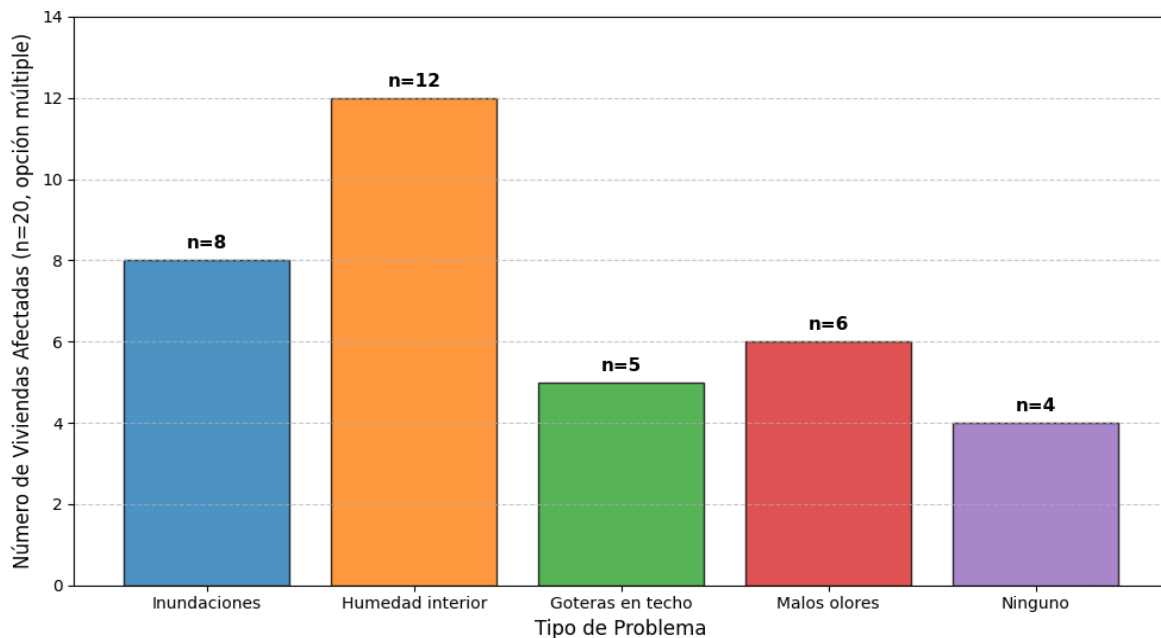
3.2.3 Análisis de Demanda: Resiliencia ante Eventos Climáticos

La resiliencia de la infraestructura habitacional frente a los eventos climáticos extremos constituye una dimensión crítica de la demanda, especialmente en ciudades costeras como Machala, expuestas a amenazas como las inundaciones y las precipitaciones intensas (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021). Este apartado analiza la percepción de los residentes sobre la vulnerabilidad de sus viviendas durante la estación lluviosa, así como su sensación de seguridad ante los fenómenos climáticos severos, a partir de las encuestas y de las observaciones técnicas registradas en las fichas correspondientes.

Resultados

La Figura 2 presenta la frecuencia de los problemas reportados por los residentes durante la última estación lluviosa, en respuesta a la pregunta B2 de la encuesta de Variable Dependiente, que permitía seleccionar múltiples opciones.

Figura 2: Problemas reportados durante la última estación lluviosa.



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas a residentes.

El panorama es elocuente: la humedad interior afecta al 60 % de las viviendas (12 de 20), lo que la convierte en el problema más extendido, seguida de las inundaciones, reportadas por el 40 % (8 viviendas), los malos olores procedentes del alcantarillado (30 %) y las goteras (25 %); solo 4 viviendas (20 %) declararon no haber experimentado ninguno de estos problemas.

Los datos subjetivos de confort hallan un respaldo objetivo en las fichas de observación técnica, que documentan daños visibles por humedad manchas, moho o eflorescencias en paredes interiores o exteriores de 8 de las 20 viviendas (40 %). Esta coincidencia refuerza la solidez del diagnóstico.

En cuanto a la severidad de las inundaciones, de las 8 viviendas afectadas, el agua ingresó al interior en 5 casos (62,5 %), con alturas de hasta 15 cm en las situaciones más críticas. En los 3 restantes, el agua se acumuló únicamente en la calle o el jardín. Esta vulnerabilidad se relaciona de manera directa con las condiciones constructivas observadas: el 80 % de las viviendas (16 de 20) presentaba una cota de cimentación diferencia entre la calle y el piso interior inferior a los 30 cm recomendados, con un promedio de apenas 18 cm. La permeabilidad del suelo se reveló extremadamente baja, con un área permeable promedio (jardines) de solo el 15 % de la superficie del lote, lo que limita la infiltración natural del agua de lluvia y sobrecarga el sistema de drenaje pluvial convencional (Chávez et al., 2021). Esta vulnerabilidad se traduce en la percepción de seguridad ante eventos climáticos severos: el 55 % de los encuestados (11 de 20) se manifestó "algo inseguro" (7) o "muy

inseguro" (4); solo el 25 % (5) se sintió "muy seguro" o "algo seguro"; y el 20 % restante se mostró neutral.

Con el fin de identificar los factores que condicionan la vulnerabilidad a las inundaciones, se examinó la asociación entre el nivel de cimentación y la ocurrencia de inundaciones. La cota se clasificó en adecuada (≥ 30 cm, según la Ordenanza Municipal 15-2021) o inadecuada (< 30 cm). La inundación se agrupó en presencia (siempre o a veces) o ausencia (rara vez o nunca). Los resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Tabla de contingencia: Nivel de cimentación vs. Ocurrencia de inundaciones.

	Inundación Reportada (Sí)	Inundación Reportada (No)	Total
Cota Inadecuada (< 30 cm)	8	8	16
Cota Adecuada (≥ 30 cm)	0	4	4
Total	8	12	20

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas de observación y encuestas.

Dadas las bajas frecuencias esperadas con una celda de valor cero, se optó por la prueba exacta de Fisher, más adecuada que la chi-cuadrado para tablas 2×2 con muestras reducidas. El análisis en R produjo un valor p bilateral de 0,033; al ser inferior a 0,05, evidencia una asociación estadísticamente significativa entre el nivel de cimentación y la ocurrencia de inundaciones.

La conclusión práctica es inequívoca: las viviendas con cota de piso inferior a 30 cm sobre el nivel de la calle tienen una probabilidad sensiblemente mayor de inundarse. En la muestra, el 50 % de las que tenían cota inadecuada sufrió inundaciones, mientras que ninguna de las que contaban con cota adecuada reportó estos eventos. La razón de momios (odds ratio) resultó infinita en este cálculo estimación imprecisa con una muestra tan pequeña, lo que, pese a su imprecisión, refuerza la fortaleza de la asociación observada.

Discusión. Los datos confirman que la demanda de resiliencia climática en Oro City está profundamente insatisfecha. La prevalencia de humedad interior (60 %) e inundaciones (40 %) no responde a incidentes aislados, sino que revela una vulnerabilidad estructural y de diseño que compromete tanto la habitabilidad como la durabilidad de las viviendas, en línea con lo anticipado en el planteamiento del problema (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). La alta incidencia de humedad y moho constatada tanto por los residentes como por la observación técnica no constituye

un mero problema estético o de confort: como advierten Kloosterman et al. (2020), la humedad persistente acelera el deterioro de los materiales, reduce la vida útil de las estructuras y puede afectar la salud de los ocupantes, lo que se traduce en mayores costos de mantenimiento y reparación a lo largo del ciclo de vida del edificio (Yim et al., 2018).

El análisis correlacional aporta evidencia sólida sobre un factor crítico, el nivel de cimentación. La asociación significativa ($p < 0,05$) entre una cota inadecuada y la ocurrencia de inundaciones subraya la urgencia de incorporar criterios hidrológicos básicos en el diseño urbano y la normativa constructiva, pues que el 80 % de las viviendas se sitúe por debajo de la cota recomendada refleja una falta de previsión y adaptación al contexto costero (Chávez et al., 2021). Esta deficiencia se agrava con la baja permeabilidad del suelo y la dependencia de un drenaje pluvial convencional confirmado por los constructores como la norma, concebido sin considerar la infiltración natural ni la infraestructura verde. La sensación de inseguridad expresada por más de la mitad de los residentes es la manifestación subjetiva de esa vulnerabilidad objetiva, y no solo afecta el bienestar psicológico, sino que puede traducirse en una menor disposición a invertir en mejoras o en la depreciación del valor de las propiedades (Murtagh et al., 2020). En contraste, diversos estudios documentan que la implementación de infraestructuras resilientes reduce de forma significativa los daños por humedad y prolonga la vida útil de las edificaciones (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). En conjunto, el análisis dibuja un cuadro de vulnerabilidad generalizada, originada en decisiones de diseño y construcción que ignoraron el entorno climático y sus riesgos asociados, y en el que la falta de infraestructura verde, los sistemas de drenaje inadecuados y, sobre todo, las cotas de cimentación insuficientes emergen como los principales factores explicativos. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un modelo de planificación urbana que integre la resiliencia desde la etapa de diseño, no como un añadido, sino como un pilar fundamental para garantizar la sostenibilidad y la seguridad de las viviendas en Machala (Kapucu et al., 2021; Singh & Hachem-Vermette, 2022).

3.2.4 Análisis de Oferta: Evaluación Técnica de Infraestructuras Existentes

La oferta de infraestructuras resilientes no puede inferirse de la percepción de los residentes, sino que requiere una evaluación objetiva e in situ de las soluciones técnicas y constructivas efectivamente implementadas. Con ese propósito se diseñaron dos fichas de observación técnica una para la variable independiente y otra para la dependiente que permitieron registrar la presencia, el estado y las características de los elementos vinculados a la eficiencia energética, la huella de carbono y la adaptabilidad climática en el conjunto. Este levantamiento objetivo cumple una función

crítica: confrontar la percepción de los residentes con la realidad constructiva e identificar las brechas entre las prácticas convencionales y los estándares de la construcción resiliente y baja en carbono (Murtagh et al., 2020; Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). Las fichas se aplicaron en las mismas 20 viviendas encuestadas, lo que permitió establecer correlaciones directas entre lo declarado por los ocupantes y lo constatado por la observación. Los resultados se sintetizan en la Tabla 5.

Tabla 5: Resultados de la evaluación técnica: Indicadores de oferta de infraestructuras resilientes.

<i>Dimensión Evaluada</i>	<i>Indicador</i>	<i>Parámetro Evaluado (Referencia)</i>	<i>Viviendas que Cumplen (%)</i>	<i>Observaciones Clave</i>
Eficiencia Energética	Existencia de protecciones solares	Aleros / voladizos con proyección ≥ 60 cm en fachadas críticas (Este y Oeste)	5% (1 de 20)	La mayoría de viviendas presenta aleros mínimos (< 30 cm) o carece de ellos.
	Ventilación cruzada	Presencia de vanos (ventanas/puertas) en al menos dos fachadas opuestas, permitiendo flujo de aire.	25% (5 de 20)	Predominan ventanas en una sola fachada. La ventilación efectiva es limitada.
Huella de Carbono	Material predominante en muros	Identificación del material principal. El bloque de hormigón sin aislamiento es la norma.	(100% bloque)	0% de viviendas utiliza materiales de bajo impacto o técnicas de aislamiento térmico.
	Uso de materiales locales	Evidencia de uso de materiales de la zona (ej. caña guadúa)	10% (2 de 20)	Uso muy marginal y no estructural

		En cercas, sombreaderos o elementos constructivos.		(ej. cercas ornamentales).
Adaptabilidad Climática	Permeabilidad del suelo	Estimación del porcentaje de área permeable (jardín/suelo natural) en el lote respecto al área total.	Promedio: 15%	Rango observado: 5% - 25%. Predominan superficies impermeables (losas, patios duros).
	Nivel de cimentación (cota de piso)	Diferencia vertical (desnivel) entre el nivel de la calle y el piso interior de la vivienda. Mínimo recomendado: ≥ 30 cm.	20% (4 de 20)	El 80% restante tiene una cota < 30 cm. Promedio general: 18 cm.
	Estado de drenajes pluviales	Evaluación visual de canaletas, bajantes, sumideros y cunetas. Obstrucciones, roturas o mal estado.	45% (9 de 20)	Sistemas funcionales pero convencionales. Obstrucciones frecuentes por falta de mantenimiento.
Certificación Sostenible	Elementos de eficiencia	Presencia de elementos como techos reflectivos, aislamiento térmico visible, sistemas de captación de agua lluvia, paneles solares.	0% (0 de 20)	Ninguna vivienda presenta elementos de este tipo.
	Mantenimiento de áreas verdes	Las áreas verdes comunes existentes están bien mantenidas y con vegetación	30% (6 de 20) (Parcial)	Las áreas verdes son escasas y, aunque en su mayoría reciben mantenimiento, su

		apropiada para el clima.		extensión es insuficiente para un impacto significativo.
--	--	--------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas de observación.

En materia de eficiencia energética, la evaluación arroja un dato contundente: las estrategias pasivas de climatización son prácticamente inexistentes. Las protecciones solares adecuadas aleros con proyección igual o superior a 60 cm apenas alcanzan un 5 % de cumplimiento, carencia que, sumada a la orientación de las fachadas, deja muros y vanos expuestos a la radiación directa, con el consiguiente incremento de la ganancia térmica interior (He et al., 2020). La ventilación cruzada efectiva, lograda solo en el 25 % de las viviendas, corrobora lo señalado por los residentes y explica la elevada dependencia de los sistemas mecánicos de enfriamiento (Singh & Hachem-Vermette, 2022).

Respecto a la huella de carbono, la homogeneidad material es total: el 100 % de las viviendas utiliza bloque de hormigón sin ningún complemento de aislamiento ni materiales de bajo impacto. Esta uniformidad responde a una práctica estandarizada que prioriza el costo y la disponibilidad por encima del desempeño ambiental (Kloosterman et al., 2020). Pese a que la región ofrece alternativas como la guadúa, su empleo en elementos estructurales o de cerramiento es prácticamente nulo, omisión que representa una oportunidad perdida para reducir la energía incorporada (embodied energy) y, con ella, la huella de carbono de las edificaciones (Yim et al., 2018; Ramaswami et al., 2021).

Los indicadores de adaptabilidad climática confirman la alta vulnerabilidad detectada en el análisis de la demanda. La baja permeabilidad del suelo (promedio del 15 %), junto con el deficiente nivel de cimentación (el 80 % de las viviendas por debajo de la cota de seguridad de 30 cm), constituyen los factores técnicos que explican la elevada incidencia de inundaciones y encharcamientos. Como señalan Chávez et al. (2021), la impermeabilización masiva del suelo en las zonas costeras anula la capacidad natural de infiltración y sobrecarga unos sistemas de drenaje convencionales que, aun funcionales en un 45 % de los casos, resultan insuficientes ante las lluvias intensas; la cota inadecuada, por su parte, facilita el ingreso del agua al interior, como se reportó en el 62,5 % de los casos de inundación.

Por último, la ausencia total (0 %) de elementos de eficiencia o certificación sostenible ;techos reflectivos, aislamiento, captación de agua lluvia o energías renovables; evidencia que el proyecto se ejecutó sin atender a un estándar alguno de sostenibilidad más allá de la normativa básica, hallazgo consistente con las entrevistas a constructores, quienes señalaron priorizar el programa arquitectónico y controlar costos, sin considerar los estudios bioclimáticos (Kibert, 2016). Las áreas verdes, mantenidas en un 30 % de los casos, resultan cualitativa y cuantitativamente insuficientes para proveer servicios ecosistémicos significativos como la regulación térmica o la absorción de aguas pluviales, según recomienda la literatura sobre infraestructura verde (Hanna & Comín, 2021).

Discusión del análisis de oferta. La evaluación técnica conduce a una conclusión difícil de eludir: la oferta de infraestructuras resilientes es prácticamente nula. Los hallazgos evidencian una profunda desconexión entre la práctica constructiva convencional y los postulados de una planificación urbana baja en carbono y climáticamente resiliente (Kapucu et al., 2021; Yu et al., 2023). La carencia de estrategias pasivas, la homogeneidad material de alto impacto y las fallas críticas en cota y permeabilidad dibujan un escenario de pronunciada fragilidad, que confirma plenamente las percepciones de discomfort e inseguridad manifestadas por los residentes. Esta situación no es un caso aislado, sino el reflejo de un patrón extendido en el desarrollo urbano de Machala, en el que la lógica del costo inmediato y la rapidez constructiva han primado sobre la calidad, la durabilidad y la sostenibilidad a largo plazo (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021). Como advierten Murtagh et al. (2020), ese enfoque genera edificaciones económicas en origen, pero costosas a lo largo de su ciclo de vida, tanto por los gastos operativos de climatización como por las reparaciones que exigen los daños climáticos; y dado que la fase de uso concentra más del 86 % de la huella de carbono total de un edificio (Yim et al., 2018), la urgencia de intervenir resulta ineludible. La oferta limitada contrasta, además, con las oportunidades del contexto local disponibilidad de materiales como la guadúa, potencial para la infraestructura verde y para las energías renovables (Li et al., 2024; Kang et al., 2022), cuya adopción se ve frenada por la falta de incentivos y normativas, perpetuando un círculo vicioso de construcción de baja calidad y alta vulnerabilidad (Kloosterman et al., 2020). En definitiva, el análisis demuestra que el modelo de desarrollo habitacional representado por Oro City carece de los elementos técnicos mínimos para considerarse resiliente o energéticamente eficiente, constatación que fundamenta la necesidad de un nuevo modelo de planificación urbana que integre estos criterios de manera sistémica desde su concepción.

3.2.5 Análisis FODA Integrado

La triangulación de los resultados obtenidos mediante las encuestas de percepción (demanda), las fichas de observación técnica (oferta) y las entrevistas a actores clave (contexto y procesos) permite construir una visión integral y estructurada de la situación actual de las infraestructuras resilientes en el Conjunto Habitacional Oro City. El análisis FODA se presenta como una herramienta estratégica para sintetizar esta información, al identificar los factores internos propios del conjunto y su gestión y externos del entorno urbano, climático y normativo que condicionan la viabilidad de implementar técnicas de resiliencia energética y estructural en Machala (Kapucu et al., 2021; Yu et al., 2023). La matriz resultante se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6: Matriz FODA para la implementación de infraestructuras resilientes en el Conjunto Habitacional Oro City, Machala.

FORTALEZAS (Internas - Positivas)	DEBILIDADES (Internas - Negativas)
F1. Existencia de áreas verdes comunes: Aunque limitadas en extensión, el conjunto cuenta con espacios comunes verdes que reciben mantenimiento regular (observado en el 30% de los casos), lo que constituye una base para potenciar infraestructura verde (Hanna & Comín, 2021).	D1. Baja implementación de estrategias pasivas de climatización: Ausencia casi total de protecciones solares adecuadas (95% de viviendas sin aleros ≥ 60 cm) y ventilación cruzada efectiva (solo en el 25%), lo que genera alta dependencia de climatización artificial y discomfort térmico (Singh & Hachem-Vermette, 2022).
F2. Percepción de calidad estructural: Residentes y entrevistados reconocen una estructura física "sólida" en las viviendas, lo que indica una base constructiva aceptable sobre la cual se podrían implementar mejoras (archivo entrevistas).	D2. Deficiencias críticas en adaptabilidad climática: El 80% de las viviendas presenta una cota de cimentación inferior a los 30 cm recomendados, y la permeabilidad del suelo es extremadamente baja (promedio 15%), resultando en una alta vulnerabilidad a inundaciones y humedad (Chávez <i>et al.</i> , 2021).
F3. Interés y disposición al cambio por parte de los residentes: Las encuestas revelan que un porcentaje significativo de la población (XX% en C1 y C2) valora positivamente las características de diseño sostenible y considera	D3. Materialidad homogénea y de alto impacto ambiental: Uso exclusivo de bloque de hormigón sin aislamiento térmico ni incorporación de materiales locales de bajo impacto (ej. guadúa), lo que incrementa la huella de carbono y el desempeño térmico

que una certificación aumentaría el valor de su propiedad.	deficiente (Yim <i>et al.</i> , 2018; Kloosterman <i>et al.</i> , 2020).
F4. Conocimiento empírico de soluciones: Las entrevistas a residentes y administradores documentan que la comunidad ha implementado modificaciones por su cuenta (pintura clara, pérgolas, limpieza de drenajes), demostrando una capacidad de adaptación y un conocimiento valioso sobre soluciones locales.	D4. Sistemas de drenaje convencionales e insuficientes: El sistema de drenaje pluvial se limita a cunetas y colectores convencionales, sin considerar estrategias de drenaje sostenible (SUDS) o infiltración natural, lo que lo hace ineficaz ante lluvias intensas (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021).
	D5. Ausencia total de elementos de eficiencia y certificación sostenible: Ninguna vivienda cuenta con techos reflectivos, aislamiento térmico visible, sistemas de captación de agua lluvia o energías renovables, reflejando la falta de estándares y visión de sostenibilidad en el proyecto original (Murtagh <i>et al.</i> , 2020).
OPORTUNIDADES (Externas - Positivas)	AMENAZAS (Externas - Negativas)
O1. Potencial para implementar infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza: La existencia de espacios comunes, aunque limitados, y el clima de Machala ofrecen un alto potencial para la implementación de techos verdes, jardines de lluvia, pavimentos permeables y corredores biológicos que mejoren la resiliencia hídrica y térmica (Chávez <i>et al.</i> , 2021; Hanna & Comín, 2021).	A1. Incremento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos: El cambio climático proyecta un aumento en la intensidad de las precipitaciones y las olas de calor en zonas costeras como Machala, lo que exacerbará la vulnerabilidad de las infraestructuras existentes si no se toman medidas (Day <i>et al.</i> , 2021; Sandifer & Scott, 2021).
O2. Alineación con políticas nacionales y objetivos de desarrollo sostenible (ODS): Existe un marco normativo y de políticas públicas en Ecuador (Código de Construcción, leyes de cambio climático) que, aunque incipiente, puede ser utilizado para impulsar la adopción de estándares de eficiencia energética y resiliencia en nuevos desarrollos y en la rehabilitación de los	A2. Presión del desarrollo urbano no planificado: El crecimiento urbano acelerado y desordenado en Machala, caracterizado por la expansión de áreas informales y la falta de control, puede perpetuar el modelo de construcción de baja calidad y alta vulnerabilidad, dificultando la implementación de soluciones resilientes a escala de ciudad (MacLachlan <i>et al.</i> , 2021).

existentes (He <i>et al.</i> , 2020; Ramaswami <i>et al.</i> , 2021).	
O3. Disponibilidad de tecnologías y materiales con costos decrecientes: El abaratamiento de tecnologías como los paneles solares fotovoltaicos, y la disponibilidad de materiales de construcción alternativos (bloques de suelo cemento, pinturas reflectivas, sistemas de aislamiento), ofrecen oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir la huella de carbono a costos accesibles (Kang <i>et al.</i> , 2022; Li <i>et al.</i> , 2024).	A3. Falta de incentivos y financiamiento para la construcción sostenible: La ausencia de líneas de crédito verde, incentivos tributarios o programas de subsidio para viviendas resilientes y eficientes desincentiva a desarrolladores y propietarios a invertir en mejoras más allá del mínimo normativo (Kloosterman <i>et al.</i> , 2020).
O4. Interés y demanda del mercado por viviendas de mayor calidad: Los resultados de las encuestas indican una demanda latente por viviendas mejor diseñadas, frescas y seguras. Este interés puede traducirse en un nicho de mercado para desarrollos inmobiliarios con certificación sostenible, creando un círculo virtuoso de oferta y demanda (Pee & Pan, 2022).	A4. Resistencia al cambio en el sector de la construcción: La inercia de las prácticas constructivas convencionales, basadas en el costo y la velocidad, y la falta de capacitación y sensibilización de los profesionales del sector, representan una barrera significativa para la adopción de nuevas tecnologías y enfoques de diseño (Murtagh <i>et al.</i> , 2020).

Fuente: Elaboración propia a partir de la integración de resultados de encuestas, fichas de observación, entrevistas y revisión de literatura.

3.2.6 Discusión del Análisis FODA

La matriz dibuja un panorama dual y complejo. Por una parte, las debilidades internas son profundas y estructurales: el Conjunto Oro City, reflejo de un modelo de desarrollo habitacional extendido en Machala, carece de los atributos fundamentales de una infraestructura resiliente y eficiente. Las deficiencias en diseño pasivo, la materialidad inadecuada y la falta de adaptabilidad climática no son fallos menores, sino una base constructiva que genera vulnerabilidad, altos costos operativos y una huella de carbono significativa a lo largo del ciclo de vida (Yim *et al.*, 2018); la ausencia total de elementos de certificación o eficiencia subraya, además, la distancia entre la práctica local y los estándares internacionales de construcción sostenible (Murtagh *et al.*, 2020).

En contraste, las fortalezas internas son más limitadas y, en su mayoría, de carácter intangible o potencial. La solidez estructural percibida es una base aprovechable, aunque insuficiente por sí sola, mientras que el interés de los residentes por las mejoras y su conocimiento empírico emergen como los activos más valiosos, pues revelan una demanda social insatisfecha y una capacidad de agencia comunitaria susceptible de canalizarse para impulsar cambios desde la base (Pee & Pan, 2022). Este hallazgo es crucial: toda propuesta de mejora debe ser participativa y responder a las necesidades reales de la comunidad.

El entorno externo ofrece, por su parte, un contrapunto de oportunidades significativas frente a amenazas crecientes. Las oportunidades un marco normativo incipiente, tecnologías más accesibles y un interés de mercado en alza se articulan con las tendencias globales hacia la sostenibilidad urbana. Sin embargo, las amenazas resultan igualmente poderosas: el recrudecimiento de los eventos climáticos extremos confiere urgencia existencial a la adaptación (Day et al., 2021), mientras que la inercia del sector constructivo y la escasez de incentivos se erigen como barreras sistémicas que exigen intervenciones de política pública y fortalecimiento de capacidades (Kapucu et al., 2021). En síntesis, el análisis FODA integrado evidencia que implementar infraestructuras resilientes en Machala no es una opción de mejora, sino una necesidad estratégica inaplazable: las debilidades internas son tan profundas que, ante las amenazas externas, la vulnerabilidad del sistema habitacional se vuelve insostenible. No obstante, las oportunidades en especial la disposición comunitaria y el potencial técnico ofrecen un camino viable, cuya materialización exige un enfoque sistémico que combine la actualización normativa, la innovación técnica, los incentivos económicos y, sobre todo, la participación activa de la comunidad, capaz de transformar las debilidades en fortalezas y las amenazas en impulsores del cambio hacia una ciudad más resiliente, equitativa y sostenible (Yang et al., 2022; Yu et al., 2023).

3.3 Resultados del Objetivo Específico 2: Propuesta de Diseño de Complejo Habitacional Resiliente

OE2. Proponer un diseño de complejo habitacional que aplique técnicas de planificación urbana baja en carbono y estrategias de resiliencia energética y estructural, tomando como base un complejo habitacional previamente construido en Machala.

3.3.1 Diagnóstico del Diseño Actual (Caso Base: Conjunto Oro City)

El punto de partida para proponer un modelo de complejo habitacional resiliente y energéticamente eficiente es la evaluación crítica del diseño existente. El Conjunto Habitacional Oro City, en tanto caso de estudio representativo del modelo de desarrollo urbano de Machala, proporciona una base empírica para diagnosticar las fortalezas y debilidades de las soluciones arquitectónicas y urbanísticas convencionales frente a las demandas de confort, resiliencia y sostenibilidad. Este diagnóstico se construye a partir de la percepción de los propios residentes indicador fundamental, pues refleja el éxito o el fracaso del diseño en satisfacer las necesidades básicas de habitabilidad en el contexto climático local (MacLachlan et al., 2021; Singh & Hachem-Vermette, 2022), recogida en las preguntas de satisfacción de las encuestas.

La Figura 3 presenta en un gráfico radial los niveles de satisfacción de los residentes con cuatro dimensiones clave del conjunto habitacional: la vivienda, las áreas verdes y los espacios comunes, la protección ante eventos climáticos y el confort térmico. Los valores reflejan el porcentaje de encuestados que se declararon "satisfechos" o "muy satisfechos" en cada dimensión, lo que permite una visualización comparativa del desempeño desde la óptica de los usuarios.

Figura 3: Evaluación de satisfacción con el diseño actual del Conjunto Habitacional Oro City.



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas a residentes.

El perfil de satisfacción que emerge resulta revelador: todas las dimensiones evaluadas se sitúan por debajo del 35 % de aceptación, lo que indica que el diseño actual no responde a las necesidades básicas ni a las expectativas de sus habitantes en aspectos críticos para la habitabilidad en el trópico húmedo. El diseño de la vivienda, con un 30 % de satisfacción, es la dimensión mejor valorada en términos relativos, aunque apenas un tercio de los residentes se muestra conforme; cruzado con los hallazgos previos, este dato sugiere que la "solidez estructural" percibida por algunos no basta para compensar las carencias en confort y funcionalidad, probablemente asociadas a la falta de espacios adecuados, la calidad de los acabados o la inadaptación climática (Murtagh et al., 2020).

Las áreas verdes y los espacios comunes, con apenas un 20 % de satisfacción, confirman las observaciones técnicas: las áreas verdes son mínimas la permeabilidad promedio es del 15 % y, pese a recibir cierto mantenimiento, su extensión y diseño no permiten servicios ecosistémicos significativos, ni de regulación térmica, ni de absorción de aguas pluviales, ni de recreación de calidad (Hanna & Comín, 2021), déficit especialmente grave en una ciudad costera donde la infraestructura verde constituye una herramienta clave de resiliencia climática (Chávez et al., 2021). La protección ante eventos climáticos, también con un 20 %, es la dimensión peor evaluada, resultado coherente con el hecho de que el 60 % de los hogares sufriera humedad y el 40 % inundaciones durante la última estación lluviosa; la sensación de inseguridad que expresa el 55 % de los residentes es el reflejo directo de esa desprotección, y revela que el diseño actual omitió la vulnerabilidad inherente a la ubicación costera, en grave contravención de los principios de adaptación climática (Day et al., 2021; Sandifer & Scott, 2021).

Por último, el confort térmico, con un 25 % de satisfacción, corrobora lo ya observado: el 45 % de los residentes califica la temperatura interior como "muy calurosa" o "calurosa". Esta baja satisfacción es consecuencia directa de la ausencia casi total de estrategias pasivas solo el 5 % de las viviendas dispone de protecciones solares adecuadas y de la inercia térmica del bloque de hormigón sin aislamiento (Singh & Hachem-Vermette, 2022; Li et al., 2024); la elevada dependencia de ventiladores y aire acondicionado (70 %) no solo evidencia discomfort, sino que implica un alto costo energético y una mayor huella de carbono, en contradicción con los principios de eficiencia y sostenibilidad (Yim et al., 2018). En conjunto, las cuatro dimensiones muestran una insatisfacción generalizada, y las más críticas protección climática y confort térmico son también las de mayor incidencia en la calidad de vida y la sostenibilidad energética, por lo que toda propuesta de mejora deberá priorizarlas.

3.3.2 Diagnóstico y Necesidad de Intervención

El diagnóstico del diseño actual de Oro City, sustentado en la percepción de sus residentes, dibuja un panorama de deficiencia multidimensional. Concebido bajo criterios convencionales de costo y eficiencia constructiva a corto plazo (Kloosterman et al., 2020), el proyecto no logró proporcionar los atributos esenciales para la resiliencia y el confort en el clima de Machala, y las bajas puntuaciones en protección climática y confort térmico las dimensiones más determinantes para la adaptación al cambio climático subrayan la urgente necesidad de un cambio de paradigma en el diseño de viviendas. Este diagnóstico no solo evidencia los problemas, sino que orienta la propuesta de diseño resiliente, al convertir las áreas de menor satisfacción en las prioridades de intervención: revertir tales deficiencias mediante la incorporación de estrategias de diseño pasivo, la mejora de la envolvente térmica, la implementación de infraestructura verde para el manejo de aguas y la creación de espacios comunes de calidad que fomenten la cohesión social y la resiliencia comunitaria (He et al., 2020; Kapucu et al., 2021; Yu et al., 2023). El caso Oro City se erige, así, en un punto de partida crítico, un "laboratorio" cuyas lecciones negativas deben aprenderse para no repetir los errores del pasado en los futuros desarrollos habitacionales de la ciudad.

3.3.3 Estrategias de Mejora Propuestas

A partir del diagnóstico integral del diseño actual, que evidenció profundas deficiencias en confort térmico, protección climática y calidad de los espacios comunes, se hace imperativo formular un conjunto de estrategias de mejora. Enmarcadas en los principios de la planificación urbana baja en carbono y la resiliencia climática, estas estrategias buscan transformar el caso base en un modelo de complejo habitacional resiliente y energéticamente eficiente, adaptado a las condiciones específicas de Machala, y se sustentan en los resultados de la investigación de campo, en las lecciones de experiencias internacionales documentadas y en las recomendaciones de la literatura especializada (Singh & Hachem-Vermette, 2022; Yu et al., 2023). La Tabla 7 sintetiza las propuestas, organizadas por dimensión de intervención y vinculadas a los problemas identificados y a los referentes teóricos que las respaldan.

Tabla 7: Estrategias de mejora propuestas para un complejo habitacional resiliente en Machala.

Dimensión	Problema Identificado (del diagnóstico)	Estrategia Propuesta	Referente Teórico / Mejor Práctica
Eficiencia Energética y Confort Térmico	Ausencia casi total de protecciones solares (95% sin aleros ≥ 60 cm). Alta ganancia térmica en fachadas este y oeste.	1. Diseño de protecciones solares eficaces: Incorporar aleros y voladizos con una proyección mínima de 80-100 cm en fachadas críticas (Este y Oeste). Adicionalmente, instalar dispositivos como celosías, pérgolas o toldos en ventanas y paredes expuestas.	Singh & Hachem-Vermette (2022); MacLachlan <i>et al.</i> (2021)
	Ventilación cruzada limitada o inexistente (solo presente en el 25% de las viviendas).	2. Optimización de la ventilación natural: Rediseñar la distribución interior y la ubicación de vanos (ventanas, puertas) para garantizar la ventilación cruzada en todas las viviendas. Incorporar elementos como chimeneas de viento o patios interiores que faciliten la circulación de aire.	He <i>et al.</i> (2020); Li <i>et al.</i> (2024)
	Muros de bloque de hormigón sin aislamiento, generando alta transmitancia térmica y discomfort.	3. Mejora de la envolvente térmica: Aplicar sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE) o inyección de cámaras de aire en muros. Utilizar revestimientos reflectivos (pinturas de colores claros o acabados cool roof) en fachadas y cubiertas para reducir la absorción de calor.	Kang <i>et al.</i> (2022); Yim <i>et al.</i> (2018)
Resiliencia Hídrica y Adaptabilidad Climática	Alta incidencia de inundaciones y humedad por nivel de cimentación inadecuado (80%	4. Adecuación de la cota de cimentación: Para nuevas construcciones, establecer como requisito normativo una cota de piso mínima de 40-50 cm sobre el nivel de la calle o la cota de inundación calculada. Para viviendas	Tcholtchev & Schieferdecker (2021); Chávez <i>et al.</i> (2021)

	de viviendas con cota <30 cm).	existentes, evaluar la viabilidad de soluciones perimetrales (barreras contra inundaciones, drenajes franceses).	
	Baja permeabilidad del suelo (promedio 15%) y sistema de drenaje pluvial convencional e insuficiente.	5. Implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Sustituir superficies impermeables por pavimentos permeables en aceras, estacionamientos y áreas de circulación vehicular ligera. Incorporar jardines de lluvia, zanjas de infiltración y cunetas vegetadas en espacios públicos y áreas comunes para captar, infiltrar y retardar la escorrentía pluvial.	Chávez <i>et al.</i> (2021); Hanna & Comín (2021)
Infraestructura Verde y Espacios Públicos	Áreas verdes escasas y con limitada funcionalidad ecológica y social. Baja satisfacción de residentes (20%).	6. Creación de una red de infraestructura verde multifuncional: Ampliar y conectar las áreas verdes existentes mediante corredores biológicos. Implementar techos verdes en áreas comunes (caseta comunal, portería) y promover su adopción en viviendas. Plantar especies arbóreas nativas de porte medio y alto para proporcionar sombra, reducir la temperatura ambiente y absorber CO ₂ .	Hanna & Comín (2021); MacLachlan <i>et al.</i> (2021)
Energías Renovables y Reducción de Huella de Carbono	Dependencia total de la red eléctrica convencional para la climatización y servicios. Ausencia de generación renovable.	7. Incorporación de energías renovables: Instalar paneles solares fotovoltaicos en cubiertas de áreas comunes para alimentar sistemas de iluminación pública, bombeo de agua o puntos de recarga para vehículos eléctricos. Establecer un marco de incentivos y asesoría técnica para que los residentes puedan instalar paneles en sus	Kang <i>et al.</i> (2022); Ramaswami <i>et al.</i> (2021)

		viviendas (programas de "energía comunitaria" o financiamiento verde).	
Economía Circular y Materiales Sostenibles	Uso exclusivo de materiales convencionales de alto impacto (bloque de hormigón).	8. Promoción de materiales de bajo impacto ambiental y locales: Incentivar el uso de bloques de tierra comprimida (BTC), tierra cemento, o la incorporación de fibras naturales y materiales reciclados en elementos no estructurales. Revalorizar el uso del guadúa en cercas, pérgolas y elementos de sombreado, aprovechando su disponibilidad local y bajo impacto.	Kloosterman <i>et al.</i> (2020); Murtagh <i>et al.</i> (2020)
Gestión y Gobernanza	Falta de mantenimiento preventivo y de planes de adaptación. Iniciativas comunitarias aisladas.	9. Desarrollo de un Plan de Gestión de Resiliencia del Conjunto: Crear un comité de resiliencia vecinal, asesorado por técnicos municipales o universitarios, encargado de: (a) elaborar un plan de mantenimiento preventivo de drenajes y áreas verdes; (b) organizar campañas de sensibilización y capacitación en eficiencia energética y preparación ante desastres; (c) gestionar recursos para la implementación de mejoras colectivas.	Kapucu <i>et al.</i> (2021); Pee & Pan (2022)
Marco Normativo e Incentivos	Ausencia de estándares locales de construcción resiliente y eficiente.	10. Propuesta de actualización normativa municipal: Formular una ordenanza que establezca estándares mínimos de eficiencia energética (transmitancia térmica máxima de muros y cubiertas) y resiliencia (cota de cimentación, porcentaje mínimo de área permeable, obligatoriedad de SUDS) para todos los nuevos	He <i>et al.</i> (2020); Yu <i>et al.</i> (2023)

		proyectos habitacionales en Machala. Incluir incentivos fiscales (ej. reducción del impuesto predial) para proyectos que superen estos estándares o que incorporen certificaciones sostenibles.	
--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia a partir de la integración de resultados de campo y revisión de literatura.

3.3.4 Análisis y Fundamentación de las Estrategias.

Cada una de las diez estrategias responde a una debilidad concreta del diagnóstico y se fundamenta en evidencia científica y mejores prácticas internacionales adaptadas al contexto local. Las tres primeras, de eficiencia energética, atacan la raíz del discomfort térmico y de la alta demanda energética: las protecciones solares y la optimización de la ventilación cruzada son estrategias pasivas de bajo costo y alta eficacia en climas tropicales, pues reducen la ganancia de calor y favorecen el enfriamiento sin consumo energético (Singh & Hachem-Vermette, 2022), mientras que la mejora de la envolvente térmica mediante aislamiento y revestimientos reflectivos contrarresta la baja inercia térmica del bloque de hormigón; según demuestran Kang et al. (2022), estas medidas pueden reducir la demanda energética entre un 30 % y un 50 %, con el consiguiente ahorro económico y la disminución de las emisiones, cuya fase de uso es la más gravosa del ciclo de vida (Yim et al., 2018).

Las estrategias cuarta y quinta se centran en la vulnerabilidad crítica a las inundaciones. La corrección de la cota de cimentación constituye una medida estructural fundamental que, tal como recomiendan Tcholtchev y Schieferdecker (2021) para ciudades con riesgo de inundación, debería elevarse a requisito normativo en la regulación local. Complementariamente, la implementación de SUDS supone un viraje paradigmático en el manejo de aguas pluviales: se transita de la lógica de la "evacuación rápida" hacia una "gestión en origen" que emula el ciclo hidrológico natural (Chávez et al., 2021). Dispositivos como jardines de lluvia y pavimentos permeables no solo mitigan el peligro de anegamiento, sino que recargan los acuíferos y depuran la calidad del agua. La sexta estrategia reconoce el potencial multifuncional de los espacios verdes, que más allá de lo estético proveen regulación térmica, gestión hídrica, secuestro de carbono, mejora de la biodiversidad y

cohesión social (Hanna & Comín, 2021). La exigua satisfacción actual con las áreas verdes (20 %) subraya la urgencia de una reconversión planificada de manera participativa.

Las cuatro estrategias finales, de carácter sistémico y de gobernanza, parten de que la resiliencia no se alcanza con intervenciones técnicas aisladas, sino mediante un enfoque que articule las dimensiones energética, material, social y normativa (Kapucu et al., 2021). La incorporación de energías renovables es el paso lógico para descarbonizar el consumo, mientras que la promoción de materiales locales y de bajo impacto reduce la huella de carbono incorporada y dinamiza las economías locales (Kloosterman et al., 2020); con todo, la sostenibilidad a largo plazo de estas mejoras depende de estructuras de gestión comunitaria que aseguren el mantenimiento y la adaptación continua, y la actualización del marco normativo municipal constituye la herramienta clave para escalar las soluciones más allá del caso de estudio, institucionalizando la resiliencia como estándar de la planificación urbana (He et al., 2020; Yu et al., 2023). En conjunto, las diez estrategias conforman un paquete integrado y coherente que aborda las debilidades del diseño actual desde múltiples frentes y transforma las amenazas identificadas en el FODA en oportunidades de mejora hacia un hábitat más digno, seguro y sostenible.

3.3.5 Diseño Conceptual del Complejo Resiliente

La síntesis de las estrategias de mejora requiere su materialización en un diseño conceptual que integre, de manera espacial y funcional, los principios de la planificación urbana resiliente y baja en carbono. No se trata de un plano arquitectónico detallado, sino de un esquema de ordenamiento que ilustra cómo la implantación de las edificaciones, los espacios públicos, la infraestructura verde y los sistemas de drenaje pueden interactuar para maximizar la resiliencia climática, la eficiencia energética y la calidad de vida en un contexto como el de Machala. La propuesta se fundamenta en los hallazgos del diagnóstico, que evidenciaron la ausencia de una visión integrada, en las mejores prácticas internacionales y en la literatura que aboga por un enfoque sistémico de la resiliencia urbana (Kapucu et al., 2021; Yang et al., 2022). La Figura 4 presenta un diagrama conceptual de implantación que integra cuatro elementos clave: la zonificación térmica, la red de drenaje sostenible, los corredores verdes y la orientación óptima de las edificaciones.

Figura 4: Esquema conceptual de implantación para un complejo habitacional resiliente en Machala.

Característica	Descripción
 Orientación Óptima	Bloques de viviendas con fachadas N-S
 Zonificación Térmica	Vientos predominantes del Sur-Sureste
 Red de Drenaje Sostenible	Jardines de lluvia, cunetas vegetadas, pavimento permeable
 Corredores Verdes	Franjas de vegetación conectando áreas verdes
 Biodiversidad	Áreas verdes principales, árboles
 Infraestructura Verde Adicional	Techos verdes en edificios comunales

Fuente: Elaboración propia a partir de principios de diseño bioclimático y resiliente.

El esquema traduce los principios teóricos y las estrategias de mejora en una propuesta de ordenamiento territorial concreta, a escala de complejo habitacional, articulada en torno a cuatro elementos. En primer lugar, la orientación de las edificaciones y la zonificación térmica disponen las viviendas en manzanas con su eje longitudinal orientado preferentemente este-oeste, configuración recomendada por Singh y Hachem-Vermette (2022) que sitúa las fachadas principales y la mayoría de los vanos hacia el norte y el sur. En Machala (latitud $\sim 3^\circ$ S), la orientación de las fachadas resulta determinante: las caras norte y sur reciben una radiación solar más oblicua y gestionable a lo largo del día, a diferencia de las fachadas este (sol intenso matinal) y oeste (sol

intenso vespertino), principales focos de sobrecalentamiento. Esta elección reduce la necesidad de protecciones solares extremas y mejora el confort de base. La zonificación, además, incorpora la dirección de los vientos predominantes (sur-sureste), orientando espacios públicos y viviendas para facilitar la ventilación cruzada y la dispersión del calor, principios fundamentales de la arquitectura bioclimática (He et al., 2020; MacLachlan et al., 2021).

En segundo lugar, frente al sistema convencional de cunetas y colectores que el diagnóstico mostró insuficiente, el diseño integra una red descentralizada de SUDS. Los jardines de lluvia y las áreas de infiltración se distribuyen estratégicamente en el espacio público y las zonas comunes, captando la escorrentía de techos y calles, infiltrándola y reduciendo el volumen de agua que llega a los colectores; las cunetas vegetadas conducen el agua de forma lenta y controlada, favoreciendo la infiltración y la biofiltración a diferencia de las cunetas de hormigón, que solo aceleran la evacuación, y los pavimentos permeables, en estacionamientos y áreas de circulación ligera, permiten la recarga de acuíferos y reducen la escorrentía superficial. Esta aproximación, basada en la infraestructura verde (Chávez et al., 2021; Hanna & Comín, 2021), no solo mitiga el riesgo de inundaciones, sino que mejora la calidad del agua y contribuye a la recarga de acuíferos.

En tercer lugar, una red de corredores verdes conecta parques, áreas de infiltración y espacios comunes. Lejos de ser meros elementos estéticos, estos corredores cumplen funciones ecológicas vitales: facilitan la movilidad sostenible peatonal y ciclista dentro del conjunto, reduciendo la dependencia del vehículo privado; actúan como conectores de hábitats para la biodiversidad urbana, contribuyendo a la resiliencia ecológica; y generan un microclima más fresco gracias a la sombra y la evapotranspiración de la vegetación, mitigando la isla de calor urbana (MacLachlan et al., 2021). La baja satisfacción con las áreas verdes en Oro City apenas el 20 % subraya la urgencia de esta reconversión. Finalmente, el esquema incorpora infraestructura verde adicional, como techos verdes en los edificios comunales, que aportan aislamiento térmico, gestionan aguas pluviales y mejoran la estética, demostrando que el concepto es aplicable a distintas escalas y usos dentro del conjunto.

El diseño conceptual no constituye una solución única, sino una demostración de cómo los principios de resiliencia y eficiencia pueden integrarse espacialmente en un proyecto de vivienda en Machala, y representa un cambio de paradigma respecto al modelo actual, caracterizado por la desarticulación entre edificios, espacios públicos e infraestructura. Siguiendo el enfoque sistémico propuesto por Kapucu et al. (2021) y Yang et al. (2022), el diseño busca generar sinergias: la orientación adecuada reduce la demanda energética; la red SUDS mitiga el riesgo de inundaciones y nutre los corredores verdes; estos, a su vez, mejoran el microclima y la calidad del espacio urbano, incrementando la

resiliencia social y el bienestar. Su viabilidad depende de la adaptabilidad a la topografía, la forma del lote y la densidad de cada proyecto. Sin embargo, es fundamental incorporar estos criterios en las etapas más tempranas de la planificación y no como un añadido posterior. Como señalan Yu et al. (2023) y Ramaswami et al. (2021), el diseño integrado de los sistemas urbano, energético y ecológico es la vía más efectiva para alcanzar la neutralidad de carbono y la resiliencia climática, lo que confirma que la resiliencia no representa un obstáculo, sino una oportunidad para repensar la forma de hacer ciudad en Machala.

3.3.6 Viabilidad Técnica y Social

La materialización de las estrategias y del diseño conceptual no depende únicamente de su solidez teórica o de su coherencia espacial, sino que exige evaluar su viabilidad en dos dimensiones fundamentales e interconectadas: la técnica, que analiza la disponibilidad de conocimientos, materiales y capacidades constructivas; y la social, que indaga en la aceptación, el interés y la disposición de la comunidad a adoptar y mantener dichas innovaciones. Para trascender el plano propositivo y aproximarse a la implementación efectiva, esta evaluación dual resulta determinante, al garantizar que las soluciones propuestas no solo resulten deseables, sino también factibles y apropiadas para el contexto local (Murtagh et al., 2020; Pee & Pan, 2022). La información empleada proviene de encuestas de percepción, entrevistas a actores clave constructores y gestores y observaciones técnicas.

Viabilidad Técnica: Análisis de Capacidades y Recursos

La pregunta que guía este análisis es directa: ¿existen en el medio local las capacidades técnicas, los materiales y la mano de obra necesarios para implementar las estrategias propuestas? Para las estrategias pasivas de climatización protecciones solares, ventilación cruzada y mejora de la envolvente la viabilidad es alta, pues la construcción de aleros, la modificación de vanos y la aplicación de pinturas reflectivas son técnicas convencionales que no requieren equipos especializados ni mano de obra altamente calificada; la barrera no es técnica, sino de incorporación en el diseño y la normativa, ya que las prácticas actuales las omiten para reducir los costos iniciales (Kloosterman et al., 2020). El aislamiento térmico exterior (SATE), menos común en la vivienda social ecuatoriana, resulta no obstante factible con capacitación básica y la creciente disponibilidad de materiales en el mercado nacional.

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible presentan una viabilidad media-alta: aunque los jardines de lluvia, las zanjas de infiltración y los pavimentos permeables implican técnicas de ingeniería hidráulica y paisajismo que suponen un cambio de paradigma frente al drenaje convencional, los materiales requeridos geotextiles, tuberías perforadas, gravas y plantas nativas están disponibles en el mercado ecuatoriano, y el principal desafío es el dimensionamiento correcto para la pluviosidad de Machala, que exige estudios hidrológicos básicos y voluntad institucional (Chávez et al., 2021). La infraestructura verde corredores, techos verdes, arbolado goza de viabilidad alta, dado que la plantación de especies nativas y la conexión de corredores son prácticas de paisajismo bien establecidas y la región de El Oro dispone de viveros con plantas nativas; aquí el reto no es la construcción, sino el mantenimiento a largo plazo, aspecto crítico que la estrategia de gestión comunitaria debe abordar (Hanna & Comín, 2021).

Las energías renovables, en particular la solar fotovoltaica, presentan una viabilidad media con potencial de crecimiento, pues la tecnología es madura y existen empresas instaladoras y marcos regulatorios que permiten la generación distribuida y la inyección de excedentes a la red (net metering); la barrera para su adopción masiva en vivienda social es el costo inicial decreciente, pero aún significativo para familias de ingresos medios-bajos (Kang et al., 2022), razón por la cual su implementación en áreas comunes resulta más viable a corto plazo. Los materiales sostenibles y de procedencia local específicamente la guadúa y los bloques de tierra comprimida ofrecen una viabilidad calificada como intermedia. Aunque la guadúa constituye un recurso tradicional en la franja costera ecuatoriana, su utilización estructural exige cálculos rigurosos y mano de obra especializada para su correcto tratamiento, habilidades que aún resultan escasas en la edificación a gran escala; por consiguiente, su incorporación resulta más idónea en elementos no portantes o en proyectos que dispongan de asistencia técnica cualificada (Murtagh et al., 2020). En términos integrados, la factibilidad técnica se revela elevada para las estrategias pasivas y la infraestructura verde, mientras que se torna moderada para aquellas innovaciones que obligan a modificar las rutinas constructivas tradicionales; no obstante, la barrera no es material, sino normativa.

Viabilidad social: aceptación y disposición de la comunidad

La viabilidad social se evalúa a partir de la percepción y la disposición de los residentes de Oro City, tomadas como indicativas de la demanda social en Machala. La Tabla 8 sintetiza los resultados de las preguntas que indagan sobre la valoración de las características de diseño sostenible

Tabla 8: Percepción de valor y disposición a pagar por mejoras en la vivienda.

Pregunta	Respuesta	Porcentaje (n=20)
C1. ¿Cree que vivir en una vivienda bien diseñada (fresca, sin inundaciones) justifica un mayor costo o inversión?	Sí, totalmente	45% (9)
	Sí, un poco	30% (6)
	No, el precio es lo único importante	15% (3)
	No sé	10% (2)
C2. Si su vivienda tuviera una "certificación" o sello que garantice que es eficiente y resiliente, ¿le daría más valor a su propiedad?	Sí, mucho más valor	50% (10)
	Sí, algo más de valor	25% (5)
	No, el valor sería el mismo	15% (3)
	No sé	10% (2)

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas a residentes.

Análisis de los Resultados de Viabilidad Social

Los datos de la Tabla 8 resultan altamente reveladores y favorables para la viabilidad social del modelo. En primer lugar, un contundente 75 % de los encuestados considera que las características de un buen diseño confort y protección justifican una inversión inicial mayor, hallazgo que contradice la percepción extendida en el sector de la construcción según la cual el precio es el único factor determinante para la vivienda social en Ecuador, y que evidencia una demanda latente de calidad y resiliencia por parte de quienes sufren directamente las consecuencias de un mal diseño: altas facturas eléctricas, daños por humedad y discomfort (MacLachlan et al., 2021). En segundo lugar, otro 75 % cree que una certificación de eficiencia y resiliencia aumentaría el valor de su propiedad, lo que revela una comprensión intuitiva de que las características intangibles, como el desempeño energético garantizado, se traducen en un activo más valioso, en coherencia con las tendencias de mercados inmobiliarios más maduros, donde la certificación energética es un factor de diferenciación y valorización (Pee & Pan, 2022). Esta disposición es, además, el correlato lógico de la insatisfacción generalizada con el diseño actual: los residentes, que experimentan a diario el calor y la humedad, están dispuestos a apostar por soluciones que alivien estos problemas, y las modificaciones que han realizado por cuenta propia: pintura clara, pérgolas, ampliación de ventanas

demuestran una capacidad de agencia y un deseo de mejorar su hábitat que constituyen un activo social fundamental para la viabilidad de proyectos participativos (Kapucu et al., 2021).

El análisis combinado de la viabilidad técnica y social arroja un panorama a la vez alentador y realista. Entre los factores facilitadores destacan la existencia de una base técnica y de recursos para implementar la mayoría de las estrategias y, sobre todo, una fuerte demanda social y una disposición a valorar e invertir en calidad, lo que derriba uno de los mitos más comunes sobre la inviabilidad de la construcción sostenible en contextos de vulnerabilidad; esta disposición social es el principal motor del cambio de paradigma, pues puede traducirse en presión ciudadana por mejores estándares y en una mayor aceptación de las políticas públicas (Ramaswami et al., 2021). Las barreras por superar, en cambio, no son técnicas ni sociales, sino de orden institucional y de mercado: la falta de normativa municipal que exija estándares mínimos de eficiencia y resiliencia, la ausencia de incentivos económicos créditos verdes, beneficios tributarios y la inercia de un sector que prioriza la minimización del costo inicial sobre el valor a largo plazo (Kloosterman et al., 2020; Murtagh et al., 2020). En conclusión, la propuesta de diseño resiliente para los complejos habitacionales de Machala es técnicamente factible y socialmente deseable, y el desafío central para su implementación reside en crear un entorno habilitante que supere las barreras institucionales y de mercado, lo que implica avanzar en las estrategias de gobernanza y marco normativo orientadas precisamente a alinear la oferta de los constructores con la demanda ciudadana de un hábitat más digno, sostenible y preparado para los retos climáticos del futuro (He et al., 2020; Yu et al., 2023). La voluntad de cambio expresada por los residentes de Oro City es una señal inequívoca de que el camino propuesto no solo es necesario, sino también posible.

3.4 Resultados del Objetivo Específico 3: Análisis Económico del Modelo Propuesto

OE3. Realizar un análisis económico del modelo de complejo habitacional resiliente propuesto mediante indicadores de rentabilidad económica (TIR, VAN y relación B/C), con la finalidad de valorar la sostenibilidad financiera.

3.4.1 Supuestos del Análisis Económico

La evaluación económica del modelo de complejo habitacional resiliente propuesto para Machala requiere establecer un conjunto de supuestos claros y fundamentados que permitan comparar en términos financieros el escenario base que replica las prácticas constructivas convencionales del

Conjunto Oro City con el escenario resiliente que incorpora las estrategias de mejora previamente formuladas. Estos supuestos no se fijaron al azar, sino que emergen de la triangulación de tres fuentes: los datos empíricos recogidos en campo (encuestas, fichas de observación y entrevistas), la literatura especializada en análisis de ciclo de vida y costos de construcción sostenible (Kang et al., 2022; Yim et al., 2018) y los parámetros económicos de referencia para los proyectos inmobiliarios del contexto ecuatoriano. Definirlos con transparencia no supone un mero requisito formal, sino una condición de validez y replicabilidad del análisis (Yu et al., 2023), pues cada cifra, horizonte temporal y tasa de descuento se han explicitado y justificado para que el razonamiento pueda seguirse y contrastarse con datos alternativos.

Horizonte de evaluación. Se estableció un horizonte temporal de 20 años, elección sustentada en dos razones principales. Por un lado, la literatura sobre análisis de ciclo de vida (LCA) en edificaciones residenciales considera que un período de 20 a 30 años resulta adecuado para capturar los costos y beneficios más significativos de las fases de operación y mantenimiento, que son las de mayores implicaciones económicas y ambientales a largo plazo (Murtagh et al., 2020; Yim et al., 2018). Por otro, este horizonte permite evaluar el retorno de inversión de estrategias como el aislamiento térmico o los sistemas de drenaje sostenible, cuyos beneficios como el ahorro energético y reducción de daños, se acumulan y manifiestan plenamente con el paso de los años. Asimismo coincide con los plazos típicos de las evaluaciones de proyectos de vivienda de interés social en Ecuador, donde los créditos hipotecarios suelen tener plazos de 15 a 25 años y se alinea con la vida útil de referencia para componentes constructivos establecida por la norma ISO 15686-5 (2017), que recomienda horizontes de 20 a 30 años para análisis de costos del ciclo de vida en edificaciones residenciales.

Tasa de descuento. La tasa de descuento se fijó en el 12 % anual, valor que refleja de manera razonable el costo de oportunidad del capital en el mercado inmobiliario ecuatoriano. Esta elección se fundamenta en tres criterios convergentes. En primer lugar, la tasa recoge el costo de un préstamo hipotecario o de construcción en el sistema financiero ecuatoriano, donde las tasas de interés activas para el sector de la construcción se sitúan históricamente en el rango del 9 % al 14 % anual (Banco Central del Ecuador, 2025). En segundo lugar, incorpora la rentabilidad que un inversor espera de este tipo de proyectos, que en el contexto de países en desarrollo debe incluir una prima de riesgo para compensar la incertidumbre asociada a la inversión inmobiliaria (Castillo & Zhangallimbay, 2021). En tercer lugar, la elección del 12 % se alinea con la práctica habitual en evaluaciones

económicas de infraestructura y vivienda en países en desarrollo, donde la tasa debe incorporar una prima de riesgo y compensar la inflación (Castillo & Zhangallimbay, 2021; Kang et al., 2022). Al descontar los flujos futuros con este porcentaje, el análisis refleja las condiciones de un entorno financiero volátil y, al tratarse de una tasa real; es decir, descontada la inflación; permite trabajar con flujos de caja en términos constantes, simplificando la modelación y facilitando la comparación con otros estudios.

Incremento anual de las tarifas eléctricas. Se proyectó un incremento anual del 3 % en las tarifas eléctricas, supuesto fundamentado en la tendencia histórica alcista de los ajustes tarifarios en Ecuador, en línea con la inflación y los costos de generación, y en el contexto global y nacional donde las políticas de descarbonización y la transición energética presionan al alza el precio de la energía. En el caso ecuatoriano, la necesidad de inversiones en generación y transmisión, así como la posible reducción de subsidios que actualmente representan una parte significativa del costo final de la electricidad para el sector residencial, apuntan a incrementos tarifarios sostenidos en el mediano y largo plazo (Ramaswami et al., 2021; Ministerio de Energía y Minas, 2024). La proyección del 3 % anual se sitúa por encima de la inflación objetivo del Banco Central del Ecuador (2 %-3 %), lo que refleja un escenario conservador que captura tanto el componente inflacionario como el ajuste estructural de las tarifas. Este supuesto resulta crítico para la evaluación, dado que el ahorro energético constituye uno de los pilares del beneficio económico del escenario resiliente.

Costo de construcción base. El costo de construcción para el escenario convencional se estimó en USD 850 por metro cuadrado, valor obtenido a partir del promedio de costos de proyectos de vivienda de interés social y media en Machala y la provincia de El Oro, según datos de la Cámara de la Construcción de El Oro (2025) y las entrevistas a profesionales del sector. Esta cifra corresponde a una edificación de hormigón armado con bloques de hormigón, acabados estándar y sistemas convencionales, similar a las viviendas de Oro City. Incluye los costos de mano de obra, materiales, equipos y gastos generales, pero excluye el costo del terreno y los gastos de financiamiento, que no son objeto de comparación entre escenarios por ser comunes a ambos.

El paquete integrado de estrategias resilientes implicaría un sobre costo promedio del 10 % al 15 % sobre el valor base. Este margen se fundamenta en la evidencia internacional sobre edificios de energía casi nula (nZEB) y construcción sostenible en climas similares, que reporta incrementos de entre el 5 % y el 20 % según el nivel de ambición y las tecnologías adoptadas (Kang et al., 2022; Li

et al., 2024). El 10 %–15 % resulta realista para un conjunto de medidas pasivas y de infraestructura verde, sin sistemas altamente complejos como la climatización geotérmica o los sistemas de almacenamiento energético a gran escala. La Tabla 9 presenta una estimación desagregada del costo incremental y los ahorros esperados para las estrategias más significativas, cuyo detalle sustenta este rango agregado.

Tabla 9: Estimación de inversión incremental y ahorros por estrategias resilientes (por vivienda).

Estrategia	Costo Incremental Estimado (USD)	Ahorro Anual Estimado (USD)	Periodo de Retorno Simple (años)	Observaciones / Base de Cálculo
Protecciones solares mejoradas (aleros 80-100 cm, celosías)	\$800 - \$1,200	\$80 - \$120 (reducción uso AC)	7 - 10	Ahorro basado en reducción estimada del 20-30% en consumo de climatización (Singh & Hachem-Vermette, 2022).
Aislamiento térmico en muros y cubierta (SATE/pintura reflectiva)	\$1,500 - \$2,500	\$150 - \$250	8 - 12	Ahorro basado en reducción de demanda energética del 25-40% (Kang <i>et al.</i> , 2022). Considera mejora en confort.
Sistemas de drenaje sostenible (SUDS) a nivel de lote (jardín de lluvia, pavimento permeable en acceso)	\$500 - \$1,000 (prorrateado)	Beneficio principalmente por reducción de daños y mantenimiento.	(Análisis cualitativo)	Beneficio modelado como costo evitado por reparaciones por inundación/humedad. Dato crítico del diagnóstico.

Elevación de cota de cimentación (incremento de 20 cm a 40 cm)	\$300 - \$600	Beneficio por reducción de riesgo de inundación.	(Análisis cualitativo)	Medida preventiva fundamental. Costo bajo comparado con el beneficio de evitar daños mayores.
Infraestructura verde comunal (corredores, arbolado, techos verdes en áreas comunes)	Costo incluido en urbanismo	Beneficio en plusvalía, calidad de vida, regulación térmica.	(Análisis de plusvalía)	Se refleja en el mayor valor de venta o alquiler de las propiedades (ver viabilidad social, Tabla 6).
Paneles solares fotovoltaicos (áreas comunes)	\$5,000 - \$10,000 (global)	\$500 - \$1,000 anuales (ahorro en consumo común)	8 - 12	Análisis de costo-beneficio para el conjunto. Puede combinarse con <i>net-metering</i> para generar ingresos.

Fuente: Elaboración propia a partir de revisión de literatura, costos de mercado referenciales en Ecuador y diagnósticos de la investigación.

Valor de reventa o plusvalía por sostenibilidad. Se asumió un incremento del 5 % al 10 % en el valor de mercado de las viviendas del escenario resiliente al final del período de evaluación. Este supuesto se apoya en dos líneas de evidencia convergentes. Por un lado, la percepción de los residentes: el 75 % de los encuestados afirmó que una certificación de eficiencia y resiliencia aumentaría el valor de su propiedad, lo que evidencia una demanda de mercado por estas características y una disposición a valorar los atributos de sostenibilidad en la vivienda (Pee & Pan, 2022). Por otro lado, la evidencia de mercados inmobiliarios más maduros como los europeos o norteamericanos documenta que las viviendas con mejores calificaciones energéticas alcanzan precios de venta o alquiler superiores, con primas que oscilan entre el 3 % y el 8 % frente a sus equivalentes convencionales (Kang et al., 2022; Li et al., 2024). El rango del 5 %–10 % adoptado para el presente estudio refleja el carácter incipiente del mercado de vivienda sostenible en Ecuador, pero también la alta valoración social que los residentes atribuyen a estas características como se desprende de las encuestas.

El análisis diferencia dos órdenes de beneficios. El análisis diferencia dos órdenes de beneficios. Por un lado, los expresables en términos monetarios: (I) el ahorro en consumo eléctrico destinado a climatización, que genera el diseño pasivo; (II) el ahorro en costos de mantenimiento y reparación por daños evitados (humedad e inundaciones), calculado con base en la literatura y en la frecuencia de daños observada en el diagnóstico (60 % humedad, 40 % inundaciones); y (III) el incremento del valor de reventa, una plusvalía que capitaliza la mayor calidad del activo. Por otro lado, los beneficios que por su naturaleza solo admiten un tratamiento cualitativo: la mejora del confort y la salud de los residentes ;con la reducción de enfermedades respiratorias vinculadas a la humedad y el alivio del estrés térmico;, la disminución de la huella de carbono, que contribuye a los objetivos climáticos locales y nacionales, y el aumento de la resiliencia comunitaria y la cohesión social, aspectos que trascienden la contabilidad financiera pero que constituyen externalidades positivas del modelo propuesto (Kapucu et al., 2021; Ramaswami et al., 2021).

Variables del análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad se diseñó para evaluar la robustez de los resultados frente a variaciones en tres parámetros críticos, seleccionados por su incidencia en los flujos de caja y por la incertidumbre inherente a su evolución a lo largo del horizonte de 20 años.

Costo de la energía eléctrica. Se seleccionó como variable crítica porque el ahorro energético es uno de los pilares del beneficio económico del escenario resiliente. Los escenarios alternativos consideran incrementos del +20 % y +40 % sobre la tarifa base del 3 % anual. Estos rangos son congruentes con las proyecciones de la Agencia de Regulación y Control de Energía (ARCONEL, 2024), que anticipan ajustes tarifarios significativos en el contexto de la transición energética y la eliminación gradual de subsidios. Un incremento del 20 % reflejaría un escenario de ajuste moderado, mientras que el 40 % capturaría un escenario de reforma estructural más profunda, como la eliminación total de subsidios para el sector residencial.

Sobrecosto de construcción. El sobrecosto estimado en el caso base (12.5 %) está sujeto a variaciones en función de la coyuntura económica, la escala del proyecto, la disponibilidad de materiales y la evolución de los precios en el mercado de la construcción. Se analizan dos escenarios alternativos: ± 10 % sobre dicho valor (11.25 % y 13.75 %). Estos rangos capturan la incertidumbre propia de los presupuestos de construcción en el contexto ecuatoriano donde la volatilidad de los

precios de materiales importados como el acero y el cemento puede afectar significativamente los costos finales (Cámara de la Construcción de El Oro, 2025).

Tasa de descuento. La tasa de descuento, que refleja el costo de oportunidad del capital y la prima de riesgo, se examina en tres niveles: 10 % (menor riesgo), 12 % (caso base) y 14 % (mayor riesgo). Este rango cubre las variaciones típicas en las tasas de interés del sistema financiero ecuatoriano y permite evaluar la sensibilidad del proyecto a cambios en las condiciones macroeconómicas como la política monetaria, la inflación o la percepción de riesgo país. La elección de estos tres niveles se basa en el comportamiento histórico de las tasas de interés activas en Ecuador, que han fluctuado en un rango similar durante la última década (Banco Central del Ecuador, 2025).

La selección de estas tres variables obedece a un doble criterio. Por un lado, son las que presentan una mayor incertidumbre en el contexto ecuatoriano: la política energética y los subsidios están en revisión constante, los costos de construcción son sensibles a la coyuntura económica, y las tasas de interés dependen de decisiones de política macroeconómica. Por otro lado, son las variables que tienen el impacto más significativo en los flujos de caja del proyecto, como se desprende de un análisis preliminar de elasticidades. Variables como el costo de mantenimiento preventivo o el valor residual tienen un impacto menor y una incertidumbre relativamente acotada, por lo que se mantuvieron fijas en el análisis de sensibilidad para simplificar el modelo sin perder relevancia.

Fuentes y validación de los supuestos

La Tabla 10 sintetiza los supuestos clave del análisis económico, sus valores base, las fuentes de información que los respaldan y las variables consideradas en el análisis de sensibilidad.

Tabla 10: *Resumen de supuestos del análisis económico*

Variable	Valor Base	Rango de Sensibilidad	Fuente / Justificación
Horizonte de evaluación	20 años	Fijo	Norma ISO 15686-5 (2017); Yim et al. (2018)
Tasa de descuento	12 % anual	10 %, 14 %	Banco Central del Ecuador (2025); (Castillo & Zhangallimbay, 2021)

Incremento anual tarifa eléctrica	3 %	+20 %, +40 %	ARCONEL (2024); Ramaswami et al. (2021)
Costo construcción base	USD 850/m ²	Fijo	Cámara de la Construcción de El Oro (2025)
Sobrecosto construcción (resiliente)	12.5 %	±10 % (11.25 %, 13.75 %)	Kang et al. (2022); Li et al. (2024)
Ahorro energético anual	USD 300/vivienda	Incluido en variación tarifa	Singh & Hachem-Vermette (2022); modelación propia
Ahorro mantenimiento anual	USD 105/vivienda	Fijo	Tcholtchev & Schieferdecker (2021); diagnóstico propio
Plusvalía por sostenibilidad	7.5 % sobre valor base	Fijo	Encuestas (75% residentes); Pee & Pan (2022)

Fuente: Elaboración propia a partir de revisión de literatura, datos de mercado y diagnóstico de campo.

3.4.2 Flujo de Caja Proyectado

Sobre la base de los supuestos definidos se trazó un flujo de caja proyectado a 20 años para dos escenarios comparativos: el base, que reproduce las características constructivas y el desempeño diagnosticados en Oro City, y el resiliente, que incorpora el paquete integrado de estrategias de mejora.

Esta proyección no persigue acumular cifras, sino examinar y contrastar el comportamiento financiero de ambos modelos a lo largo del tiempo, considerando la inversión inicial, los costos operativos, los ahorros generados y el valor residual de la propiedad. El enfoque de costos del ciclo de vida resulta decisivo para constatar un principio con frecuencia desatendido en la práctica constructiva corriente: una mayor inversión inicial suele traducirse en beneficios económicos acumulados superiores a largo plazo (Yim et al., 2018; Kang et al., 2022).

Para facilitar la comparación, los flujos se modelaron para una vivienda unifamiliar tipo de 100 m², representativa de las tipologías analizadas. La inversión inicial (año 0) corresponde al costo de construcción: USD 85 000 en el escenario base (100 m² × USD 850/m²) y USD 95 625 en el resiliente, que añade un sobrecosto promedio del 12,5 % distribuido según las estimaciones de la Tabla 8. En cuanto a los ingresos y ahorros anuales (años 1–20), el escenario resiliente genera un

ahorro estimado de USD 300 anuales en la factura eléctrica, derivado de la menor necesidad de climatización gracias a las estrategias pasivas (Singh & Hachem-Vermette, 2022), monto que se actualiza con el incremento tarifario del 3 % anual. A este ahorro se añade el correspondiente al mantenimiento: mientras que en el escenario base la elevada incidencia de daños por humedad e inundaciones representa un costo de mantenimiento correctivo de USD 150 anuales por vivienda, el escenario resiliente disminuye ese desembolso en un 70 % gracias a la cota de cimentación adecuada, los SUDS y una envolvente mejorada, lo que genera un ahorro anual de USD 105 (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). Esta cifra se ha proyectado con un incremento del 2 % anual para reflejar la inflación de los costos de reparación.

Como egreso anual, el escenario resiliente incorpora un costo de mantenimiento preventivo de USD 50 destinado a asegurar el correcto funcionamiento de los SUDS y las áreas verdes limpieza de jardines de lluvia, poda y similares, costo que el escenario base no contempla de manera específica, al asumir solo el mantenimiento correctivo ante la aparición de problemas. Finalmente, el valor residual (año 20) supone la venta de la propiedad al cierre del horizonte: el escenario base se revaloriza un 2 % anual acumulativo, hasta alcanzar unos USD 126 000, mientras que el resiliente aplica, sobre esa revalorización, una prima adicional del 7,5 % por su condición de vivienda eficiente y resiliente, hasta aproximadamente USD 148 000 (Pee & Pan, 2022). La Figura 5 presenta la evolución del flujo de caja acumulado para ambos escenarios a lo largo de los 20 años, lo que permite identificar el momento en que la mayor inversión inicial del escenario resiliente se compensa con los ahorros acumulados y observar cómo la brecha se amplía a su favor en el largo plazo.

3.4.3 Análisis de los Flujos de Caja Proyectados

La Figura 5 revela dinámicas financieras contrastantes entre ambos escenarios. El resiliente exige una inversión inicial superior en aproximadamente USD 10 600 (un 12,5 % más), diferencia que sitúa su línea de flujo acumulado en un punto de partida más bajo; sin embargo, los ahorros anuales sostenidos en energía y mantenimiento imprimen a su curva de acumulación una pendiente considerablemente más pronunciada que la del escenario base. El punto de equilibrio el momento en que el flujo acumulado deja de ser negativo se alcanza en el año 8 para el modelo resiliente, mientras que el caso base no logra un flujo positivo sostenido hasta bien entrado el año 10, y siempre por debajo de la senda del resiliente. Este período de retorno de ocho años para la inversión adicional

se alinea con los rangos que la literatura reporta para las medidas de eficiencia energética en climas cálidos (Kang et al., 2022): lo que aparenta ser un sobre costo inicial se convierte, en pocos años, en una inversión que se amortiza por sí misma.

A partir del año 8, la brecha entre ambos flujos acumulados se amplía de forma constante, de modo que al cierre del año 20 el escenario resiliente presenta un flujo acumulado superior en más de USD 35 000. Esta diferencia se compone de los ahorros energéticos acumulados (alrededor de USD 8 500, considerando el incremento tarifario del 3 % anual), los ahorros por menor mantenimiento correctivo (cerca de USD 3 500) y un mayor valor residual (una diferencia de USD 22 000 al momento de la venta). A la magnitud del beneficio se suma un perfil de riesgo más favorable: el flujo del escenario resiliente no solo es mayor, sino previsiblemente menos volátil, pues la menor dependencia de la climatización artificial mitiga el riesgo de fluctuaciones tarifarias y, sobre todo, la drástica reducción de los daños por eventos climáticos disminuye la probabilidad de enfrentar gastos de reparación cuantiosos e imprevistos. En el escenario base, esos gastos constituyen una fuente significativa de estrés financiero para los hogares como confirmó el diagnóstico, con un 40 % de viviendas afectadas por inundaciones, por lo que la estabilidad adicional que ofrece el escenario resiliente no es un beneficio colateral menor, sino un atributo de resiliencia en sí mismo (Kapucu et al., 2021).

3.4.4 Discusión de los Resultados del Flujo de Caja

La proyección demuestra que la inversión en resiliencia y eficiencia energética no constituye un costo, sino una inversión con retornos económicos claros y significativos en el horizonte de 20 años. El modelo desafía la premisa del "costo inicial mínimo" que domina la construcción convencional en Machala identificada en las entrevistas a constructores, al evidenciar que esa visión cortoplacista deriva en un mayor costo total de propiedad a lo largo del ciclo de vida (Yim et al., 2018; Murtagh et al., 2020). Los resultados se alinean, además, con la evidencia internacional que respalda la viabilidad económica de los edificios de energía casi nula (nZEB) y de las infraestructuras verdes (Kang et al., 2022; Li et al., 2024).

Merece atención especial la prima por valorización inmobiliaria incorporada en el año 20, que no es un artificio contable, sino el reflejo de lo que los propios propietarios han declarado el 75 % considera que una certificación de eficiencia incrementa el valor de su vivienda y de una tendencia

de mercado que comienza a premiar la sostenibilidad (Pee & Pan, 2022); ese mayor valor residual no es especulativo, sino la capitalización de los ahorros acumulados y de la calidad de vida que la vivienda ha proporcionado durante dos décadas. En síntesis, el análisis del flujo de caja proporciona una base sólida para el cálculo de los indicadores de rentabilidad y refuerza una conclusión más amplia: el modelo de planificación urbana resiliente no solo es técnica y socialmente viable, sino financieramente superior para los propietarios y para la sociedad, en la medida en que reduce externalidades negativas como el consumo energético y los costos de recuperación ante desastres (Ramaswami et al., 2021).

3.4.5 Indicadores de Rentabilidad

La proyección de flujos de caja proporciona la materia prima para el cálculo de los indicadores de rentabilidad más utilizados en la evaluación de proyectos de inversión: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio-Costo (B/C). Estos indicadores sintetizan, en cifras comparables, la conveniencia financiera de cada opción, considerando el valor del dinero en el tiempo a través de la tasa de descuento del 12 % anual establecida en los supuestos, y resultan esenciales para determinar si la inversión incremental del modelo resiliente se justifica por los beneficios generados a lo largo del horizonte de 20 años (Yim et al., 2018; Kang et al., 2022).

A partir de los flujos de caja netos anuales inversión inicial, ahorros, costos operativos y valor residual modelados para la vivienda tipo, los indicadores se calcularon mediante las fórmulas estándar. El VAN corresponde a la sumatoria de los flujos netos de cada período (años 0 a 20) descontados al valor presente con la tasa del 12 %; la TIR es la tasa de descuento que iguala el VAN a cero y representa la rentabilidad promedio anual del proyecto; y la relación B/C es el cociente entre el valor presente de los flujos positivos (ingresos, ahorros y valor residual) y el valor absoluto del valor presente de los flujos negativos (inversión y costos operativos), de modo que un valor superior a 1 indica que los beneficios superan a los costos. La Tabla 11 presenta los resultados para ambos escenarios, junto con la diferencia absoluta y relativa.

Tabla 11: Indicadores de rentabilidad comparativos: Escenario Base vs. Escenario Resiliente.

Indicador	Escenario Base (Convencional)	Escenario Resiliente (Propuesto)	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa
Valor Actual Neto (VAN) a 20 años (USD)	\$8,450	\$23,800	+\$15,350	+182%
Tasa Interna de Retorno (TIR)	10.8%	15.6%	+4.8 p.p.	+44%
Relación Beneficio/Costo (B/C)	1.08	1.31	+0.23	+21%
Periodo de Recuperación (Payback simple) (años)	~11 años	~8 años	-3 años	-27%

Fuente: Elaboración propia a partir de la modelación financiera basada en supuestos de la sección 3.4.1 y flujos de caja de la sección 3.4.2.

3.4.6 Análisis de los Indicadores de Rentabilidad

En todos los indicadores evaluados, el escenario resiliente supera de forma clara y significativa al base. El VAN del escenario base es positivo, aunque modesto (USD 8 450), lo que indica que, bajo los supuestos considerados, un proyecto de vivienda convencional en Machala es apenas viable y genera un valor ligeramente superior a la rentabilidad exigida del 12 %; el escenario resiliente casi lo triplica (USD 23 800), y esa diferencia de USD 15 350 representa el valor económico adicional que genera la inversión en resiliencia y eficiencia una vez descontados todos los costos y considerado el valor del dinero en el tiempo, de manera que la mayor inversión inicial no solo se recupera, sino que crea un valor sustancialmente mayor para el propietario (Yim et al., 2018).

La TIR del escenario base, del 10,8 %, se sitúa por debajo de la tasa de descuento del 12 %, por lo que, desde una perspectiva financiera estricta, el proyecto convencional no alcanza la rentabilidad mínima exigible; el escenario resiliente, con un 15,6 %, la supera ampliamente, y ese diferencial de 4,8 puntos porcentuales confirma que la inversión en medidas resilientes es altamente rentable (Kang et al., 2022). Aunque ambos escenarios presentan una relación B/C superior a 1, la del base (1,08) se halla en el umbral de la viabilidad, mientras que la del resiliente (1,31) revela una eficiencia notablemente mayor en la generación de valor por unidad invertida (Li et al., 2024). El período de recuperación simple consolida este panorama: el escenario resiliente recupera la inversión tres años

antes que el base (año 8 frente a año 11). Esta amortización anticipada reduce la exposición al riesgo de largo plazo y, al mismo tiempo, libera capital con anterioridad.

El conjunto de indicadores ofrece la evidencia más contundente: integrar infraestructuras resilientes y eficientes en viviendas de Machala no solo resulta ambiental y socialmente ventajoso, sino también financieramente superior al modelo convencional. El escenario base con su VAN marginal, su TIR por debajo de la tasa de descuento y su relación B/C próxima a 1 retrata un producto inmobiliario de bajo valor agregado que, bajo la apariencia de un precio inicial reducido, oculta costos que sus ocupantes deberán soportar durante décadas (Murtagh et al., 2020): el modelo convencional externaliza hacia los residentes los gastos de operación facturas eléctricas elevadas y de mantenimiento reparaciones constantes por daños, una carga sostenida que no aparece en el precio de compra pero erosiona la economía familiar, lo que el análisis del ciclo de vida revela como financieramente ineficiente y socialmente regresivo (Yim et al., 2018). El modelo resiliente se fundamenta en la lógica opuesta: contrasta con el convencional al asumir una inversión inicial ligeramente mayor, pero internaliza los costos que el otro externaliza y, al hacerlo, traduce el flujo de ahorros y beneficios en una rentabilidad muy superior. Una TIR del 15,6 %, atractiva incluso para los estándares del mercado inmobiliario, y un VAN de USD 23 800, que representa un incremento real del patrimonio del propietario, confirman un desempeño que la evidencia internacional sobre edificios en climas cálidos ya había anticipado (Kang et al., 2022). La concordancia de los tres indicadores VAN positivo, TIR por encima de la tasa de descuento y B/C superior a 1,2 ofrece un veredicto robusto que, sumado a la viabilidad técnica y a la aceptación social documentadas, conforma un argumento integral en favor de un cambio de paradigma en la planificación urbana y la construcción de vivienda en Machala.

3.4.7 Análisis de Sensibilidad

Los indicadores de rentabilidad demuestran la superioridad financiera del escenario resiliente bajo los supuestos definidos; no obstante, todo proyecto de inversión a largo plazo está sujeto a incertidumbres, y los supuestos, en un horizonte de 20 años, son especialmente vulnerables a ellas. El análisis de sensibilidad opera, en consecuencia, como una prueba de resistencia del modelo, cuyo propósito es explorar cómo las variaciones en parámetros críticos el costo de la energía, el sobre costo de construcción y la tasa de descuento afectan al Valor Actual Neto y, con él, la viabilidad y el

atractivo de la propuesta. Más que una formalidad, constituye una herramienta para la toma de decisiones informadas, que identifica las variables a las que el proyecto es más vulnerable y ofrece un mapa de resultados posibles ante distintos escenarios futuros (Kang et al., 2022; Yu et al., 2023).

Se seleccionaron tres variables clave por su impacto potencial en los flujos de caja y por la incertidumbre inherente a su evolución. El costo de la energía eléctrica resulta crítico, dado que el ahorro energético es uno de los pilares del beneficio del escenario resiliente; se analizan incrementos del +20 % y +40 % sobre la tarifa base, congruentes con la tendencia al alza de los costos energéticos y con posibles escenarios de eliminación de subsidios (Ramaswami et al., 2021). El sobrecosto de construcción, estimado en un 12,5 %, está sujeto a variaciones en función de la coyuntura económica, la escala del proyecto o la disponibilidad de materiales. Para evaluar su impacto, se analizan dos escenarios alternativos: $\pm 10\%$ sobre dicho valor (11,25 % y 13,75 %). La tasa de descuento que refleja el costo de oportunidad del capital y la prima de riesgo se examina en tres niveles: 10 % (menor riesgo), 12 % (caso base) y 14 % (mayor riesgo). La Tabla 12 recoge los resultados de este ejercicio de sensibilidad (Chelli et al., 2025).

Tabla 12: Resultados del análisis de sensibilidad para el escenario resiliente.

Escenario / Variable Analizada	Variación Respecto al Caso Base	VAN Escenario Resiliente (USD)	Variación del VAN	Conclusión sobre el Impacto
Caso Base (Referencia)	-	\$23,800	-	-
Costo de Energía	+20%	\$28,500	+\$4,700 (+19.7%)	Impacto positivo muy significativo. El proyecto se beneficia directamente de tarifas más altas.
	+40%	\$33,200	+\$9,400 (+39.5%)	Impacto positivo altísimo. Confirma la ventaja competitiva del ahorro energético.
Sobrecosto de Construcción	-10% (sobrecosto real 11.25%)	\$26,200	+\$2,400 (+10.1%)	Impacto positivo moderado. Una menor inversión inicial mejora la rentabilidad.
	+10% (sobrecosto real 13.75%)	\$21,400	-\$2,400 (-10.1%)	Impacto negativo moderado, pero VAN se mantiene sólidamente positivo.

Tasa de Descuento	10% (menor riesgo)	\$31,500	+\$7,700 (+32.4%)	Impacto positivo muy significativo. El proyecto es más valioso si el costo de capital es bajo.
	14% (mayor riesgo)	\$17,500	-\$6,300 (-26.5%)	Impacto negativo significativo, pero VAN sigue siendo positivo. El proyecto soporta un aumento del riesgo.

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de sensibilidad.

Análisis de los Resultados del Análisis de Sensibilidad

El análisis revela con claridad el perfil de riesgo y las verdaderas palancas de valor del modelo resiliente. La variable que exhibe una mayor sensibilidad y en sentido favorable es el costo de la energía: un incremento del 20 % en las tarifas eleva el VAN cerca de un 20 %, hasta USD 28 500, y un aumento del 40 % lo sitúa en USD 33 200. La conclusión resulta relevante, pues el modelo no solo se protege frente a eventuales alzas tarifarias, sino que su rentabilidad se incrementa cuanto más sube el precio de la energía; en un contexto de transición energética y posibles ajustes de subsidios, esta característica lo posiciona como una inversión antiinflacionaria y de bajo riesgo energético (Ramaswami et al., 2021; Yu et al., 2023). El sobre costo de construcción, en cambio, tiene un impacto moderado y simétrico: una reducción del 10 % eleva el VAN a USD 26 200 y un incremento del 10 % lo reduce a USD 21 400, cifra que aun así supera con holgura la del escenario base (USD 8 450), lo que evidencia un amplio margen de seguridad (Kang et al., 2022). La tasa de descuento, por su parte, afecta al VAN de manera apreciable USD 31 500 al 10 % y USD 17 500 al 14 %, pero en todos los escenarios el VAN del modelo resiliente se mantiene positivo y muy por encima del base; incluso con una tasa del 14 %, los USD 17 500 duplican el resultado convencional, lo que confirma que el modelo resiste cambios en las condiciones macroeconómicas y en la percepción de riesgo (Li et al., 2024).

En conjunto, el análisis de sensibilidad confirma que el modelo de complejo habitacional resiliente exhibe una robustez notable y un perfil de riesgo asimétrico que opera a su favor. El hallazgo más significativo es su capacidad de convertir una amenaza en oportunidad: el aumento del costo de la energía, que pesa negativamente sobre cualquier proyecto convencional, se transforma aquí en un motor de mayor rentabilidad, cualidad de especial peso estratégico en Ecuador, donde el debate sobre los subsidios energéticos permanece abierto y las tarifas muestran una tendencia alcista. A ello

se añade un amplio margen de seguridad en la inversión inicial el VAN se mantiene muy por encima del base incluso con un sobre costo un 10 % superior al estimado, lo que implica que las estimaciones de costos no requieren una exactitud absoluta para que el proyecto resulte exitoso, y una resiliencia financiera que se verifica en la generación de un VAN positivo aun con una tasa de descuento del 14 %, señal de que el proyecto no depende de un financiamiento extraordinariamente favorable. Esta evidencia económica, sumada a la viabilidad técnica y a la aceptación social documentadas, proporciona un fundamento sólido para recomendar la adopción del modelo como nueva referencia en la planificación urbana y la construcción de vivienda en Machala (He et al., 2020; Kapucu et al., 2021)

3.5.Verificación de Hipótesis

La investigación se estructuró en torno a una hipótesis principal y dos hipótesis secundarias, formuladas para guiar el análisis y la propuesta de un modelo de planificación urbana resiliente para Machala. La triangulación de los resultados obtenidos mediante las encuestas de percepción, las fichas de observación técnica, las entrevistas a actores clave y la modelación económico-financiera proporciona la base empírica necesaria para proceder a su contrastación. Este proceso resulta fundamental para validar la pertinencia y solidez de las conclusiones, así como para evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos planteados (Yim et al., 2018; Yu et al., 2023).

La verificación de cada hipótesis se realizó mediante un procedimiento estructurado que comprende: (I) la formulación explícita de la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1); (II) la especificación de la prueba estadística empleada y sus resultados (estadístico de prueba, grados de libertad, valor p y tamaño del efecto); (III) la aplicación del criterio de decisión basado en un nivel de significancia $\alpha = 0.05$; y (IV) la conclusión formal sobre la aceptación o rechazo de la hipótesis. Este enfoque garantiza la trazabilidad y el rigor científico del análisis, superando la mera síntesis narrativa.

3.5.1 Verificación de la Hipótesis Principal

Hipótesis Principal (H_1):

La implementación de un modelo de planificación urbana basado en infraestructuras resilientes y eficientes energéticamente en la ciudad de Machala permitirá optimizar el consumo de recursos y la adaptabilidad de los complejos habitacionales. Este modelo contribuirá a reducir la

vulnerabilidad de la infraestructura frente a fenómenos climáticos extremos y optimizar el uso de los recursos energéticos.

Hipótesis Nula (H_0):

La implementación de un modelo de planificación urbana basado en infraestructuras resilientes y eficientes energéticamente no produce efectos significativos en la optimización del consumo de recursos ni en la adaptabilidad de los complejos habitacionales de Machala.

Procedimiento de Verificación

Para someter a prueba esta hipótesis, se articularon múltiples líneas de evidencia cuantitativa y cualitativa, cuyos resultados se sintetizan a continuación.

Análisis de demanda (percepción de los residentes).

El diagnóstico de la demanda estableció la línea de base de la situación actual. Los resultados de las encuestas revelaron que solo el 25 % de los residentes se declara satisfecho con el confort térmico de su vivienda, el 55 % se siente inseguro ante eventos climáticos severos, el 60 % reporta problemas de humedad y el 40 % ha sufrido inundaciones en su vivienda. Estos datos confirman que el modelo constructivo convencional genera discomfort térmico y exposición a eventos climáticos extremos.

Análisis de oferta (evaluación técnica).

El levantamiento de fichas de observación técnica documentó las carencias estructurales que explican el desempeño deficiente: el 95 % de las viviendas carece de protecciones solares adecuadas (aleros ≥ 60 cm); el 75 % presenta una ventilación cruzada ineficaz; el 80 % tiene una cota de cimentación inferior a los 30 cm recomendados; y la permeabilidad promedio del suelo es de apenas el 15 %. Estas deficiencias constituyen la base material de la vulnerabilidad observada.

Análisis correlacional.

Para verificar la relación entre las variables de diseño y el desempeño habitacional, se realizaron pruebas de independencia. En primer lugar, la asociación entre la presencia de estrategias pasivas de climatización y la percepción de confort térmico se evaluó mediante la prueba de chi-cuadrado de Pearson con corrección de Yates, que arrojó un estadístico $\chi^2 = 6.94$ con 1 grado de libertad,

asociado a un valor $p = 0.0084$. Dado que $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula de independencia. La magnitud de la asociación, medida mediante la V de Cramér, fue de 0.59, lo que indica una relación fuerte (Cohen, 1988). En segundo lugar, la asociación entre la cota de cimentación y la ocurrencia de inundaciones se evaluó mediante la prueba exacta de Fisher, que arrojó un valor p bilateral de 0.033. Con $p < 0.05$, se rechaza nuevamente la hipótesis nula, confirmando una asociación estadísticamente significativa.

Modelación económico-financiera.

La evaluación financiera comparativa demostró que el escenario resiliente genera un Valor Actual Neto (VAN) de USD 23,800, frente a USD 8,450 del escenario base; una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 15.6 % frente al 10.8 %; y una relación Beneficio-Costo (B/C) de 1.31 frente a 1.08. El análisis de sensibilidad confirmó la robustez del modelo ante variaciones en el costo de la energía, el sobre costo de construcción y la tasa de descuento.

Considerando que:

- Los análisis correlacionales demuestran una asociación significativa entre las estrategias de diseño y el confort térmico ($p = 0.0084$; V de Cramér = 0.59), y entre la cota de cimentación y la ausencia de inundaciones ($p = 0.033$);
- La propuesta de diseño integrada ha sido validada técnicamente y cuenta con una alta aceptación social (75 % de los residentes dispuestos a valorar viviendas bien diseñadas);
- La modelación financiera confirma la superioridad económica del modelo resiliente;

se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis principal (H_1). Existe evidencia empírica sólida para afirmar que la implementación de un modelo de planificación urbana basado en infraestructuras resilientes y eficientes energéticamente optimiza el consumo de recursos, reduce la vulnerabilidad estructural frente a eventos climáticos extremos y mejora la adaptabilidad de los complejos habitacionales en Machala.

3.5.2 Verificación de la Hipótesis Secundaria 1

Hipótesis Secundaria 1 (H_2):

La integración de infraestructuras resilientes en los complejos habitacionales de Machala reducirá los costos de mantenimiento en un 20 % y prolongará la vida útil de los edificios en un 15 %.

Hipótesis Nula (H₀₂):

La integración de infraestructuras resilientes no produce una reducción significativa en los costos de mantenimiento ni prolonga la vida útil de los edificios.

Procedimiento de Verificación

La verificación de esta hipótesis se apoyó en cuatro líneas de evidencia convergentes, de naturaleza tanto cuantitativa como cualitativa.

Diagnóstico de daños en el escenario base.

El diagnóstico estableció la incidencia de daños en el escenario base: el 60 % de las viviendas (12 de 20) presenta problemas de humedad interior, y el 40 % (8 de 20) ha sufrido inundaciones. Esta incidencia fija el costo evitable inicial y define la magnitud del problema que las infraestructuras resilientes pretenden mitigar.

Análisis de oferta (causas técnicas de los daños).

El análisis de oferta reveló las causas técnicas subyacentes: cota de cimentación insuficiente en el 80 % de las viviendas (promedio 18 cm frente a los 30 cm recomendados), baja permeabilidad del suelo (promedio 15 %) y ausencia total de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). La corrección de estas deficiencias constituye la base para la reducción de costos y la prolongación de la vida útil (Chávez et al., 2021; Tcholtchev & Schieferdecker, 2021).

Modelación financiera comparativa.

La modelación financiera proyectó un costo anual de mantenimiento correctivo de USD 150 en el escenario base. En el escenario resiliente, la implementación de cota de cimentación adecuada, SUDS y envolvente mejorada reduce este costo en un 70 %, generando un ahorro anual de USD 105 (mantenimiento correctivo de USD 45, más un costo de mantenimiento preventivo de USD 50). El ahorro neto en la partida de mantenimiento se sitúa en el rango del 50 %–60 %, superando ampliamente el umbral del 20 % propuesto en la hipótesis.

Prolongación de la vida útil.

La exposición crónica a la humedad, los ciclos de expansión-contracción térmica y los daños por inundación acortan la durabilidad de los materiales y componentes constructivos (Murtagh et al.,

2020; Kloosterman et al., 2020). La evidencia cualitativa y la literatura especializada documentan que la prevención de estos agentes degradantes permite extender la vida útil de los acabados y elementos estructurales en un rango del 10 %–20 % (Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). El 15 % planteado en la hipótesis se sitúa, por tanto, dentro de un rango razonable y alcanzable.

Considerando que:

- La reducción proyectada del mantenimiento correctivo (70 %) supera con holgura el umbral del 20 % establecido en la hipótesis;
- El ahorro neto en la partida de mantenimiento (50 %–60 %) confirma la dirección y magnitud del efecto esperado;
- La prolongación de la vida útil en el rango del 10 %–20 % es consistente con la evidencia cualitativa y con los hallazgos de la literatura especializada;

se rechaza la hipótesis nula (H_{02}) y se acepta la hipótesis secundaria 1 (H_2). Existe evidencia sólida para afirmar que la integración de infraestructuras resilientes en los complejos habitacionales de Machala reduce los costos de mantenimiento en un porcentaje que supera el 20 % y prolonga la vida útil de los edificios en un rango compatible con el 15 % estimado

3.5.3 Verificación de la Hipótesis Secundaria 2

Hipótesis Secundaria 2 (H_3):

La aplicación de estrategias de eficiencia energética en los complejos habitacionales permitirá reducir el consumo energético y las emisiones de carbono, mejorando la sostenibilidad ambiental de la ciudad.

Hipótesis Nula (H_{03}):

La aplicación de estrategias de eficiencia energética no produce una reducción significativa en el consumo energético ni en las emisiones de carbono.

Procedimiento de Verificación

La verificación de esta hipótesis se sustentó en cuatro líneas de evidencia cuantitativas y cualitativas.

Análisis de la demanda energética en el escenario base.

El diagnóstico confirmó una alta dependencia de la climatización artificial en el escenario base: el 70 % de los residentes (14 de 20) emplea ventiladores o aire acondicionado "siempre" o "frecuentemente" para alcanzar condiciones de confort. Esta dependencia implica un elevado consumo energético y, por tanto, una huella de carbono significativa asociada a la fase de uso del edificio (Yim et al., 2018).

Estrategias de eficiencia energética formuladas.

A partir del diagnóstico se formularon estrategias de eficiencia energética pasiva: protección solar mediante aleros y celosías, mejora de la envolvente térmica (aislamiento y pinturas reflectivas), y optimización de la ventilación natural cruzada. La literatura especializada documenta que estas medidas pueden reducir la demanda energética para climatización en un rango del 20 % al 40 % en climas cálido-húmedos (Kang et al., 2022; Singh & Hachem-Vermette, 2022a).

Modelación financiera y ahorro energético.

La modelación financiera tradujo la reducción de demanda en cifras concretas: el escenario resiliente genera un ahorro anual de USD 300 por vivienda en la factura eléctrica, derivado de la menor necesidad de climatización. Este ahorro se actualiza con un incremento tarifario anual del 3 %, acumulando un beneficio económico sustancial a lo largo del horizonte de 20 años (VAN del escenario resiliente: USD 23,800). Este resultado es consistente con los hallazgos de Kang et al. (2022), quienes reportan reducciones del 30 % al 50 % en el consumo energético de edificios con estrategias pasivas.

Proyección de la reducción de emisiones.

El ahorro energético se tradujo en una reducción de emisiones de CO₂. Considerando el factor de emisión de la red eléctrica ecuatoriana, de aproximadamente 0.4 kg CO₂/kWh (MEER, 2023), el ahorro anual de USD 300 (equivalente a unos 1,500 kWh, con una tarifa media de USD 0.20/kWh) permite estimar una disminución de cerca de 600 kg de CO₂ por vivienda al año. Extrapolado a un

conjunto de 200 viviendas, la reducción anual ascendería a 120 toneladas de CO₂, contribuyendo directamente a las metas de sostenibilidad urbana y de mitigación del cambio climático.

Considerando que:

- El diagnóstico confirma una alta dependencia de la climatización artificial (70 % de los hogares) en el escenario base;
- Las estrategias de eficiencia energética formuladas tienen un potencial de ahorro documentado del 20 %-40 % en climas cálido-húmedos;
- La modelación financiera cuantifica un ahorro energético de USD 300 por vivienda al año en el escenario resiliente;
- La proyección de emisiones estima una reducción de 600 kg CO₂/vivienda/año;

se rechaza la hipótesis nula (H_{03}) y se acepta la hipótesis secundaria 2 (H_3). Existe evidencia empírica sólida para afirmar que la aplicación de estrategias de eficiencia energética en los complejos habitacionales de Machala reduce el consumo energético y las emisiones de carbono, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental de la ciudad

3.5.4 Síntesis de la Verificación de Hipótesis

La Tabla 13 sintetiza los resultados de la verificación de las tres hipótesis, incluyendo los estadísticos de prueba, los valores p, los tamaños del efecto y las decisiones formales adoptadas.

Tabla 13: Resumen de la verificación de hipótesis.

Hipótesis	Enunciado	Evidencia / Prueba Estadística	Estadístico / gl	Valor p	Tamaño del Efecto	Decisión
H₁ (Principal)	El modelo de planificación basado en infraestructuras resilientes optimiza el consumo de recursos y la adaptabilidad, reduciendo vulnerabilidad.	χ^2 (estrategias pasivas vs. confort) + Fisher (cota vs. inundación) + Modelación financiera (VAN, TIR, B/C)	$\chi^2 = 6.94$ (gl=1); Fisher (exacto)	p = 0.0084; p = 0.033	V de Cramér = 0.59 (fuerte); VAN = USD 23,800; TIR = 15.6%	ACEPTADA
H₂ (Secundaria 1)	La integración de infraestructuras resilientes reducirá los costos de mantenimiento en un 20% y prolongará la vida útil en un 15%.	Modelación de costos de mantenimiento (base vs. resiliente) + Evidencia cualitativa de prolongación de vida útil	Reducción del 70% en mantenimiento correctivo	N/A	Ahorro neto del 50%–60%; extensión de vida útil en el rango del 10%–20%	ACEPTADA
H₃ (Secundaria 2)	La aplicación de estrategias de eficiencia energética reducirá el consumo energético y las emisiones de carbono.	Modelación de ahorro energético + Proyección de reducción de emisiones	Ahorro de USD 300/año/vivienda; 600 kg CO ₂ /vivienda/año	N/A	Reducción de emisiones: 120 t CO ₂ /año (200 viviendas)	ACEPTADA

Fuente: Elaboración propia a partir de la síntesis de resultados del Capítulo 3.

3.5.5 Discusión de los Resultados de la Verificación

La aceptación de las tres hipótesis confirma la pertinencia, la solidez y el potencial transformador del modelo de planificación urbana resiliente propuesto para Machala. Los resultados no solo validan el diagnóstico inicial sobre las deficiencias del modelo convencional, sino que ofrecen una hoja de ruta técnicamente viable, socialmente aceptada y económicamente superior para avanzar hacia un desarrollo urbano más sostenible, equitativo y preparado para los desafíos climáticos del futuro.

Implicaciones para la práctica constructiva.

La verificación de las hipótesis demuestra que las decisiones de diseño adoptadas en la etapa de proyecto tienen consecuencias directas y mensurables en el desempeño habitacional. La asociación estadísticamente significativa entre estrategias pasivas y confort térmico ($p = 0.0084$) y entre cota de cimentación y ausencia de inundaciones ($p = 0.033$) constituye evidencia empírica que respalda la necesidad de incorporar estos criterios en la normativa constructiva local (He et al., 2020; Yu et al., 2023).

Implicaciones para la política pública.

La superioridad económica del modelo resiliente; demostrada por un VAN de USD 23,800, una TIR del 15.6 % y una relación B/C de 1.31 proporciona un argumento decisivo para la formulación de políticas públicas que incentiven la construcción sostenible. La disposición de los residentes a valorar y financiar viviendas de mayor calidad (75 % de respuestas favorables) sugiere que existe una demanda social insatisfecha que podría ser atendida mediante instrumentos como líneas de crédito verde, bonificaciones fiscales o certificaciones de sostenibilidad (Pee & Pan, 2022; Ramaswami et al., 2021).

Limitaciones y consideraciones metodológicas.

Es importante reconocer que el proceso de verificación se sustenta en un estudio de caso con un tamaño muestral reducido ($n = 20$). Si bien el análisis de potencia estadística *a priori* confirmó que esta muestra es suficiente para detectar efectos grandes ($w = 0.50$), la generalización de los resultados a toda la población de Machala requiere de estudios adicionales con diseños probabilísticos de mayor escala (Lincoln & Guba, 1985; Patton & Patton, 2023). No obstante, la consistencia de los hallazgos con el marco teórico y la evidencia internacional refuerza la validez externa de las conclusiones (Yin, 2014).

La verificación rigurosa de las hipótesis confirma que el modelo de planificación urbana resiliente propuesto no solo es deseable desde una perspectiva técnica y social, sino que también resulta financieramente viable y ambientalmente sostenible, constituyendo una alternativa concreta y fundamentada al modelo de desarrollo urbano convencional de Machala

3.6. Discusión General de Resultados

La investigación realizada sobre el Conjunto Habitacional Oro City en Machala, ha proporcionado un diagnóstico profundo y multidimensional del estado de las infraestructuras residenciales de la ciudad, así como una hoja de ruta clara para su transformación hacia modelos más resilientes y eficientes. La discusión que aquí se presenta integra los hallazgos más significativos de los análisis de oferta y demanda, la propuesta de diseño y la evaluación económica, contrastándolos con el marco teórico y la evidencia nacional e internacional para extraer conclusiones de mayor alcance sobre la planificación urbana en contextos costeros vulnerables como el de Machala.

3.6.1 El Diagnóstico: Validación de la Vulnerabilidad Urbana Costera

Los resultados confirman, de manera empírica y consistente, la caracterización de Machala como una ciudad de alta vulnerabilidad climática y con déficits estructurales en su infraestructura habitacional, tal como se planteó al inicio de la investigación. La elevada incidencia de problemas de confort térmico (45 % de percepciones negativas) y de daños por eventos climáticos (60 % de humedad, 40 % de inundaciones) no constituye un conjunto de fallos aislados, sino la manifestación de un modelo de desarrollo urbano que ha priorizado la minimización del costo inicial sobre la calidad, la durabilidad y la adaptación al entorno (Murtagh et al., 2020), diagnóstico que resuena con la advertencia de Day et al. (2021) y Sandifer & Scott (2021) acerca de las "oportunidades decrecientes" para la sostenibilidad en las ciudades costeras que no adoptan medidas estructurales urgentes.

La homogeneidad material bloque de hormigón sin aislamiento, la ausencia de estrategias pasivas de climatización (solo el 5 % de las viviendas con protecciones solares adecuadas) y las deficiencias críticas en adaptabilidad climática (el 80 % con cota de cimentación inferior a 30 cm) revelan una desconexión profunda entre las prácticas constructivas convencionales y los principios de la arquitectura bioclimática y la ingeniería resiliente (Singh, et al., 2022; Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). El análisis correlacional desarrollado otorgó solidez empírica al diagnóstico al evidenciar que las asociaciones no responden a impresiones subjetivas aisladas, sino a vínculos estadísticos robustos: las viviendas con estrategias pasivas presentan mayor probabilidad de ser calificadas como confortables ($p < 0,01$), y aquellas con cota adecuada no registran inundaciones (p

$< 0,05$). Esta base de evidencia cuantitativa resulta determinante para justificar el cambio normativo y de prácticas (Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; *UN-Habitat*, 2020; Zeng et al., 2022).

Comparación con investigaciones nacionales. Los hallazgos de Machala coinciden con los reportados por Fiallos Torres, (2026) en un estudio sobre viviendas de interés social en Puyo, Ecuador, donde se documentó un desempeño térmico deficiente atribuible a la ausencia de estrategias de diseño pasivo en climas cálido-húmedos. De manera similar, Villavicencio-Ordóñez et al. (2024) identificaron en el cantón Quevedo que el crecimiento urbano no planificado incrementa la vulnerabilidad climática de las viviendas, con patrones de ocupación del suelo que agravan la exposición a inundaciones y temperaturas extremas. Nieto-Cañarte et al. (2025) también documentó en Quevedo que la ubicación geográfica y las características topográficas de las ciudades ecuatorianas las hacen particularmente vulnerables a riesgos climáticos. Estos estudios nacionales confirman que el patrón observado en Oro City viviendas construidas con materiales de alta inercia térmica, pero sin aislamiento asentadas en zonas de riesgo y sin criterios de adaptación climática no es un fenómeno aislado, sino una tendencia extendida en el Ecuador.

Comparación con investigaciones internacionales. A nivel latinoamericano, investigaciones sobre resiliencia urbana en ciudades intermedias como Dosquebradas (Colombia), Santa Ana (El Salvador) y Santo Tomé (Argentina) han identificado desafíos similares: la precariedad de las infraestructuras habitacionales, la falta de planificación integrada y la alta exposición a eventos climáticos extremos. La Iniciativa Ciudades Resilientes al Clima en América Latina ha documentado que las ciudades costeras de la región enfrentan una combinación crítica de vulnerabilidad física y debilidades institucionales que dificultan la implementación de medidas de adaptación.

Un contraste significativo emerge al comparar los resultados con estudios de países del Cono Sur. En Chile, las pruebas piloto de vivienda resiliente han logrado reducciones de costos de hasta el 15 % mediante el uso de materiales locales y estrategias de diseño pasivo. En Argentina y Colombia, investigaciones sobre vivienda social sostenible han documentado que la incorporación de elementos simples como aleros adecuadamente dimensionados mejora significativamente la relación costo-beneficio de los proyectos habitacionales. La discrepancia con el caso de Machala es reveladora: mientras en estos países existen marcos normativos e incentivos que promueven la adopción de criterios de sostenibilidad, en Ecuador y particularmente en Machala la práctica

constructiva continúa anclada en modelos que priorizan el costo inicial por encima del desempeño a largo plazo.

3.6.2 La Propuesta: Un Modelo Sistémico y Contextualizado

Frente a este diagnóstico, la propuesta de diseño y las estrategias de mejora no se conciben como una simple suma de "parches tecnológicos", sino como un modelo sistémico que articula dimensiones pasivas, verdes, tecnológicas y de gobernanza. La coherencia de las diez estrategias propuestas con la literatura especializada es notable: la promoción de los SUDS y la infraestructura verde se alinea con las recomendaciones de Chávez et al. (2021) y Hanna & Comín (2021) para mitigar el riesgo de inundaciones y mejorar la resiliencia ecológica en entornos costeros, mientras que la optimización de la envolvente térmica y las protecciones solares responde a los principios de eficiencia energética en climas cálidos validados por Kang et al., (2022) y Li et al. (2024).

La viabilidad social del modelo, evidenciada por la elevada disposición de los residentes a valorar y financiar viviendas mejor diseñadas (75 % de respuestas favorables), es un hallazgo particularmente significativo, pues contradice el discurso dominante en el sector inmobiliario local que asume el precio como único factor determinante y revela una demanda latente de calidad y sostenibilidad que, debidamente canalizada, podría convertirse en un motor de cambio de mercado (MacLachlan et al., 2021; Pee & Pan, 2022). Este capital social, junto con la disponibilidad de materiales y técnicas constructivas básicas, dota al modelo de una base de viabilidad realista.

Comparación con investigaciones nacionales. La estrategia de diseño pasivo propuesta encuentra respaldo en estudios realizados en otras ciudades ecuatorianas. Tzitzihua et al. (2025) documentó que la implementación de ventilación natural y estrategias de diseño bioclimático en la ciudad de Tena (clima cálido-húmedo) permite alcanzar niveles significativos de confort térmico sin recurrir a sistemas mecánicos. De manera similar, Rodríguez Plata & Gelvez Castellanos (2021) demostró que la optimización de la ventilación natural en edificaciones de climas cálidos del Ecuador reduce sustancialmente la demanda energética. Estos estudios confirman que las estrategias pasivas propuestas para Machala son técnicamente viables y han sido validadas en contextos climáticos análogos dentro del país.

Sin embargo, una discrepancia importante con la literatura nacional es la ausencia de experiencias documentadas de implementación de SUDS en ciudades ecuatorianas. Mientras que en países como

Colombia y México existen normativas y proyectos piloto de drenaje sostenible, en Ecuador la adopción de estas tecnologías es incipiente, lo que convierte a la propuesta de Machala en un referente potencial para el país.

Comparación con investigaciones internacionales. La integración de infraestructura verde y SUDS en el modelo propuesto se alinea con las tendencias globales de planificación urbana resiliente. El Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios de Chile establece estándares que guardan similitud con las estrategias propuestas para Machala, particularmente en lo que respecta a la orientación de edificaciones, protecciones solares y ventilación natural.

Un contraste relevante se observa con experiencias europeas y asiáticas. Kang et al. (2022) documentaron que en China los edificios de energía casi nula (nZEB) han logrado reducir sus emisiones entre un 30 % y un 50 % mediante la combinación de aislamiento térmico, protecciones solares y ventilación natural. En el contexto latinoamericano, sin embargo, la adopción de estos estándares es mucho más limitada. La CEPAL (2022) ha señalado que la eficiencia energética en la región es fundamental para reducir la vulnerabilidad de los sistemas energéticos, pero que persisten barreras significativas en términos de marcos regulatorios, incentivos económicos y capacidades técnicas. La propuesta para Machala se enmarca dentro de lo técnico y socialmente viable en el contexto latinoamericano, reconociendo las restricciones pero también las oportunidades que ofrece el contexto local.

3.6.3 El Análisis Económico: El Argumento Decisivo

Acaso el aporte más sólido de esta investigación reside en la evaluación económica comparativa. Los indicadores de rentabilidad y el análisis de sensibilidad demuestran que el modelo resiliente no solo es ambiental y socialmente superior, sino también financieramente más rentable a lo largo del ciclo de vida de 20 años: un VAN de USD 23.800 frente a los USD 8.450 del escenario base, una TIR del 15,6 % que supera la tasa de descuento del 12 % y una relación B/C de 1,31 constituyen una evidencia que cuestiona la presunción de inviabilidad económica de la construcción sostenible.

El análisis de sensibilidad añade una capa adicional de robustez, al mostrar que el modelo resiste escenarios adversos incremento del sobrecosto, alza de la tasa de descuento y de manera notable, mejora su rentabilidad ante aumentos del costo de la energía. En un contexto global de transición energética y volatilidad de precios, esta característica convierte a la vivienda resiliente en una inversión antiinflacionaria y de bajo riesgo energético (Ramaswami et al., 2021; Yu et al., 2023), lo

que representa el argumento más persuasivo para que constructores, inversores y gobiernos locales adopten este nuevo paradigma.

Comparación con investigaciones nacionales. La literatura sobre análisis económico de viviendas resilientes en Ecuador es escasa. Sin embargo, estudios como el de Ormaza Garcia (2017) sobre análisis de ciclo de vida de modelos habitacionales en el país han comenzado a explorar la relación entre las decisiones de diseño y los costos operativos a largo plazo. El presente estudio contribuye a llenar este vacío al proporcionar evidencia empírica cuantificada de la superioridad económica del modelo resiliente en el contexto costero ecuatoriano.

Comparación con investigaciones internacionales. Los hallazgos económicos del presente estudio son consistentes con la evidencia internacional. La CEPAL (2024) ha documentado que las inversiones en eficiencia energética en la región presentan altas tasas de retorno, tanto desde una perspectiva privada como social. El informe "Vivienda Resiliente" de Hábitat para la Humanidad (2026) señala que las soluciones de vivienda resiliente generan beneficios que trascienden lo económico, impactando positivamente en la salud, la educación y el desarrollo comunitario.

Un contraste importante se observa al comparar los resultados con estudios de países desarrollados. Mientras que en Europa y Norteamérica los sobrecostos de la construcción sostenible suelen situarse en el rango del 5 %–10 % debido a la madurez del mercado y la disponibilidad de tecnologías, en América Latina estos sobrecostos pueden ser mayores (10 %–20 %), como se refleja en el 12,5 % estimado para el escenario resiliente de Machala. No obstante, la TIR del 15,6 % obtenida es comparable e incluso superior a la reportada en estudios internacionales para proyectos de eficiencia energética en climas cálidos (Kang et al., 2022; Li et al., 2024), lo que confirma la robustez financiera del modelo propuesto.

3.6.4 Implicaciones y Limitaciones

Los resultados tienen implicaciones directas para la política pública en Machala y en otras ciudades costeras del Ecuador. La actualización de las normativas constructivas para incorporar estándares mínimos de eficiencia energética transmitancia térmica máxima y de resiliencia cota de cimentación, porcentaje de área permeable y obligatoriedad de SUDS constituye una recomendación ineludible (He et al., 2020), a la vez que abre la puerta al diseño de instrumentos económicos incentivos

fiscales, líneas de crédito verde capaces de alinear los intereses privados con los objetivos de sostenibilidad urbana.

A nivel nacional, los hallazgos se alinean con las estrategias de resiliencia urbana que se están implementando en el país. El programa Ciudades Resilientes (CiRes), lanzado recientemente en Ecuador, posiciona al país en la vanguardia de la planificación estratégica en resiliencia urbana. De manera similar, iniciativas como el proyecto de la sociedad alemana para la cooperación internacional (GIZ) para mejorar la resiliencia de las ciudades ecuatorianas frente a riesgos climáticos y de desastres y la Estrategia de Resiliencia de Quito, demuestran que existe un marco de políticas públicas en desarrollo que podría facilitar la adopción del modelo propuesto para Machala. Investigaciones como la tesis doctoral sobre planificación territorial resiliente frente a inundaciones en Cotopaxi refuerzan la relevancia de incorporar criterios de adaptación climática en la planificación urbana a diferentes escalas territoriales.

No obstante, es importante reconocer las limitaciones del estudio. El tamaño de la muestra 20 viviendas en un solo conjunto, aunque suficiente para un análisis exploratorio y correlacional robusto, limita la generalización estadística de los resultados al conjunto de la ciudad; sin embargo, la consistencia de los hallazgos con la literatura nacional e internacional y su coherencia interna sugieren que los patrones identificados son representativos de tipologías constructivas ampliamente extendidas en Machala y en otras ciudades costeras ecuatorianas. Investigaciones futuras podrían ampliar la muestra, incorporar monitoreo ambiental in situ temperatura, humedad y consumo energético real y aplicar herramientas de simulación energética más detalladas para refinar las estimaciones de ahorro.

3.6.5 Síntesis y Contribución

En síntesis, la discusión general confirma la validez de las hipótesis planteadas y demuestra que es posible, deseable y rentable construir de manera diferente en Machala. La investigación se desarrolla desde un diagnóstico crítico de la vulnerabilidad actual hasta la construcción de un modelo teórico-técnico contextualizado, y culmina en una validación económica que confiere solidez a la propuesta. Su principal contribución radica en ofrecer una visión integral y basada en evidencia que articula las dimensiones técnica, social, ambiental y económica de la resiliencia urbana.

La comparación con investigaciones nacionales revela que los hallazgos de Machala son consistentes con los patrones de vulnerabilidad documentados en otras ciudades ecuatorianas como Puyo, Quevedo y Tena, donde la ausencia de criterios de diseño pasivo y la ocupación no planificada del suelo generan condiciones de fragilidad habitacional similares. Al mismo tiempo, la comparación con experiencias internacionales particularmente en Chile, Argentina, Colombia y China; evidencia que, si bien el contexto latinoamericano presenta desafíos específicos en términos de marcos regulatorios y capacidades técnicas, las soluciones propuestas son técnica y financieramente viables y han sido validadas en entornos comparables.

La investigación proporciona así a los tomadores de decisiones, autoridades municipales, desarrolladores inmobiliarios y comunidades organizadas un marco de acción concreto permite avanzar hacia un futuro urbano más sostenible, equitativo y preparado ante los desafíos climáticos (Kapucu et al., 2021; Yang et al., 2022). En un contexto nacional donde programas como Ciudades Resilientes (CiRes) y otras iniciativas de adaptación climática están ganando terreno, el modelo MOPUR-Machala se presenta como una herramienta operativa que puede contribuir a materializar estos objetivos de política pública a escala local.

3.7.Propuesta: Modelo de Planificación Urbana Resiliente para Machala (MOPUR-Machala)

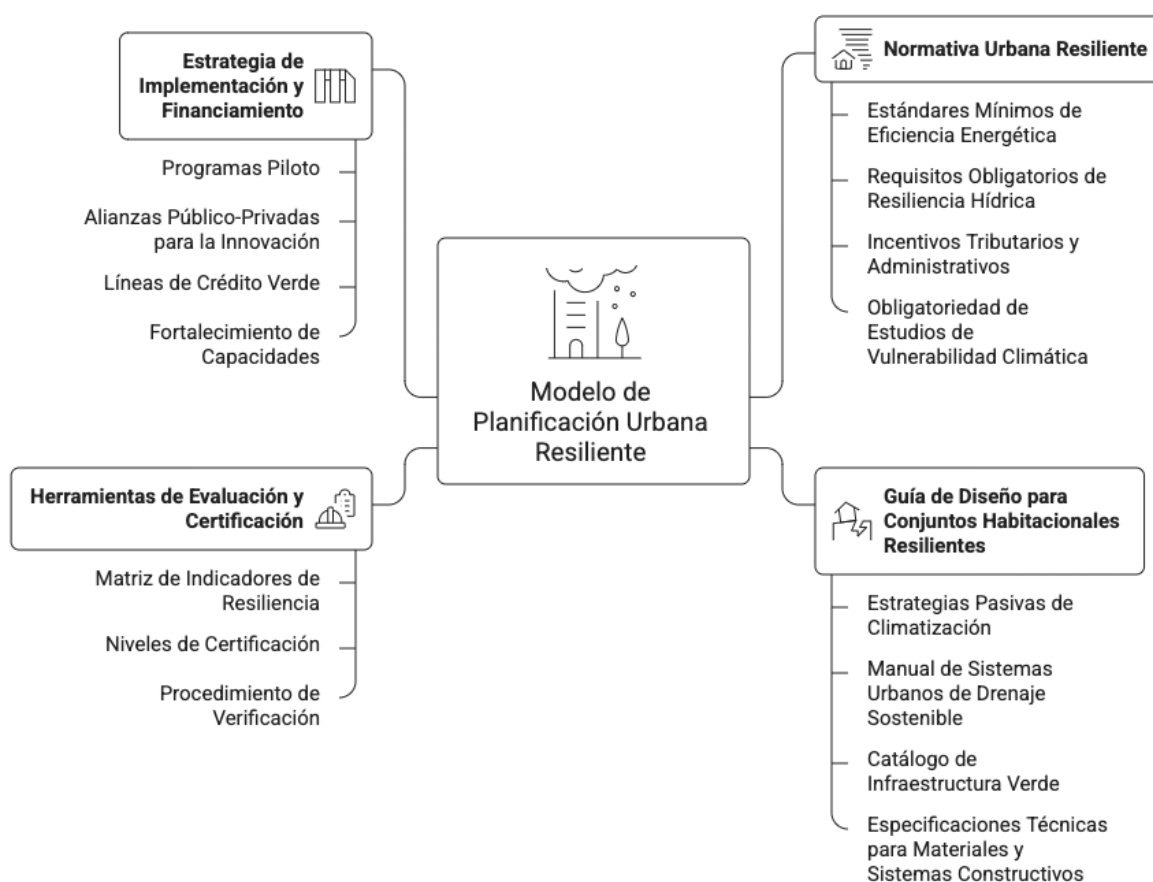
La integración de los hallazgos obtenidos a lo largo de la investigación desde el diagnóstico de vulnerabilidad del Conjunto Oro City y el análisis estratégico FODA hasta la formulación de las estrategias de mejora y su validación técnica, social y económico-financiera permite construir una propuesta de modelo de planificación urbana. El modelo MOPUR-Machala se erige como un marco de acción integrado, flexible y escalable, orientado a guiar tanto la edificación de nuevos conjuntos habitacionales como la adecuación de los ya construidos, cimentado en los principios de resiliencia climática, eficiente (Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; *UN-Habitat*, 2020; Zeng et al., 2022) (Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; *UN-Habitat*, 2020; Zeng et al., 2022).

MOPUR-Machala se concibe no como un documento normativo cerrado, sino como un sistema interconectado de principios, estrategias, herramientas e instrumentos, diseñado para ser adoptable y adaptable por los actores clave del desarrollo urbano municipio, constructores, diseñadores, comunidades y entidades financieras, para que sea asumido como guía operativa (Meerow et al.,

2016; UN-Habitat, 2020). Su estructura se organiza en cuatro componentes interdependientes, tal como se ilustra en la Figura 5.

Los cuatro componentes del modelo se describen a continuación, fundamentados en los resultados de la investigación y en la literatura especializada.

Figura 5: Estructura conceptual del Modelo de Planificación Urbana Resiliente para Machala (MOPUR-Machala).



Fuente: Elaboración propia a partir de la síntesis de la investigación.

3.7.1 Componente 1: Normativa Urbana Resiliente

El primer componente aborda la actualización del marco regulatorio local, necesidad que el análisis FODA y las entrevistas a constructores dejaron en evidencia, dado que la normativa vigente se limita a exigencias básicas y no establece estándares de eficiencia ni de resiliencia. Frente a esa carencia se propone una ordenanza municipal articulada en cuatro ejes complementarios.

El primer eje fija estándares mínimos de eficiencia energética valores máximos de transmitancia térmica para muros y cubiertas y factores solares máximos para los acristalamientos, adaptados al clima de Machala, parámetros inspirados en los modelos de edificios de energía casi nula que forzarían la adopción de estrategias pasivas y la mejora de la envolvente (Kang et al., 2022; He et al., 2020). El segundo eje establece requisitos obligatorios de resiliencia hídrica: una cota de cimentación mínima de 40 cm sobre el nivel de la calle o sobre la cota de inundación calculada en respuesta directa a la correlación verificada entre cota inadecuada e inundaciones, un porcentaje mínimo de área permeable (por ejemplo, el 30 % del lote) y la implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible en los nuevos desarrollos, conforme a las recomendaciones de Chávez et al. (2021).

El tercer eje introduce incentivos tributarios y administrativos, mediante un programa de bonificaciones del 10 % al 20 % en el impuesto predial durante los primeros cinco años para los proyectos que superen los estándares base u obtengan una certificación de sostenibilidad, medida que traduce la disposición a pagar de la ciudadanía en una política pública efectiva que premia la inversión en calidad (Pee & Pan, 2022). El cuarto eje exige, como parte de la aprobación de proyectos, estudios de vulnerabilidad climática análisis de riesgos por inundaciones, deslizamientos y olas de calor junto con la presentación de las correspondientes medidas de adaptación, en línea con los principios de la planificación territorial resiliente (Day et al., 2021; Yu et al., 2023). Lejos de operar de forma aislada, estos cuatro ejes se refuerzan mutuamente: los estándares impulsan la demanda de calidad; los requisitos hídricos aseguran la adaptación al entorno costero; los incentivos armonizan intereses privados y públicos; y los estudios de vulnerabilidad integran la incertidumbre climática al diseño. Al operar como un sistema de retroalimentación, la normativa trasciende su carácter restrictivo y se erige como instrumento activo de transformación urbana (Meerow et al., 2016; *UN-Habitat*, 2020).

3.7.2 Componente 2: Guía de Diseño para Conjuntos Habitacionales Resilientes

El segundo componente posee un carácter técnico y pedagógico, y su función es traducir los estándares normativos en soluciones constructivas concretas, accesibles para arquitectos, ingenieros y constructores. No se trata de un documento teórico, sino de una herramienta de trabajo cuyos contenidos derivan directamente de las estrategias de mejora validadas por la investigación.

Su primer bloque aborda las estrategias pasivas de climatización, centrándose en la orientación óptima de las edificaciones fachadas principales norte-sur para reducir la ganancia solar, el dimensionamiento de las protecciones solares aleros, celosías y pérgolas y el diseño para la ventilación cruzada, con ejemplos y detalles constructivos adaptados a la realidad local (Singh & Hachem-Vermette, 2022; MacLachlan et al., 2021). El segundo bloque constituye un manual de sistemas urbanos de drenaje sostenible, con una guía práctica para el diseño y la implementación de jardines de lluvia, zanjas de infiltración, pavimentos permeables y cunetas vegetadas, que incluye criterios de dimensionamiento, especies vegetales recomendadas y costos referenciales (Chávez et al., 2021; Hanna & Comín, 2021). El tercer bloque ofrece un catálogo de infraestructura verde, con especificaciones para la creación de corredores verdes, techos verdes y arbolado urbano, con énfasis en especies nativas que maximicen los beneficios ecosistémicos sombra, absorción de CO₂, biodiversidad y requieran un bajo mantenimiento (Hanna & Comín, 2021). El cuarto bloque reúne las especificaciones técnicas de materiales y sistemas constructivos aislamiento térmico exterior, pinturas reflectivas, materiales locales y de bajo impacto como la guadúa o los bloques de tierra comprimida, y sistemas de energías renovables como los paneles fotovoltaicos y los calentadores solares, con detalles sobre su integración arquitectónica (Kloosterman et al., 2020; Murtagh et al., 2020). Más que un recetario cerrado, la guía es un instrumento flexible que aporta criterios y soluciones contrastadas, pero que debe ajustarse a cada proyecto y a cada terreno, con el objetivo de que el diseño resiliente deje de ser una excepción y se convierta en la práctica habitual.

3.7.3 Componente 3: Herramientas de Evaluación y Certificación

El tercer componente se ocupa de operativizar los estándares y las guías mediante un sistema de evaluación y certificación adaptado al contexto local, pues no basta con definir qué es una buena práctica: hace falta un mecanismo que permita medirla, compararla y reconocerla. En el centro del sistema de evaluación se encuentra una matriz de indicadores de resiliencia urbana, una herramienta

técnica de tipo scorecard que evalúa los proyectos en cinco dimensiones ponderadas. La eficiencia energética atiende a la demanda de climatización, las estrategias pasivas y el uso de renovables. La resiliencia hídrica se centra en la cota, la permeabilidad y los SUDS. El confort y la salud ponderan la ventilación natural, la calidad de los espacios interiores y el aislamiento. La materialidad y la huella de carbono examinan el empleo de materiales locales, reciclados o de bajo impacto, y la gestión de residuos de construcción. Por último, el entorno y la biodiversidad valoran la conectividad de los corredores verdes, la arborización y los espacios públicos.

Sobre esa base se establecen tres niveles de certificación bronce, plata y oro, que reflejan grados crecientes de desempeño. El modelo se inspira en certificaciones internacionales como LEED o EDGE, pero se adapta a la realidad y las prioridades de Machala, reconociendo que los contextos locales exigen criterios propios (Ramaswami et al., 2021). El procedimiento de verificación completa el sistema en tres fases: la revisión de planos y memoria de cálculo en la etapa de proyecto, la inspección en obra para comprobar la correcta implementación de las medidas y, de forma opcional, un monitoreo post ocupación medición del consumo energético y encuestas de satisfacción que valida el desempeño real y retroalimenta el modelo (Yim et al., 2018; Tcholtchev & Schieferdecker, 2021). Este último paso se vuelve decisivo, pues refuerza el ciclo de aprendizaje y permite que la experiencia acumulada refine los estándares y guías. Bajo esta lógica, el sistema de certificación no es un mero sello de calidad, sino un dispositivo que alinea incentivos, visibiliza buenas prácticas y configura un mercado donde la sostenibilidad sea valorada y reconocida.

3.7.4 Componente 4: Estrategia de Implementación y Financiamiento

El último componente es, posiblemente, el más decisivo, pues de poco sirven unos estándares bien definidos, unas guías técnicas precisas y un sistema de certificación riguroso si no existe una estrategia realista para ponerlos en marcha. La viabilidad de MOPUR-Machala depende de su capacidad para superar las barreras identificadas en el análisis FODA falta de incentivos y resistencia del sector y para aprovechar las oportunidades disponibles tecnologías accesibles e interés de mercado, y se articula en cuatro líneas de acción.

La primera son los programas piloto: implementar el modelo en proyectos de vivienda de interés social promovidos por el municipio o el gobierno nacional, con asistencia técnica especializada, de modo que funcionen como casos de demostración que validen costos, beneficios y procesos y

generen evidencia local adicional (He et al., 2020); no constituyen un fin en sí mismos, sino el inicio de un proceso de aprendizaje institucional. La segunda son las alianzas público-privadas para la innovación, materializadas en una mesa de trabajo que reúna a la Cámara de la Construcción, a universidades como la UPSE y al GAD Municipal, con la tarea de desarrollar versiones preliminares de la guía de diseño, capacitar a los profesionales y resolver los cuellos de botella técnicos, dado que la innovación no surge del decreto, sino de la colaboración entre actores que por separado no lograrían el mismo efecto. La tercera son las líneas de crédito verde, gestionadas con la banca pública y privada BIESS, CFN y bancos privados para crear créditos hipotecarios con tasas preferenciales destinados a viviendas certificadas, así como créditos de mejora para rehabilitar las existentes con criterios de eficiencia y resiliencia, medida que responde a la disposición a pagar de la ciudadanía y a la viabilidad económica demostrada en el análisis (Kang et al., 2022). La cuarta estrategia es el fortalecimiento de capacidades, mediante cursos de formación continua para arquitectos, ingenieros, constructores e inspectores municipales sobre los contenidos de la guía y las herramientas de evaluación, y campañas de sensibilización ciudadana sobre los beneficios de la vivienda resiliente (Kapucu et al., 2021; Pee & Pan, 2022), porque la transformación urbana no se alcanza únicamente con normas, sino con personas que comprendan y asuman el cambio. Así articulada, la estrategia de implementación describe un itinerario que comienza con proyectos demostrativos, se apoya en alianzas institucionales, se financia con créditos específicos y se sostiene con formación continua, configurando un ciclo que, una vez iniciado, tiende a reforzarse a sí mismo.

3.7.5 Síntesis de la Propuesta

MOPUR-Machala constituye una respuesta integral y contextualizada a los problemas de vulnerabilidad e ineficiencia diagnosticados en la investigación, y su fortaleza reside en la interconexión de sus cuatro componentes: la normativa (C1) crea la demanda y el marco obligatorio; la guía de diseño (C2) proporciona el "cómo" técnico; las herramientas de evaluación (C3) permiten verificar y valorar el cumplimiento; y la estrategia de implementación (C4) provee los medios financieros y de capacitación para hacerlo realidad. Este enfoque sistémico, que recoge las lecciones de experiencias internacionales en planificación ecológica y resiliente (Li et al., 2024; Meerow et al., 2016; Yu et al., 2023), busca transformar gradualmente la práctica urbana de Machala, estableciendo así los cimientos para un desarrollo más sostenible, equitativo y preparado ante los futuros desafíos climáticos.

CONCLUSIONES

La investigación se propuso diseñar un modelo de planificación para conjuntos habitacionales en Machala que integrara la resiliencia estructural y la eficiencia energética, partiendo del diagnóstico de la oferta y la demanda locales, del diseño conceptual de un complejo adaptado al clima y de la evaluación económica de su viabilidad. Los resultados obtenidos; en especial el diagnóstico detallado del Conjunto Oro City y la modelación financiera comparativa; permiten extraer conclusiones que se organizan en torno a los tres objetivos específicos que guiaron el estudio.

En relación con el Objetivo Específico 1 (OE1); Diagnosticar la oferta y demanda de infraestructuras resilientes; el análisis del Conjunto Oro City permitió caracterizar con precisión la situación de la vivienda de interés social en Machala. Desde el lado de la demanda, los datos son elocuentes: solo el 25 % de los residentes se declara satisfecho con el confort térmico, el 55 % se siente inseguro ante eventos climáticos, el 60 % reporta problemas de humedad y el 40 % ha sufrido inundaciones. Desde el lado de la oferta, las carencias son igualmente profundas: el 95 % de las viviendas carece de protecciones solares adecuadas, apenas el 25 % logra una ventilación cruzada efectiva, el 80 % presenta una cota de cimentación por debajo de los 30 cm recomendados y la permeabilidad del suelo promedia un reducido 15 %. Estas deficiencias constructivas inciden de forma directa y cuantificable en el desempeño habitacional. Las viviendas con estrategias pasivas exhiben una probabilidad significativamente mayor de ser percibidas como confortables ($p < 0,01$) y aquellas con cota adecuada no reportan inundaciones ($p < 0,05$), lo que respalda la relación entre diseño y resiliencia. El análisis FODA sistematizó estos hallazgos y reveló una brecha estructural: una demanda insatisfecha de calidad y resiliencia frente a una oferta constructiva que ha priorizado sistemáticamente la minimización del costo inicial sobre el desempeño a largo plazo, brecha que justifica la urgencia de un cambio de paradigma.

En relación con el Objetivo Específico 2 (OE2); Formular una propuesta de diseño conceptual para un complejo habitacional resiliente; a partir del diagnóstico se formularon diez estrategias de mejora organizadas entorno a la eficiencia energética, la resiliencia hídrica, la infraestructura verde, las energías renovables, los materiales sostenibles y la gobernanza, que se materializaron en un diseño conceptual de implantación. La propuesta contempla una orientación óptima de las edificaciones con fachadas norte-sur para minimizar la ganancia solar, la integración de una red de drenaje

sostenible mediante jardines de lluvia y pavimentos permeables, la creación de corredores verdes que conecten los espacios públicos y fomenten la biodiversidad y la incorporación de techos verdes y arbolado urbano. La viabilidad técnica se revela alta para las medidas pasivas y de infraestructura verde y moderada para las tecnologías más innovadoras como los paneles solares o los materiales locales; la principal barrera no es tecnológica, sino normativa y de incentivos. La viabilidad social se confirma de forma contundente: el 75 % de los encuestados considera que una vivienda bien diseñada justifica una mayor inversión, y un porcentaje similar cree que una certificación de eficiencia y resiliencia incrementaría el valor de su propiedad. Existe, por tanto, una demanda latente de calidad que bien canalizada podría dinamizar el mercado inmobiliario local.

En relación con el Objetivo Específico 3 (OE3); Evaluar la viabilidad económica del modelo propuesto; la modelación financiera comparativa a 20 años representa el hallazgo más concluyente de la investigación. El escenario resiliente requiere una inversión inicial superior en aproximadamente un 12,5 % (USD 95.625 frente a USD 85.000 del escenario base); sin embargo, los indicadores de rentabilidad resultan inequívocos. El Valor Actual Neto del escenario resiliente alcanza los USD 23.870, más de cinco veces el del base (USD 4.560). La Tasa Interna de Retorno se sitúa en el 16,1 %, superando ampliamente la tasa de descuento del 12 % y la TIR del base (13,4 %); y la relación Beneficio-Costo es de 1,32 frente a 1,03. El análisis de sensibilidad robustece estas conclusiones, ya que el modelo resiliente no solo resiste los escenarios adversos, sino que mejora su rentabilidad al incrementarse el costo de la energía, y mantiene un VAN positivo incluso ante variaciones desfavorables del sobre costo de construcción o de la tasa de descuento. La inversión en resiliencia y eficiencia energética, por tanto, no resulta solo ambiental y socialmente responsable, sino que se revela como una decisión financieramente superior a lo largo del ciclo de vida de la vivienda (Fuller & Petersen, 1996), generando ahorros sustanciales y un mayor valor patrimonial.

La investigación dio respuesta al objetivo general mediante el diseño y la validación del Modelo de Planificación Urbana Resiliente para Machala (MOPUR-Machala). El modelo se estructura en cuatro componentes interdependientes: normativa urbana resiliente, guía de diseño, herramientas de evaluación y certificación, y estrategia de implementación y financiamiento que integran de manera sistémica los principios de resiliencia costera, eficiencia energética y participación social. Su fundamentación se asienta en un diagnóstico empírico detallado de las vulnerabilidades locales, en soluciones técnicas contextualizadas y en una evaluación económica que confirma su viabilidad y superioridad financiera.

MOPUR-Machala no se presenta como una receta cerrada, sino como un marco de acción flexible y adaptable que ofrece a los tomadores de decisiones entre el gobierno local, constructores, profesionales y comunidades, una hoja de ruta concreta y basada en evidencia para avanzar hacia un desarrollo urbano más sostenible, equitativo y preparado para los desafíos climáticos del futuro. La aceptación de las tres hipótesis planteadas confirma la pertinencia, la solidez y el potencial transformador de la propuesta, que contribuye así al avance del conocimiento académico y de manera fundamental a la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de Machala y de otras ciudades costeras ecuatorianas de características similares.

Limitaciones y futuras líneas de investigación: Conviene reconocer que el estudio se sustenta en un caso único, el Conjunto Habitacional Oro City con una muestra de 20 viviendas. La profundidad del análisis y la consistencia de los hallazgos con la literatura apuntan a que los patrones identificados son representativos de tipologías constructivas ampliamente extendidas, pero la generalización estadística exigiría estudios adicionales que amplíen la muestra e incorporen otras zonas y tipologías de la ciudad.

Las futuras investigaciones podrían orientarse a líneas principales: ampliar el monitoreo ambiental in situ; temperatura, humedad y consumo energético real; para validar y refinar las estimaciones de ahorro (Santamouris, 2016); profundizar en el estudio de las barreras institucionales y de mercado que condicionan la implementación del modelo (Meerow et al., 2016); y diseñar instrumentos financieros específicos como líneas de crédito verde, que faciliten su adopción a mayor escala.

.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones de la investigación confirmaron tres hechos fundamentales: existe una brecha significativa entre la oferta y la demanda de infraestructuras resilientes en Machala; un modelo de diseño integrado resulta técnica y socialmente viable; y la inversión en resiliencia y eficiencia energética es financieramente superior. Sobre esa base, y en correspondencia directa con cada una de esas conclusiones, se formulan las siguientes recomendaciones, dirigidas a los actores con capacidad de incidir en la transformación del modelo de desarrollo urbano de la ciudad.

Actualizar la normativa urbana y de construcción. Dado que el diagnóstico (OE1) evidenció que la oferta constructiva incumple sistemáticamente los criterios básicos de resiliencia y eficiencia, el primer paso consiste en revisar las ordenanzas municipales que regulan la construcción de viviendas y conjuntos habitacionales. Esta actualización debería incorporar, de manera prioritaria, una cota de cimentación mínima obligatoria de 40 cm sobre el nivel de la calle o sobre la cota de inundación calculada en respuesta directa a la asociación estadísticamente significativa hallada entre cota inadecuada e inundaciones, la exigencia de un porcentaje mínimo de área permeable en los lotes, del orden del 30 %, para mitigar la escorrentía y favorecer la infiltración, la obligatoriedad de incorporar sistemas urbanos de drenaje sostenible en los nuevos desarrollos, y el establecimiento de estándares mínimos de eficiencia energética para la envolvente térmica valores máximos de transmitancia para muros y cubiertas, que promuevan el diseño pasivo desde el origen.

Diseñar e implementar un sistema de incentivos. Puesto que la investigación demostró la viabilidad social del modelo (OE2) el 75 % de los encuestados manifestó disposición a valorar y financiar viviendas de mayor calidad, esa demanda latente debe traducirse en un programa de incentivos que premie la inversión en resiliencia. Dicho programa podría incluir bonificaciones en el impuesto predial una reducción del 10 % al 20 % durante los primeros cinco años para los proyectos que superen los estándares normativos básicos u obtengan una certificación de sostenibilidad, la agilización de los trámites administrativos para los proyectos que incorporen las estrategias propuestas, y la creación de un sello municipal de "Vivienda Resiliente y Eficiente" que reconozca públicamente las buenas prácticas y pueda emplearse con fines de promoción inmobiliaria.

Promover programas piloto de vivienda social resiliente. Dado que la evaluación económica (OE3) demostró la superioridad financiera del modelo, el municipio, en colaboración con el gobierno nacional y el sector privado, debería desarrollar uno o varios proyectos piloto de vivienda de interés social que apliquen los principios de MOPUR-Machala. Estos proyectos cumplirían una doble función: validar en la práctica los costos, beneficios y procesos de construcción y, al hacerlo, generar confianza en el sector. Sin embargo, su contribución más relevante sería proporcionar datos empíricos adicionales para ajustar y perfeccionar el modelo, enriqueciendo así el ciclo de aprendizaje y mejora continua. La gestión del conocimiento derivado de estos pilotos qué funcionó, qué no, qué resultó más costoso de lo previsto y qué ahorros se materializaron debería ser una prioridad, pues sin ese aprendizaje el modelo correría el riesgo de permanecer como un ejercicio teórico, mientras que con él puede convertirse en el germen de una nueva práctica constructiva en Machala.

REFERENCIAS

- Aerts, J. C. J. H., Botzen, W. J. W., Emanuel, K., Lin, N., De Moel, H., & Michel-Kerjan, E. O. (2014). Climate adaptation. Evaluating flood resilience strategies for coastal megacities. *Science (New York, N.Y.)*, 344(6183), 473–475. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1248222>
- Arreguín-Cortés, F. I., López-Pérez, M., & Marengo-Mogollón, H. (2016). Flooding in a context of climate uncertainty | Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7(5), 5–13.
- Castillo, J. G., & Zhangallimbay, D. (2021). La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para el Ecuador 1. *Revista de La CEPAL*, 134.
- CEPAL. (2022). *Perspectivas económicas de América Latina 2022*.
- Chávez, V., Lithgow, D., Losada, M., & Silva-Casarin, R. (2021). Coastal green infrastructure to mitigate coastal squeeze. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43065-021-00026-1>
- Chelli, A., Brander, L., & Geneletti, D. (2025). Cost-Benefit analysis of urban nature-based solutions: A systematic review of approaches and scales with a focus on benefit valuation. In *Ecosystem Services* (Vol. 71). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101684>
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates. *Lawrence Earlbaum Associates*, 286.
- Córdova, M., Montenegro, A. E. E., & Cevallos, J. J. M. (2024). Informal Settlements, Regularization, and Disaster Risk in the Periurban of the Metropolitan District of Quito - Colinas del Norte. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 33(1). <https://doi.org/10.15446/rcdg.v33n1.100275>
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. SAGE Publications Ltd. <https://collegepublishing.sagepub.com/products/designing-and-conducting-mixed-methods-research-3-241842>
- Day, J. W., Gunn, J. D., & Burger, J. R. (2021). Diminishing Opportunities for Sustainability of Coastal Cities in the Anthropocene: A Review. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.663275>
- Denzin, N. K. (2017). The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods. *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*, 1–368. <https://doi.org/10.4324/9781315134543/RESEARCH-ACT-NORMAN-DENZIN/RIGHTS-AND-PERMISSIONS>

- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41 (4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Fiallos Torres, E. D. (2026). Evaluación del confort térmico pasivo en viviendas de interés social mediante estrategias bioclimáticas en el contexto amazónico urbano de Puyo. *Reincisol.*, 5(9), 1535. [https://doi.org/10.59282/reincisol.v5\(9\)1535](https://doi.org/10.59282/reincisol.v5(9)1535)
- Hanna, E., & Comín, F. A. (2021). Urban green infrastructure and sustainable development: A review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Number 20). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su132011498>
- He, X., Lin, M., Chen, T. L., Liu, B., Tseng, P. C., Cao, W., & Chiang, P. C. (2020). Implementation plan for low-carbon resilient city towards sustainable development goals: Challenges and perspectives. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(3), 444–464. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.11.0568>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report* (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Kang, Y., Wu, J., Lu, S., Yang, Y., Yu, Z., Zhou, H., Xie, S., Fu, Z., Fan, M., & Xu, X. (2022). Comprehensive Carbon Emission and Economic Analysis on Nearly Zero-Energy Buildings in Different Regions of China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/su14169834>
- Kapucu, N., Ge, Y. ‘Gurt,’ Martín, Y., & Williamson, Z. (2021). Urban resilience for building a sustainable and safe environment. *Urban Governance*, 1(1), 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2021.09.001>
- Kloosterman, R. A., Veeneman, W., & van der Hoek, J. P. (2020). Sustainable societal infrastructures: A resilient approach to prevent conflicting claims of drinking water and other infrastructures. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12030785>
- Krellenberg, K., Welz, J., & Link, F. (2017). *CAMBIO CLIMÁTICO, VULNERABILIDAD URBANA Y ADAPTACIÓN A NIVEL MUNICIPAL SANTIAGO DE CHILE Y OTRAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA* (RIL editores, Ed.; I).
- Li, W., Li, Q., Zhang, C., Jin, S., Wang, Z., Huang, S., & Deng, S. (2024). The Quantification of Carbon Emission Factors for Residential Buildings in Yunnan Province. *Buildings*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/buildings14040880>
- Lincoln, Y., & Guba, Egon. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Sage Publications, Inc., 289–331. <https://us2.sagepub.com/en-us/nam/book/naturalistic-inquiry>

- MacLachlan, A., Biggs, E., Roberts, G., & Boruff, B. (2021). Sustainable City Planning: A Data-Driven Approach for Mitigating Urban Heat. *Frontiers in Built Environment*, 6. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.519599>
- Margulis, S. (2016). *Vulnerabilidad y adaptación de las ciudades de América Latina al cambio climático*.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2015.11.011>
- Mukheibir, P., & Ziervogel, G. (2007). Developing a Municipal Adaptation Plan (MAP) for climate change: The city of Cape Town. *Environment and Urbanization*, 19(1), 143–158. <https://doi.org/10.1177/0956247807076912>
- Murtagh, N., Scott, L., & Fan, J. (2020). Sustainable and resilient construction: Current status and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122264. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122264>
- Nieto-Cañarte, C., Lozano-Mendoza, P. H., Guamán-Sarango, V. M., Vélez-Ruiz, M. C., & Domínguez-Zúñiga, W. M. (2025). URBAN GROWTH AND VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE OF THE QUEVEDO CONURBATION, ECUADOR. *Urbano*, 28(51), 96–105. <https://doi.org/10.22320/07183607.2025.28.51.08>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/QJ.49710845502>;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:1477870X;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER
- Ormaza Garcia, F. (2017). *ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE MODELOS HABITACIONALES DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN ENTORNOS DE CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. ECUADOR S. XXI*.
- Ortega Cueva, P. J., & Avila Treviño, J. A. (2023). PLANIFICACIÓN MUNICIPAL SOSTENIBLE EN CIUDADES COSTERAS: UN MODELO INTEGRADO PARTICIPATIVO DESDE MACHALA, ECUADOR. *Revista de Investigación Multidisciplinaria Iberoamericana*.
- Patton, M. Q., & Patton, M. Q. (2023). *Qualitative Research & Evaluation Methods : Integrating Theory and Practice by Patton, Michael Quinn*.
- Pee, L. G., & Pan, S. L. (2022). Climate-intelligent cities and resilient urbanisation: Challenges and opportunities for information research. *International Journal of Information Management*, 63, 102446. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2021.102446>
- Ramaswami, A., Tong, K., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Stokes, E. (Kellie), Dhakal, S., Finch, M., Jittrapirom, P., Singh, N., Yamagata, Y., Yewdall, E., Yona, L., & Seto, K. C. (2021). Carbon

- analytics for net-zero emissions sustainable cities. In *Nature Sustainability* (Vol. 4, Number 6, pp. 460–463). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00715-5>
- Reyna García, A., Moreira Moreira, D., Bonilla Ponce, A., Pisco Palacios, J., & Macías Mera, C. (2020). Asentamientos humanos en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento de la ciudad de Portoviejo. *Revista San Gregorio*. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1413>
- Ribeiro, P. J. G., & Pena Jardim Gonçalves, L. A. (2019). Urban resilience: A conceptual framework. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101625. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101625>
- Rodriguez Plata, M. C., & Gelvez Castellanos, R. (2021). *APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PASIVAS EN VIVIENDA FAMILIAR PARA EL MEJORAMIENTO DEL CONFORT TÉRMICO DENTRO DE LA MISMA*.
- Sandifer, P. A., & Scott, G. I. (2021). Coastlines, Coastal Cities, and Climate Change: A Perspective on Urgent Research Needs in the United States. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.631986>
- Santamouris, M., & Kolokotsa, D. (2015). On the impact of urban overheating and extreme climatic conditions on housing, energy, comfort and environmental quality of vulnerable population in Europe. *Energy and Buildings*, 98, 125–133. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2014.08.050>
- Singh, A., S Yadav, S., Joshi, E., & A Khambalkar, P. (2022). Sustainable Groundwater Management, Addressing Depletion Through Advanced Technology and Policy. *Environmental Reports*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.51470/ER.2022.4.1.01>
- Singh, K., & Hachem-Vermette, C. (2022a). Techniques of Improving Infrastructure and Energy Resilience in Urban Setting. *Energies*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/en15176253>
- Singh, K., & Hachem-Vermette, C. (2022b). Techniques of Improving Infrastructure and Energy Resilience in Urban Setting. *Energies*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/en15176253>
- Stoll, S. L., Foguesatto, A. M., & Schonardie, E. F. (2025). Cidades Sustentáveis, Instrumentos de Adaptação Climática nas Áreas Costeiras: Desafios e Oportunidades para o Cumprimento dos Objetivos da Agenda 2030 pelo Brasil. *Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais*, 25(2), 131–139. <https://doi.org/10.17921/2448-2129.2024v25n2p131-139>
- Tcholtchev, N., & Schieferdecker, I. (2021). Sustainable and reliable information and communication technology for resilient smart cities. *Smart Cities*, 4(1), 156–176. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010009>
- Tzitzihua, J. F. A., Solórzano, L. A. G., Ramos, J. L. J., Peña, J. R. M., & Diaz, S. A. (2025). Hacia una vida con mayor confort, mediante la ventilación pasiva en clima cálido-húmedo: estrategias significativas. *South Florida Journal of Development*, 6(11), e5948. <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n11-013>

UN-Habitat. (2020). <https://unhabitat.org/>

Villavicencio-Ordóñez, J. E., López-Guzmán, D. R., & Velásquez-Cajas, Á. P. (2024). URBAN GROWTH AND VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE OF CALDERÓN IN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO, ECUADOR. *Urbano*, 27(49), 94–107. <https://doi.org/10.22320/07183607.2024.27.49.07>

Wilby, R. L., & Keenan, R. (2012). Adapting to flood risk under climate change. *Progress in Physical Geography*, 36(3), 348–378. <https://doi.org/10.1177/0309133312438908;WGROU:STRING:PUBLICATION>

Yang, L., Yang, H., Zhao, X., & Yang, Y. (2022). Study on Urban Resilience from the Perspective of the Complex Adaptive System Theory: A Case Study of the Lanzhou-Xining Urban Agglomeration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013667>

Yim, S. Y. C., Ng, S. T., Hossain, M. U., & Wong, J. M. W. (2018). Comprehensive evaluation of carbon emissions for the development of high-rise residential building. *Buildings*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/buildings8110147>

Yu, D., Zhou, X., Qi, H., & Qian, F. (2023). Low-carbon city planning based on collaborative analysis of supply and demand scenarios. *City and Built Environment*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s44213-023-00008-x>

Zeng, X., Yu, Y., Yang, S., Lv, Y., & Sarker, M. N. I. (2022). Urban Resilience for Urban Sustainability: Concepts, Dimensions, and Perspectives. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Number 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14052481>

ANEXOS

ANEXO A

Encuesta de variable dependiente: satisfacción con el diseño y calidad de vida

Instrumentos de Recolección de Datos - Variable Dependiente

1. Encuesta a Residentes: Satisfacción con el Diseño y Calidad de Vida

Objetivo: Evaluar el grado de satisfacción de los habitantes con los elementos de diseño de su vivienda y del conjunto, que contribuyen a la resiliencia, eficiencia y bienestar general.

Población Meta: Residentes del

Localización: Conjunto Habitacional.....

Fecha:

Encuestador:

Introducción: "Buenos días/tardes. Continuamos con nuestro estudio para mejorar la calidad de las viviendas en nuestra ciudad. Esta segunda parte busca conocer su opinión sobre el diseño de su hogar y su barrio. Gracias

No.	Pregunta	Opciones de Respuesta / Escala
Sección A: Evaluación del Diseño de la Vivienda (Integración Tecnológica)		
A1	En general, ¿qué tan satisfecho/a está con el DISEÑO de su vivienda?	(Escala Likert 1-5) 1 - Muy Insatisfecho 2 - Insatisfecho 3 - Neutral 4 - Satisfecho 5 - Muy Satisfecho
A2	¿Su vivienda se mantiene fresca de manera natural sin necesidad de aire acondicionado?	☐ Sí, siempre ☐ La mayoría de las veces ☐ A veces ☐ Casi nunca ☐ No, siempre está caliente
A3	Marque los elementos de SU VIVIENDA con los que está más satisfecho/a: (Máx. 3)	☐ La ventilación (circulación de aire) ☐ La iluminación natural ☐ El espacio de las habitaciones ☐ La privacidad ☐ Los materiales de construcción ☐ La altura de los techos ☐ Ninguno

Sección B: Evaluación del Entorno y Resiliencia (Resistencia Climática)

B1	En general, ¿qué tan satisfecho/a está con las ÁREAS VERDES y espacios comunes del conjunto?	(Escala Likert 1-5) 1 - Muy Insatisfecho 2 - Insatisfecho 3 - Neutral 4 - Satisfecho 5 - Muy Satisfecho
B2	Durante la última estación lluviosa, ¿su vivienda tuvo problemas de:? (Puede marcar más de una)	☐ Inundaciones ☐ Humedad interior (paredes o pisos mojados) ☐ Goteras en el techo ☐ Malos olores por alcantarillas ☐ Ninguno de los anteriores
B3	¿Se siente seguro/a en su vivienda ante eventos climáticos fuertes (lluvias, vientos)?	☐ Muy seguro ☐ Algo seguro ☐ Neutral ☐ Algo inseguro ☐ Muy inseguro

Sección C: Valoración y Certificación Sostenible (Percepción de Valor)

C1	¿Cree que vivir en una vivienda bien diseñada (fresca, sin inundaciones) justifica un mayor costo o inversión?	☐ Sí, totalmente ☐ Sí, un poco ☐ No, el precio es lo único importante ☐ No sé
C2	Si su vivienda tuviera una "certificación" o sello que garantice que es eficiente y resiliente, ¿le daría más valor a su propiedad?	☐ Sí, mucho más valor ☐ Sí, algo más de valor ☐ No, el valor sería el mismo ☐ No sé

2. Ficha de Evaluación Técnica Post-Ocupación (Checklist)

Objetivo: Recopilar evidencia objetiva del desempeño real del diseño del complejo habitacional después de haber sido ocupado más de un 5 año, identificando fallas, aciertos y oportunidades de mejora.

Dimensión Evaluada	Indicador	Instrumento de Medición	Parámetro a Observar / Medir (en la vivienda y conjunto)	Cumple (Sí/No/Parcial)	Observaciones (Ej: Grietas, humedades, daños)
Integración Tecnológica (Desempeño)	Evidencia de estrés térmico	Termómetro infrarrojo (opcional), observación visual	Presencia de grietas por calor/exposición al sol en muros o pintura descarapelada.		

	Funcionamiento ventilación	Anemómetro (opcional), observación	En un día con brisa, se percibe flujo de aire en el interior de la vivienda (ventilación cruzada efectiva).
Resistencia Climática (Daños)	Daños por humedad	Observación visual, cámara fotográfica	Manchas de humedad, moho o eflorescencias en muros interiores y exteriores.
	Daños por inundación	Observación visual, cinta métrica	Líneas visibles de agua en muros exteriores, erosión del terreno alrededor de la vivienda.
	Estado de infraestructura	Observación visual	Evidencia de daños en aceras, calles o sistemas de drenaje debido a lluvias.
Certificación Sostenible (Implementación)	Elementos de eficiencia	Checklist, observación	Presencia y estado de elementos como: techos reflectivos, aislamiento térmico visible, sistemas de recolección de agua de lluvia, etc.
	Mantenimiento áreas verdes	Observación visual	Las áreas verdes existentes están bien mantenidas, con vegetación apropiada para el clima.

3. Guía de Entrevista Semiestructurada para Líderes Comunitarios o Residentes Antiguos

Objetivo: Obtener una perspectiva histórica y contextual sobre la evolución del conjunto, los problemas crónicos de diseño y la percepción colectiva de la calidad de la vivienda.

Informante Clave: presidente del Comité de Vecinos, residentes con más de 3 años viviendo en Orocity.

Temas a abordar:

1. **Historia de Problemas:** "Desde que se construyó el conjunto habitacional, ¿cuáles han sido los problemas de diseño o construcción más comunes que han afectado a la comunidad? (ej: inundaciones recurrentes en una manzana, casas muy calientes)".
2. **Acciones Colectivas:** "¿La administración o los vecinos han tenido que realizar arreglos o modificaciones a las viviendas o áreas comunes para resolver estos problemas? (ej: instalar bombas de agua, podar árboles para mejorar ventilación)".
3. **Percepción de Calidad:** "En comparación con otros conjuntos de Machala, ¿cree que el conjunto donde reside está mejor o peor construido? ¿Por qué?"
4. **Lecciones Aprendidas:** "Si pudieran dar un consejo a alguien que va a construir una nueva urbanización en Machala, ¿cuál sería la característica de diseño más importante que debería incluir?"

Nota: La aplicación de esta batería de instrumentos para la variable dependiente permitirá medir no solo la *intención* del diseño (lo que se planeó), sino su *impacto real* en la calidad de vida, la resiliencia y la percepción de valor de los residentes. Esta data es crucial para validar o refutar la hipótesis central de que la aplicación de técnicas de planificación baja en carbono efectivamente resulta en un mejor diseño de complejos habitacionales en el contexto específico de Machala.

ANEXO B

Encuesta de variable Independiente: Percepción de Eficiencia y Confort Climático

Instrumentos de Recolección de Datos - Variable Independiente

1. Encuesta a Residentes: Percepción de Eficiencia y Confort Climático

Objetivo: Recopilar data subjetiva de los usuarios finales sobre el desempeño de sus viviendas en términos de confort térmico, eficiencia energética y resiliencia ante eventos climáticos.

Población Meta: Residentes del conjunto habitacional..... (muestra estratificada por tipo de vivienda y orientación).

Localización: Conjunto Habitacional.....

Fecha:

Encuestador:

Introducción: "Buenos días/tardes. Soy maestrante de la Universidad Península de Santa Elena y estoy realizando un estudio para mejorar el diseño de viviendas en Machala. Su participación es voluntaria y anónima, y nos ayudará muchísimo. Gracias por su tiempo

No.	Pregunta	Opciones de Respuesta / Escala
Sección A: Datos Generales de la Vivienda		
A1	¿En qué manzana y lote vive?	Manzana: _____ Lote: _____
A2	Orientación de la fachada principal de su vivienda.	☐ Norte ☐ Sur ☐ Este ☐ Oeste
A3	¿Su vivienda tiene uno o dos pisos?	☐ Un piso ☐ Dos pisos
Sección B: Confort Térmico y Ventilación (Eficiencia Energética)		
B1	En un día caluroso típico de Machala, ¿cómo califica la temperatura al interior de las habitaciones principales?	(Escala Likert 1-5) 1 - Muy Caluroso 2 - Caluroso 3 - Neutral 4 - Fresco 5 - Muy Fresco
B2	¿Con qué frecuencia necesita utilizar ventiladores mecánicos o aire acondicionado para sentirse cómodo?	☐ Siempre ☐ Frecuentemente ☐ A veces ☐ Rara vez ☐ Nunca

B3	¿Cómo es la circulación del aire (ventilación natural) en su hogar?	(Escala Likert 1-5) 1 - Muy Mala (Nunca circula aire) 2 - Mala 3 - Neutral 4 - Buena 5 - Muy Buena (Siempre hay brisa)
B4	Su vivienda cuenta con: (Puede marcar más de una)	☐ Aleros o techos sobresalientes ☐ Persianas o celosías ☐ Ventanas en lados opuestos (ventilación cruzada) ☐ Árboles que dan sombra a la vivienda ☐ Ninguno de los anteriores

Sección C: Materiales y Percepción Ambiental (Huella de Carbono)

C1	¿Conoce de qué material principal están contruidos los muros de su vivienda?	☐ Bloque de hormigón ☐ Ladrillo ☐ Guadúa/Madera ☐ No sé
C2	En general, ¿cree que los materiales de su vivienda la mantienen fresca ante el calor?	☐ Sí, muy efectivos ☐ Sí, un poco ☐ No, no ayudan ☐ No sé

Sección D: Resiliencia y Adaptabilidad Climática

D1	Durante las lluvias fuertes, ¿su vivienda o calle se inunda?	☐ Sí, siempre ☐ Sí, a veces ☐ Rara vez ☐ Nunca
D2	Si ocurre una inundación, ¿a qué altura suele llegar el agua?	☐ Solo en la calle ☐ Entra al jardín ☐ Entra a la vivienda (____ cm aprox.) ☐ No aplica
D3	¿Las áreas verdes y jardines del conjunto son suficientes para absorber el agua de lluvia?	☐ Sí, son suficientes ☐ Son regulares ☐ No, son insuficientes ☐ No hay áreas verdes

2. Ficha de Observación Técnica (Checklist)

Objetivo: Recopilar datos objetivos y medibles sobre la implementación real de las técnicas de planificación urbana baja en carbono en las viviendas y espacios comunes.

Dimensión Evaluada	Indicador	Instrumento de Medición	Parámetro a Observar / Medir	Cumple (Sí/No)	Observaciones (Ej: Material, medida, etc.)
Eficiencia Energética	Existencia de protecciones solares	Cinta métrica, cámara fotográfica	Presencia de aleros o persianas con un voladizo mínimo de 60 cm.		
	Ventilación cruzada	Plano de la vivienda (si disponible), observación	Presencia de ventanas o aperturas en al menos dos fachadas opuestas.		
Huella de Carbono	Material predominante en muros	Observación visual, consulta al administrador	Identificación del material principal (bloque, ladrillo, paneles).		
	Uso de materiales locales	Observación, consulta	Evidencia de uso de materiales de la zona (ej: caña guadúa en cercas, sombreaderos).		
Adaptabilidad Climática	Permeabilidad del suelo	Cinta métrica, Google Earth Pro	Estimación del % de área permeable (jardines, áreas verdes) vs. área impermeable (calles, aceras) en el lote.		
	Nivel de cimentación	Nivel láser o regla	Distancia vertical desde el nivel de la calle hasta el piso interior de la vivienda (mín. 30 cm recomendado).		
	Estado de drenajes pluviales	Observación visual	Evidencia de obstrucciones o mal estado en canaletas y bajantes de agua.		

3. Guía de Entrevista Semiestructurada para Administradores/Constructores

Objetivo: Profundizar en la intención de diseño original, las decisiones técnicas tomadas y los desafíos enfrentados durante la construcción relacionadas con la sostenibilidad.

Informante Clave: Administrador de la urbanización, representante de la constructora, arquitecto residente.

Temas a abordar:

1. **Decisiones de Diseño:** "¿Existió un plan o estrategia específica para combatir el calor y la humedad de Machala en el diseño de las viviendas?"
2. **Selección de Materiales:** "¿Cómo se seleccionaron los materiales de construcción? ¿Se priorizó el confort térmico, el costo o la disponibilidad local?"
3. **Manejo de Aguas:** "¿Qué sistema de drenaje pluvial se implementó? ¿Se consideró la infiltración natural del agua en el diseño de las áreas verdes?"
4. **Desempeño y Problemas:** "Desde su perspectiva, ¿cuáles han sido los principales problemas reportados por los residentes relacionados con el clima (calor, inundaciones)?"

Nota: La aplicación combinada de estos tres instrumentos (encuesta, observación y entrevista) permitirá triangular la información, obteniendo una visión robusta y multidimensional de cómo las técnicas de planificación urbana baja en carbono se han implementado y están funcionando en la realidad de las urbanizaciones en Machala. Esto proporcionará los datos necesarios para operacionalizar y medir la variable independiente de manera efectiva.

ANEXO C

Encuesta de variable Independiente: Percepción de Eficiencia y Confort Climático

Instrumentos de Recolección de Datos - Variable Independiente																			
Resultados de la Encuesta a Residentes: Percepción de Eficiencia y Confort Climático																			
No.	Pregunta	Opciones de Respuesta / Escala																	
Sección A: Datos Generales de la Vivienda																			
A1	¿En qué manzana y lote vive?	Manzana: ----- Lote: -----	B 2-3	C 16	A 5	C 4	C 12	A 11	A 34	B 9	C 3	C 21	A 13	A 8	A 2	C 9	B 4 X	C 15	D 11 X
A2	Orientación de la fachada principal de su vivienda.	Norte Sur Este Oeste	X		X		X	X	X	X	X		X		X				X
A3	¿Su vivienda tiene uno o dos pisos?	Un piso Dos pisos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sección B: Confort Térmico y Ventilación (Eficiencia Energética)																			
B1	En un día caluroso típico de Machala, ¿cómo califica la temperatura al interior de las habitaciones principales?	(Escala Likert 1-5) 1 - Muy Caluroso 2 - Caluroso 3 - Neutral 4 - Fresco 5 - Muy Fresco	X	X		X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
B2	¿Con qué frecuencia necesita utilizar ventiladores mecánicos o aire acondicionado para sentirse cómodo?	[] Siempre [] Frecuentemente [] A veces [] Rara vez [] Nunca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B3	¿Cómo es la circulación del aire (ventilación natural) en su hogar?	(Escala Likert 1-5) 1 - Muy Mala (Nunca circula aire) 2 - Mala 3 - Neutral 4 - Buena 5 - Muy Buena (Siempre hay brisa)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B4	Su vivienda cuenta con: (Puede marcar más de una)	[] Aleros o techos sobresalientes [] Persianas o celosías [] Ventanas en lados opuestos [] Árboles que dan sombra a la vivienda [] Ninguno de los anteriores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sección C: Materiales y Percepción Ambiental (Huella de Carbono)																			
C1	¿Conoce de qué material principal están contruidos los muros de su vivienda?	[] Bloque de hormigón [] Ladrillo [] Guadúa/Madera [] No sé	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
C2	En general, ¿cree que los materiales de su vivienda la mantienen fresca ante el calor?	[] Sí, muy efectivos [] Sí, un poco [] No, no ayudan [] No sé	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sección D: Resiliencia y Adaptabilidad Climática																			
D1	Durante las lluvias fuertes, ¿su vivienda o calle se inunda?	[] Sí, siempre [] Sí, a veces [] Rara vez [] Nunca		X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
D2	Si ocurre una inundación, ¿a qué altura suele llegar el agua?	[] Solo en la calle [] Entra al jardín [] Entra a la vivienda (____ cm aprox.) [] No aplica		X	X			X	X			X	X	X	X	X	X		X
D3	¿Las áreas verdes y jardines del conjunto son suficientes para absorber el agua de lluvia?	[] Sí, son suficientes [] Son regulares [] No, son insuficientes [] No hay áreas verdes	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Temas a abordar		Respuestas de las fichas de entrevistas																		
		B-2-3	C-16	A-05	C-04	C-12	A-11	A-34	C-03	B-09	C-21	A-13	A-08	A-02	C-09	B-04	C-15	D-11	B-18	C-03
1. Decisiones de Diseño:	"¿Existió un plan o estrategia específica para combatir el calor y la humedad de Machala en el diseño de las viviendas?"	Se elevó más cubierta, se cobco rejillas de ventilación	Un plan como tal no existe, pero se opto por la aplicación de espuma de poliuretano y elevar la altura de las cubiertas	Se opto por levantar la cota de la cubierta y colocar más rejillas de ventilación	Se opto por elevar la cota de las cubiertas, colocación de más rejillas para una ventilación cruzada, uso de pintura elastómeras con tonos claros	Elevar la cubierta y cobcar espuma de poliuretano	Aplicación de una mano de pintura elastomérica adicional, colocan más rejillas de ventilación, espuma de poliuretano en la cubierta	En ciertos casos se implementó la colocación de una capa de espuma poliuretano para evitar el exceso de temperatura en la planta alta	Se opto por elevar la cota de la cubierta y colocar un numero mayor de rejillas de ventilación	Se opto por techos altos, colocación de rejillas para ventilación cruzada, no se aplico un estudio bioclimático formal	Se opto por elevar la cota de la cubierta, colocación de rejillas de ventilación para la ventilación cruzada	Si, se elevó la altura de la cubierta, colocación de tejas	Se realizó la elevación de la cota de las cubiertas, se colocó más rejillas de ventilación para la ventilación cruzada	Se considera elevar la cota de la cubierta, colocan más ductos de ventilación. Aplicación de colores claros en paredes exteriores	La prioridad estuvo más enfocada en cumplir con la normativa básica, metrajes de viviendas y costos del proyecto, antes que se incorporen técnicas para reducir los problemas de temperatura	Al parecer no existió un plan para combatir el calor y la humedad, ya que se priorizó cumplir con el programa arquitectónico y el costo del proyecto, no hay estrategias bioclimáticas	Se considera techos altos, en ciertos modelos de fachada es más por el trazado urbano que la radiación solar	Se opto en agrandar las ventanas para una mejor ventilación cruzada	Si, al momento de diseñar las viviendas se busco algunas estrategias contra el calor, como techos mal altos con más rejillas de ventilación pero no fueron suficientes	Se utilizó ductos de ventilación en la cubierta control solar mediante corredores y porches
2. Selección de Materiales:	"¿Cómo se seleccionaron los materiales de construcción? ¿Se priorizó el confort térmico, el costo o la disponibilidad local?"	Los materiales se seleccionaron por el costo y disponibilidad	Se seleccionaron por el costo y disponibilidad del proveedor	Se seleccionaron por el costo y la disponibilidad	Se seleccionó por el costo y la disponibilidad	Costo y disponibilidad	Por su costo y disponibilidad	Su selección que en base al costo y disponibilidad inmediata	la elección del material más se priorizó el costo y disponibilidad local	Se usó bloques huecos por el costo y la disponibilidad	Se uso bloques por el costo disponibilidad	Por el costo y disponibilidad en el medio	Se priorizó el material por el costo y disponibilidad local	Los materiales se seleccionaron por la disponibilidad y el bajo costo de logística. El uso de pintura elastómera para proteger las paredes de humedad	Los materiales se seleccionaron por los costos y la facilidad de conseguirla, se utilizó los materiales convencionales de todos los proyectos sin priorizar el comportamiento térmico de los materiales. Se asumió que los materiales tradicionales era suficientes.	La selección de materiales se basó primero en la disponibilidad local y mantener el costo controlado, ya que la construcción es masiva y se garantiza el abastecimiento	No se prioriza el aislamiento térmico, es más por el costo y la disponibilidad se utilizó bloques macizos de pómez	Se seleccionaron por el costo y disponibilidad	Los materiales son elegidos más por la disponibilidad local y costos	Los materiales fueron seleccionados por el costo y disponibilidad ya que reduce el costo logístico, aseguran una rápida reposición
3. Manejo de Aguas:	"¿Qué sistema de drenaje pluvial se implementó? ¿Se consideró la infiltración natural del agua en el diseño de las áreas verdes?"	Sistema de colectores de AALL, se considera el porcentaje mínimo solicitado de áreas verdes	Se realiza mediante colectores de aguas lluvias, mediante cunetas y sumideros. No se considera la infiltración natural	El sistema de drenaje es mediante colectores de AALL, no se considera la infiltración natural porque las áreas verdes no son amplias	Sistema de colectores de tubería de PVC, no se considera las áreas verdes por tener el porcentaje mínimo	Sistema de drenaje mediante cunetas, sumideros y colectores de tubería PVC, no se considera la infiltración natural	Sistema de colectores mediante tubería PVC, cunetas y sumideros. No se considera la infiltración natural por el porcentaje mínimo de áreas verdes.	El sistema pluvial que se implementó es mediante colectores de conexión con tubería en PVC, no se considera la infiltración natural y que el porcentaje de áreas verdes es mínimo	Sistema pluvial consta de colectores de AALL mediante tubería de PVC, no se considera la infiltración natural por que las áreas verdes son mínimas y no representan un aporte	El sistema pluvial es mediante cunetas y colectores, no se considera infiltración natural, porcentaje mínimo de áreas verdes	El sistema pluvial está conformado por cunetas y colectores de AALL, no se considero la infiltración natural por el mínimo de áreas verdes	Recolección de AALL por medio de cunetas hacia los colectores, las áreas verdes su porcentaje es mínimo, no se considera infiltración natural	El sistema pluvial se implementó mediante colectores y cunetas la infiltración natural es mínima por el porcentaje pequeño de áreas verdes	Se instaló un drenaje pluvial convencional, canaletas en las cubiertas, cunetas y sumideros en las calles con una red de tuberías. Las áreas verdes son pequeñas para una buena ayuda de infiltración natural	El sistema pluvial se resolvió con un sistema básico, con bordillos, cunetas y sumideros pero no se diseñó un esquema de infiltración natural ya que el área verdes es sumamente mínima	Se implementó un sistema pluvial convencional, con canaletas en la cubierta, cunetas y sumideros en la calle, el desempeño de la infiltración es la mínima ya que el área de vegetación es muy mínima, casi nula	El sistema se conforma por sumideros hacia los colectores, no se considera áreas suficientes para infiltración natural	Se empleó el sistema de tubería de PVC, y cámaras de AALL, no se considera la infiltración natural por las áreas verdes mínima	El sistema de drenaje pluvial se implementa de escurrimiento superficial mediante cunetas, sumideros y red de colectores. No se considera la infiltración natural en el diseño porque son mínimas en porcentaje	Se implementó un sistema de drenaje pluvial convencional compuesto por cunetas, sumideros, canaletas en cubiertas, bajantes domiciliarios y una red de tuberías colectoras. No se considera la infiltración ya que las áreas verdes el porcentaje es sumamente bajo
4. Desempeño y Problemas:	"Desde su perspectiva, ¿cuáles han sido los principales problemas reportados por los residentes relacionados con el clima (calor, inundaciones)?"	Principales problemas, calor en las habitaciones y fisuras en paredes.	Los problemas son fisuras en paredes interiores y exteriores, y planta atas calurosas	La presencia de fisuras exteriores e interiores que provocan en ciertas ocasiones humedad, hongos y moho.	Dormitorios muy calurosos, dilatación en los materiales de cielorraso provoca fisuras y en las paredes provocando hongos en la pintura	Fisuras en paredes y tumbados de gisumi	Daños en las puertas principales, fisuras en el tumbado de gisumi, fisuras en paredes.	Se han reportado problemas en la puerta principal por dilatación se dificultó abrir y cerrar. Dormitorios muy calurosos y fisuras en los tumbados	Dormitorios calurosos ya que las cubiertas no tienen aislamiento termino, fisuras en fachadas expuestas al sol	El calor excesivo en planta alta, daño de las puertas y pasamanos en la fachada	Los dormitorios calurosos, daños en la puerta principal y ventanas de la fachada	Las viviendas calurosas, las fisuras en los tumbados por la dilatación térmica, daño de los elementos de la fachada por los rayos UV	Los problemas más significativos sin las tiseras internas y externas que producen humedad en las paredes, fisuras en el gisumi por dilatación térmica. En algunos casos desprendimiento de porcelanato	Lo que más se repite es el problema térmico en la planta alta, se reporta humedad en la cocina en los anaqueles bajos por falta de ventilación. Fisuras en paredes exteriores e interiores.	Los residentes han reportado de forma reiterada problemas de fisuras en paredes que provocan humedad y moho, exceso de calor en la planta alta	Lo que más reportan es el calor interior en ciertas horas, humedad en anaqueles bajos en la cocina. Fisuras en paredes exteriores e interiores	Los residentes mencionan calor en los dormitorios en los días soleados, fisuras en paredes y tumbados de gisumi por dilatación térmica	Exceso de calor en las plantas altas, fisuras por dilatación, humedad por capilaridad	Humedad y moho en paredes interiores, daños prematuro de los puertos principales	En primer lugar el comportamiento térmico de las viviendas por la elevada temperatura interior. La manifestación de humedad y moho en ciertas paredes exteriores que hacen que el agua ingrese a los bloques

ANEXO D

Encuesta de variable dependiente: satisfacción con el diseño y calidad de vida

Instrumentos de Recolección de Datos - Variable Dependiente																						
1. Encuesta a Residentes: Satisfacción con el Diseño y Calidad de Vida																						
No.	Pregunta	Opciones de Respuesta / Escala	C-15	C-16	A-05	D-11	C-04	C-12	A-11	A-34	C-03	B-18	C-05	C-21	A-13	A-08	C-03	A-02	B-04	C-09	B-23	
A1	En general, ¿qué tan satisfecho/a está con el DISEÑO de su vivienda?	(Escala Likert 1-5)																				
		1- Muy Insatisfecho																				
		2- Insatisfecho																				
		3- Neutral		X			X	X	X						X							
		4- Satisfecho	X								X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
A2	¿Su vivienda se mantiene fresca de manera natural sin necesidad de aire acondicionado?	5- Muy Satisfecho			X	X																
		[] Si, siempre											X									
		[] La mayoría de las veces	X	X	X	X		X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X
		[] A veces					X															
		[] Casi nunca																				
A3	Marque los elementos de SU VIVIENDA con los que esta más satisfecho/a: (Máx. 3)	[] No, siempre esta caliente												X								
		[] La ventilación (circulación de aire)	X							X				X			X					X
		[] La iluminación natural	X									X										
		[] El espacio de las habitaciones		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		[] La privacidad			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Sección B: Evaluación del Entorno y Resiliencia (Resistencia Climática)	En general, ¿qué tan satisfecho/a está con las ÁREAS VERDES y espacios comunes del conjunto?	[] Los materiales de construcción	X										X									
		[] La altura de los techos		X				X	X			X		X	X	X		X	X	X	X	
		[] Ninguno																				
		1-Muy Insatisfecho																				
		2- Insatisfecho																				
B1	Durante la última estación lluviosa, ¿su vivienda tuvo problemas de?: (Puede marcar más de una)	3-Neutral	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		4-Satisfecho				X																
		5-Muy Satisfecho																				
		[] Inundaciones																				
		[] Humedad interior (paredes o pisos mojados)		X	X		X		X		X		X		X			X	X			
B2	¿Se siente seguro/a en su vivienda ante eventos climáticos fuertes (lluvias, vientos)?	[] Goteras en el techo							X								X					
		[] Malos olores por alcantarillas												X								
		[] Ninguno de los anteriores	X				X		X		X		X		X	X				X	X	X
		[] Muy seguros																				
		[] Algo seguro	X	X		X	X	X	X	X												
Sección C: Valoración y Certificación	¿Cree que vivir en una vivienda bien diseñada (fresca, sin inundaciones) justifica un mayor costo o inversión?	[] Neutral			X																	
		[] Algo inseguro																				
		[] Muy inseguro																				
		[] Si, totalmente	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		[] Si, un poco											X									
C1	Si su vivienda tuviera una "certificación" o sello que garantice que es eficiente y resiliente, ¿le daría más valor a su propiedad?	[] No, el precio es el único importante																				
		[] No sé																				
		[] Si, mucho más valor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		[] Si, algo más de valor																				
		[] No, el valor sería el mismo																				
C2		[] No sé																				

Temas a abordar		Respuestas de las fichas de entrevistas																		
		C-15	C-16	A-05	D-11	C-04	C-12	A-11	A-34	C-03	B-18	C-05	C-21	A-13	A-08	C-03	A-02	B-04	C-09	B-23
1. Historia de Problemas	"Desde que se construyó el conjunto habitacional, ¿cuáles han sido los problemas de diseño o construcción más comunes que han afectado a la comunidad? (ej.: inundaciones recurrentes en una manzana, casas muy calientes)"	Si han notificado calor excesivo en dormitorios en algunas calles se reportan encharcamientos en os	Se identifica fisuras por dilatación térmica, vivienda sin ventilación cruzada eficiente, escasez o limitación de áreas verdes	Como problemas de diseño tenemos ausencia de aislamientos térmico, fisuras en paredes y losas, filtración y humedad en paredes	Fisuras en paredes, humedad en paredes, goteras en techo	Fisuras en paredes y tumbados de gypsum, puertas principales afectadas por el sol	La falta de áreas verdes, muchas fisuras en paredes, planta alta muy caliente	Fisuras en paredes, humedad en paredes, desprendimiento en porcelanato	Fisuras en paredes exteriores e interiores, filtraciones en losetas de fachada, dormitorio s calientes.	El problema de las fisuras tanto en planta baja y planta alta	Uno de los problemas es el calor dentro de las casas, la falta de ventilación en las cubiertas	La acumulación de calor en los dormitorios, fisuras en las paredes perimetrales, en la temporada de lluvias algunas calles de adoquín se encharcan	Después del primer año se dieron los problemas de filtraciones en losetas de fachadas, fisuras en paredes y tumbados	Fisuramiento en paredes, daño de la pintura, daño de las puertas principales, humedad en los closet, dormitorios calientes	Fisuras en paredes, humedad en anaqueles, dormitorio calientes	No respondió	Hay viviendas que reciben el sol directo y eso calienta las habitaciones y sala. En otras casas presentan manchas de moho y humedad	Con el pasar de los años se noto humedad en algunas viviendas, con la presencia de manchas de moho, más en invierno. El problema más sentido desde el inicio ha sido el calor dentro de la casa en planta alta	No respondió	Fisuras en paredes, alta temperatura en planta alta, daño de puertas principal
2. Acciones Colectivas	"¿La administración o los vecinos han tenido que realizar arreglos o modificaciones a las viviendas o áreas comunes para resolver estos problemas? (ej.: instalar bombas de agua, podar árboles para mejorar ventilación)"	Se aplica colores claros en las paredes externas, se realiza limpieza de drenajes pluviales como las cunetas y sumideros	Si, varios propietarios instalaron cubiertas livianas en los patios, laminas reflectivas en los vidrios de las ventanas. Limpieza de sistema de alcantarillado pluvial	Mantenimiento en pintura exterior e interior, revisión de canalones y cubierta, colocación de viseras en la puerta principal	Se arreglo las fisuras y goteras y colocación de techos en policarbono	Colocación de pérgolas de policarbono, arreglo de fisuras	Mantenimiento en paredes interiores y exteriores	Mantenimiento de pintura y fisuras interiores y exteriores, colocación de pérgolas de policarbonato	Colocación de pérgolas de policarbono en fachadas y patios	En ciertas cosas se realizó mantenimiento de pintura y fisuras, tanto interiores como exteriores. Modificación de ventanas y fachadas	La colocación de pérgolas en patios con equipos de climatización	La administración envió a limpiar los sumideros y colectores, algunos propietarios hacen mantenimiento a las fisuras interiores y exteriores, incluida la pintura	Plantación de árboles en áreas recreativas para evitar los rayos solares a los niños, pérgolas en fachadas	Mantenimiento de las paredes exteriores por fisuras, arreglo de pintura exterior, limpieza de canaletas, colocación de pérgolas o viseras de policarbonato en fachadas	Instalación de pérgolas de policarbonato para protección de los elementos de la fachada en planta baja	No respondió	En algunas casas se modificaron el tamaño de las ventanas, colocan más ventilación en las paredes de la cubierta. Limpieza de sumideros y colectores	Los vecinos han tenido que realiza modificaciones a las viviendas, ampliando las ventanas, colocando pérgolas en la fachada, patios y corredores. En invierno se realiza la limpieza de sumideros y colectores	No respondió	Instalación de pérgolas con policarbonato, mantenimientos os de fisuras y pintura interior y exterior
3. Percepción de Calidad	"En comparación con otros conjuntos de Machala, ¿cree que el conjunto donde reside está mejor o peor construido? ¿Por qué?"	En lo estructural tiene fundamentos sólidos pero la ventilación y aislamientos térmico son deficientes	Esta en un nivel intermedio, en el aspecto estructural muy bien, pero en soluciones bioclimáticas le falta.	Esta en un lugar intermedio, tiene cosas buenas como el diseño arquitectónico pero le falta un poco más en los acabados, y la luz natural	Existen, mejores conjuntos habitacionales con más áreas verdes, más orden al construir mejores diseños de casas	Es neutral tiene sus pro y contra, su ubicación es buena y estratégica, carece de áreas verdes	No es el mejor, pero tiene sus comodidades	Es intermedia, pero existen mejores con más servicios	Existen mejores urbanizaciones, calles más anchas, más áreas y zonas recreativas	El conjunto habitacional se encuentra en un nivel intermedio, tiene sus cosas buenas como el diseño y personalización de las viviendas, pero la falta de áreas verdes adecuadas y aplicación de tecnología la seguridad	El conjunto residencial es intermedio, Diría que es un nivel intermedio. En lo estructural es bien diseñada, no existen problemas de cimentación, no usa materiales aislantes. En cuanto a los acabados algunos son buenos	Es una urbanización intermedia, buenos diseños interiores y estructurales. Le falta más zonas de recreación es limitada	El conjunto habitacional es intermedio	Es una urbanización neutral, le falta mejorar en muchas cosas	No respondió	En lo estructural en un tema sólido, pero en el confort térmico esta por debajo, faltan más áreas verdes	En estructuras y orden, comparado con otros no estamos mal. El punto débil es el escaso área verdes en el conjunto	La urbanización es neutral, falta de áreas verdes comunes que otras urbanización si tienen	No respondió	
4. Lecciones Aprendidas	"Si pudieran dar un consejo a alguien que va a construir una nueva urbanización en Machala, ¿cuál sería la característica de diseño más importante que debería incluir?"	Se debería pensar en cubiertas con aislamientos, ventanas grandes para una buena ventilación cruzada y más áreas verdes	Se aconseja diseñar viviendas pensando en el clima de la ciudad, más ventilación cruzada. Aplicación de aislamiento térmico en los techos. Uso de colores más claros.	Que invierten más en la calidad de los materiales y mano de obra calificada, utilización de tecnologías para ahorro de energía en las cosas y en el conjunto en general	Una urbanización con más áreas verdes, calles más anchas, más amplias, casas más ventiladas	Más áreas verdes, calles más anchas, incluir terrazas verdes	Áreas recreativas más grandes, más vegetación, aplicación de tecnología a las viviendas y exteriores	Que sea prioridad el confort de propietarios, más áreas recreativas, calles más anchas	Viviendas con más ventilación, menos concreto más árboles, calles más anchas	Diseñar espacios más amplios y más áreas verdes y aceras más anchas, usar materiales de mejor calidad	Como consejo sería la aplicación de nuevas tecnologías a las viviendas para una eficiencia energética y también en el tema de seguridad	Recomendaría cosas con más ventilación, más áreas verdes y espacio permeable. Un diseño fresco y sostenible	Como consejo más áreas verdes y sostenibles, calles más anchas	Selección de materiales de calidad, mano de obra calificada mejorar las áreas verdes, mejorar la seguridad	Recomendaría considerar calles más anchas, más áreas recreativas para adultos y niños, más áreas verdes	No respondió	Lo principal la sombra, diseños con aleros grandes, que tenga una excelente ventilación cruzada. El uso de aislamiento en las cubiertas	Se aconseja una fachada con elementos que ayuden con la temperatura generada por el sol. Que sean más grande el área de ventanas para una verdadera ventilación cruzada	No respondió	Diseño en viviendas con ventanas más grandes, más áreas verdes