



Microgeneración de energía renovable en Loja, Ecuador. Aporte a la política pública

Alción de las Pléyades Alonso Frank¹

Lorena Fernanda Alvarado Rodríguez²

Sandra Vanessa Valarezo Jaramillo³

José Luis Galarza Viera⁴

Resumen

El elevado consumo de combustibles fósiles, asociado al acelerado crecimiento poblacional, afecta los recursos ambientales de los cuales dependen los habitantes urbanos a nivel global. En este contexto, Ecuador destaca por sus recursos naturales abundantes que, bajo una planificación sostenible, están siendo empleados como materia energética. Producto de ello, la matriz eléctrica actual presenta un 59 % de renovables, y persigue ser incrementada a futuro mediante proyectos hidráulicos, solares y eólicos a gran escala. Al respecto, la ciudad de Loja posee el mayor promedio de velocidad del viento de todo el territorio ecuatoriano, así como un elevado potencial solar, admisibles para su aprovechamiento energético. En este contexto, el presente trabajo tiene por objeto, establecer lineamientos arquitectónicos, urbanos y energéticos para la microgeneración de energías renovables en el sector edilicio, que resulten en un aporte a las políticas públicas locales. Para ello, se procede al estudio preliminar de aspectos político-administrativos y técnicos que circunscriben a la generación de energías renovables en entornos urbanos y, se encuesta a la población local para conocer su nivel de aceptabilidad. Los resultados exponen el valioso potencial de su introducción en edificios, favorecido por un nivel de adherencia de la población consultada, del 57 %.

Palabras clave: energía solar fotovoltaica; energía eólica; energía eléctrica; sustentabilidad.

¹ Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. afrank@fau.unsj.edu.ar

² Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. lfalvarado@utpl.edu.ec

³ Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. svvalarezo@utpl.edu.ec

⁴ Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. jlgalarza@utpl.edu.ec



Introducción

A nivel global, el crecimiento poblacional y el consumo de energías no renovables afectan los recursos ambientales de los que dependen los habitantes urbanos (Otero et al., 2019). En este contexto, la República del Ecuador destaca por poseer recursos naturales abundantes que, bajo una planificación sostenible, están siendo empleados como materia energética. Ejemplo de ello es la matriz eléctrica actual, que presenta un 59 % de renovables (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER, 2017) y persigue ser incrementada en el futuro, por reconocer que constituye el 35,4 % del consumo residencial, cuyo aumento poblacional provoca una demanda creciente de viviendas (Delgado-Noboa, 2016; Instituto Nacional en Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), 2016).

Asimismo, existe la necesidad de renovar dicha matriz energética, con nuevas alternativas que estén basadas en el desarrollo del recurso hídrico, solar y eólico. Al respecto, se pone en valor que la ciudad de Loja ha sido considerada como el sitio donde existe mayor promedio de velocidad del viento registrado sobre todo el territorio ecuatoriano, factible de aprovecharse en el desarrollo de proyectos eólicos (INER, 2012). De igual manera, resulta propicio el uso de paneles fotovoltaicos en el sector edilicio, debido al potencial solar local (Bermero, 2014; Rivas, 2015). En función de esto, el país debe efectuar reajustes al marco jurídico, de suerte que se incentive la instalación de pequeños emprendimientos eólicos y solares fotovoltaicos conectados a las redes de distribución de baja tensión para consumo propio y, los excedentes sean inyectados a la red (Muñoz-Vizhñay et al., 2018).

En correspondencia con su potencial desarrollo limpio, es posible presentar una estrategia inspirada en la cosmovisión indígena de los pueblos autóctonos de los Andes y la Amazonía, quienes persiguen el 'buen vivir', conforme se define en la Constitución Política de la República. Sus principios se sustentan en el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, basado en el respeto a la naturaleza y el acceso a fuentes modernas, renovables y eficientes de energía, entre otros. En este aspecto, se acentúa que un sistema de gestión sustentable basado en el uso eficiente de la energía, es la mejor medida costo-efectiva a corto y mediano plazo para cuidar el medioambiente y preservar los recursos no renovables, reduciendo significativamente las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), entre otros gases de efecto invernadero (Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), 2013; Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador (PLANEE), 2017).

Por ello, el PLANEE cumple un rol fundamental al dar cumplimiento a iniciativas internacionales orientadas a "garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna" (p. 12), meta establecida por las Naciones Unidas en el séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible y duplicar el índice global de la mejora

en eficiencia energética, (Naciones Unidas y CEPAL, 2018), objetivo esencial de la iniciativa de Energía Sostenible para Todos (SE4ALL, Universidad Nacional de Mar del Plata, 2015). Debido a esto, el Gobierno decreta la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (2019), la cual tiene por objeto, establecer el marco legal y el régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética (SNEE) y, promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país, traducida en una mayor productividad energética, competitividad de la economía nacional y la cultura de sustentabilidad ambiental que, en conjunto, aportan a la mitigación del cambio climático y garantizan la toma de decisiones informadas.

En este contexto político, se despliegan numerosas investigaciones internacionales y nacionales, a efectos de conocer el impacto de los programas enunciados, así como, de realizar aportes sustanciales a los mismos (Galarza, 2012). Las mismas proporcionan la caracterización de la curva de demanda eléctrica residencial, así como estrategias de eficiencia energética a través de la implantación de técnicas de inteligencia artificial y de gestión de energía por parte del usuario-habitante, entre otros (Herrera, 2014; Ministerio del Ambiente, 2014; Orejuela et al., 2015; Arcos, 2016; Ríos et al., 2018; Urdaneta, 2020). Respecto a esto último, varios estudios reconocen que el usuario-habitante incide en la eficiencia energética edilicia, con relación al uso de estrategias de adaptación pasivas y activas, conforme propicia el ahorro energético y entiende que las medidas de información, sensibilización y consecuente concientización de las mismas, deben estar presentes (Alonso-Frank y Kuchen, 2017; 2018).

En este aspecto, la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos (2015) brinda información de base que permite conocer indicadores del modo de vida en Ecuador. En esta línea, Garcés (2017) propone, a nivel local, opciones de optimización del consumo de energía de usuarios residenciales, sin afectar la calidad de vida, mientras que Ocampo (2015) realiza una propuesta para el prediseño de viviendas urbanas desde una perspectiva energética, cuyo comportamiento térmico debe responder a la situación climática actual (Delgado-Gutiérrez, 2020). En este aspecto, se subraya que el sector residencial posee el mayor potencial para aumentar la eficiencia eléctrica, puesto que depende de factores sociales, técnicos, conductuales y tecnológicos (Arcos, 2016).

Finalmente, se destaca que, si bien al presente se cuenta con legislaciones y programas que promueven la eficiencia energética, aún restan por resolver, aspectos vinculados a la falta de promoción por parte de las instituciones, incentivos financieros y económicos, escasez de información, conocimiento y tecnología, entre otros (Urdaneta, 2020). Sumado a ello, es indispensable precisar normativas urbanas y arquitectónicas que favorezcan el uso de las energías renovables: alturas,



forma, orientación, etcétera, especialmente en entornos urbanos con potencial de dichos recursos (Redweik et al., 2013).

Metodología

La metodología que guía la presente investigación es de tipo mixta, por combinar métodos cuantitativos y proyectuales propios de la disciplina arquitectónica, para abordar la problemática enunciada, combinando técnicas documentales, observacionales y de proyección. La misma se estructura en las siguientes fases:

- **Fase 1:** instancia exploratoria de bibliografía; sistematización y análisis de información en materia de aspectos arquitectónicos, urbanos y energéticos que favorezcan la microgeneración de energías renovables en el sector edilicio.
- **Fase 2:** instancia de trabajo de campo. Se procede a seleccionar los casos de estudio y su relevo, a efectos de conocer la viabilidad técnica, arquitectónica y urbana de la aplicación e integración de energías renovables en los casos de estudio. Realización de encuestas.
- **Fase 3:** instancia propositiva de desarrollo de lineamientos para la política pública arquitectónica, urbana y energética, en torno a la generación distribuida de energía renovable con destino al autoconsumo del sector residencial de la ciudad de Loja, Ecuador.

Sustentabilidad en entornos urbanos

De acuerdo con García (2011), la crisis del petróleo de 1973 conduce a que la relación entre la ciudad, el urbanismo, los asentamientos humanos y la energía comience a ser analizada, evidenciando el nulo tratamiento que el urbanismo le daba a esta última; y sostiene que, lamentablemente, ello pierde vigencia cuando los precios del petróleo disminuyen, a mediados de la década de 1980, motivo por el cual las ciudades no son diseñadas ni construidas con criterios de eficiencia energética. En este marco, numerosos trabajos ponen en valor la relación ciudad-energía, definiendo un modelo urbano pospetróleo o tecnosolar, el cual trata al problema energético en sí mismo, independientemente de la dimensión ambiental, como lo postula el denominado desarrollo sostenible (Páez, 2010; García, 2011).

En este contexto, Páez (2009) desarrolla los siguientes lineamientos, para alcanzar un urbanismo energético:

a) Transporte:

- Peatones;
- Transporte público;
- Uso de la bicicleta;
- Uso del automóvil.



- b) Arquitectura**
- c) Planeación urbana y uso del suelo**
 - Bioclimatismo
 - Densidad urbana
 - Ordenación del territorio.
- d) Fuentes renovables de energía**
- e) Ahorro y eficiencia energética**
- f) Metabolismo urbano**
 - Agua
 - Materiales
 - Residuos
 - Alimentos.

En esta línea, la Planeación urbana y Uso del suelo debe fomentar la concentración descentralizada y, a la vez:

a) Bioclimatismo:

- Aumentar el arbolado y las áreas verdes para crear sombra (evitar el fenómeno conocido como 'islas de calor')
- Agrupar o separar las construcciones según el clima y la región
- Fomentar la definición de lotes más pequeños con la intención de ahorrar energía en las construcciones (zonas frías)
- Definir la anchura de las calles según el clima (sol y vientos)
- Trazar el sistema viario, respondiendo a criterios de soleamiento y viento local, respetando la topografía
- Fomentar una morfología urbana que genere fachadas bien orientadas, creando parques o patios, si es necesario.

b) Densidad urbana:

- Agrupar actividades (educación, trabajo, recreación, comercios) y viviendas en núcleos urbanos, para permitir un fácil acceso
- Adecuar los patrones de uso del suelo, para fomentar la concentración de actividades (uso mixto)
- Evitar densidades demasiado bajas
- Promover la construcción relativamente baja (no más de cuatro pisos) con altas densidades
- Adoptar un estilo de vida localizado
- Promover formas y estructuras espaciales que propicien la concentración, versus la dispersión a nivel intra-urbano
- Promover la dispersión de centros urbanos, versus las grandes concentraciones metropolitanas a nivel regional
- Prohibir la dispersión urbana (conurbaciones)
- Integrar usos del suelo



- Rehabilitar y reutilizar edificios
- Aprovechar los lotes baldíos
- Desarrollar las actividades con alta asistencia de personas alrededor de nodos de transporte público
- No fomentar la zonificación
- Crear proximidad (rehabilitación y/o creación de funciones urbanas, recuperación de la habitabilidad integral del conjunto o de partes del tejido urbano)
- Favorecer el desarrollo de nuevos proyectos en las zonas ya desarrolladas o centrales. En caso de que no se pueda, se debe garantizar el acceso a los nuevos desarrollos a través del transporte público
- Rejuvenecer las ciudades interiores
- Construir estacionamientos subterráneos
- Aumentar la densidad en torno de los corredores y estaciones de transporte público
- Integrar la planificación energética y la planificación urbana
- Definir una planificación integral.

c) Ordenación del territorio:

- Crear reservas territoriales
- Preservar tierras agrícolas, espacios rurales y ecosistemas en los alrededores de la ciudad
- Crear un organismo que coordine la planeación y el uso del suelo a nivel regional.

Específicamente, la planificación energética persigue satisfacer, de manera continua, la demanda de una ciudad, región o país, asegurando el cumplimiento de parámetros de calidad y precios aceptables, considerando las energías renovables, como la opción para cambiar el modelo de aprovisionamiento energético (Barragán-Escandón et al., 2019). Acorde a ello, al presente se hace hincapié en la importancia de integrarlas en el desarrollo urbano, conforme a las posibilidades de la configuración urbana, requerimiento energético, disponibilidad de espacio y de recursos (Agencia Internacional de Energía Renovable, IRENA, 2020). De acuerdo con Barragán y Terrados (2017), a escala urbana, las fuentes renovables pueden ser biomasa (desechos de vegetales urbanos lignocelulosos), bioetanol (desechos urbanos forestales), biogás (lodos de aguas residuales; fracción de biodegradable de desechos urbanos/podas), biogás (residuos sólidos urbanos, RSU), incineración (desechos sólidos urbanos e industriales), mareomotriz (agua), mini-eólica (viento), geotermia (calor de la tierra), pequeña hidroeléctrica (radiación solar) solar térmica (radiación solar) y, fotovoltaica (radiación solar).

Su generación *in situ*, minimiza las necesidades de nuevas líneas de transmisión que, actualmente, presentan situación de estrés, producto de la necesidad de satisfacer la creciente demanda, lo cual conduciría al aumento de la seguridad energética, resultando en una oportunidad para el sector de la construcción (Cámara Brasileña

de la Industria de la Construcción, 2016; Samadzadegan et al., 2021). Así, la energía renovable resulta una actividad económica que utiliza el recurso, bajo la protección jurídica del medio ambiente natural (Pacheco y Marques, 2021), motivo por el cual, con relación a las fuentes renovables de energía, Páez (2009) puntualiza la necesidad de:

- Promover un pluralismo energético (diversificación de fuentes)
- Estudiar el potencial energético renovable a escala urbana y municipal
- Fomentar un modelo energético descentralizado
- Gestionar y organizar el sector urbano-energético
- Fomentar la generación distribuida
- Fomentar la instalación de plantas de generación de electricidad de pequeña escala
- Definir normativas de construcción que favorezcan el uso de celdas fotovoltaicas y colectores solares (alturas, forma, orientación)
- Instalar colectores solares
- Instalar celdas fotovoltaicas
- Obtener biogás a través de digestores (a partir de residuos orgánicos)
- Aprovechar, si es posible, la energía geotérmica
- Aprovechar, si es posible, la energía hidráulica a pequeña escala
- Aprovechar, si es posible, la energía eólica
- Aprovechar, si es posible, la energía de las olas y las mareas
- Tener en cuenta la demanda de tierra para las instalaciones (problema económico y de uso del suelo)
- Integrar la política del suelo y el uso de energías renovables
- Desarrollar plantaciones energéticas (bosques, reforestación y regeneración).

En este marco, Barragán-Escandón et al. (2019) definen cuatro dimensiones que se debe tener en cuenta para la selección de energías renovables en espacios urbanos, a nombrar:

a) Técnico Eficiencia

- Disponibilidad de fuente primaria
- Madurez de la tecnología
- Obstáculos urbanos y disponibilidad de área
- Integración arquitectónica.

b) Económica

- Inversión inicial
- Costo de operación y mantenimiento
- Costo de energía.

c) Ambiental

- Calentamiento global
- Acidificación
- Eutrofización.



d) Sociopolítica

- Empleo
- Aceptabilidad social
- Compatibilidad con las políticas internacionales, regionales o locales.

Las dimensiones y sus respectivos criterios fueron consensuados entre especialistas de la academia, instituciones públicas y privadas, entre otros. De ello, resulta que los criterios con mayor peso son: la disponibilidad del recurso y la eficiencia tecnológica, seguidos de la dimensión económica en su totalidad. En contraposición, la integración arquitectónica, la acidificación y eutrofización y la dimensión sociopolítica, resultan los menos influyentes.

Integración de energías renovables en entornos urbanos

La introducción de energías renovables en viviendas contribuye a reducir el 90 % de las emisiones de carbono. Se alude con ello, al concepto de **ciudad solar**, la cual tiene por objeto, reducir el consumo energético, proteger y mejorar la calidad de los espacios urbanos, mitigar el cambio climático, alcanzar mayores niveles de equidad social y, mejorar la calidad de vida de sus habitantes. En esta línea, el éxito del despliegue de sistemas fotovoltaicos en entornos urbanos está en función del nivel de exposición local a la luz solar, la cual presenta importantes variaciones en el paisaje urbano (Redweik et al., 2013). Es por lo expuesto que, Arizaga et al. (2018) buscan definir la localización de un proyecto de generación distribuida fotovoltaica en una ciudad intermedia. Para ello, indican que se debe considerar los siguientes parámetros:

a) Densidad y Compacidad:

- Los proyectos debieran localizarse en las zonas de mayor densidad que presenten cualidades morfológicas adecuadas para su implementación.

b) Forma urbana:

- La morfología de las manzanas podría influir en la solución tecnológica a implementar: manzanas más compactas permitirían una mejor disposición de los lotes y las viviendas para acoger paneles fotovoltaicos. A su vez, un tejido menos compacto podría acoger puntos de concentración de energía, administrada de forma comunitaria o municipal. El distanciamiento y ancho de las calles podrá también influir en los costos de instalación, así como la orientación mayoritaria de la masa construida.
- La orientación se considera un factor relevante, en tanto permite lograr mayores niveles de eficiencia en la generación de energía y, debe ser considerada en etapas tempranas del diseño urbano.
- La existencia de alturas homogéneas podrá ser beneficiosa en la eficiencia técnica del proyecto y en el costo de instalación del mismo, pues implica menos sombras sobre las techumbres.

c) Materialidad de las viviendas:

- Es crítica para la instalación de paneles solares, pues incide en la resistencia y facilidad de instalación.

d) Tipología de construcción de las viviendas:

- Construcciones con grandes superficies de techo, favorecen la instalación de soluciones fotovoltaicas.

A modo de ejemplo, la República Argentina está dando los primeros pasos para la constitución de proyectos sustentables de desarrollo urbano, infraestructura urbana y vivienda, financiados o co-financiados por la Secretaría de Vivienda, en el marco del Plan Nacional de Vivienda. La importancia de abordar dicho sector radica en que se posee un déficit habitacional superior al millón de viviendas, demandando la necesidad de planificar su construcción con criterios de eficiencia energética y, al mismo tiempo, de dotarlas de sistemas de generación renovable (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019). En correspondencia, la Secretaría de Vivienda y Hábitat (2017) establece estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social, donde expresa que es imperiosa la incorporación de las energías renovables en las mismas, como la generación de agua caliente sanitaria, etcétera.

Finalmente, se pone en valor, los pasos para alcanzar la sostenibilidad en la política energética de Chile, la cual se sustenta en cuatro pilares: 1) Seguridad y calidad de suministro; 2) Energía como motor de desarrollo; 3) Energía compatible con el medio ambiente y, 4) Eficiencia y educación energética. Esta política persigue alcanzar las denominadas *Smart Cities* (ciudades inteligentes), en las cuales “la ciudad es pensada por y para los ciudadanos, haciendo uso de procesos de innovación, aplicación y desarrollo de tecnologías que permiten implementar soluciones integrales y sustentables al diseño urbano” (Ministerio de Energía - Gobierno de Chile, s.f., p. 70). Esto refiere a la generación distribuida limpia y al uso eficiente de los recursos energéticos, entre otros.

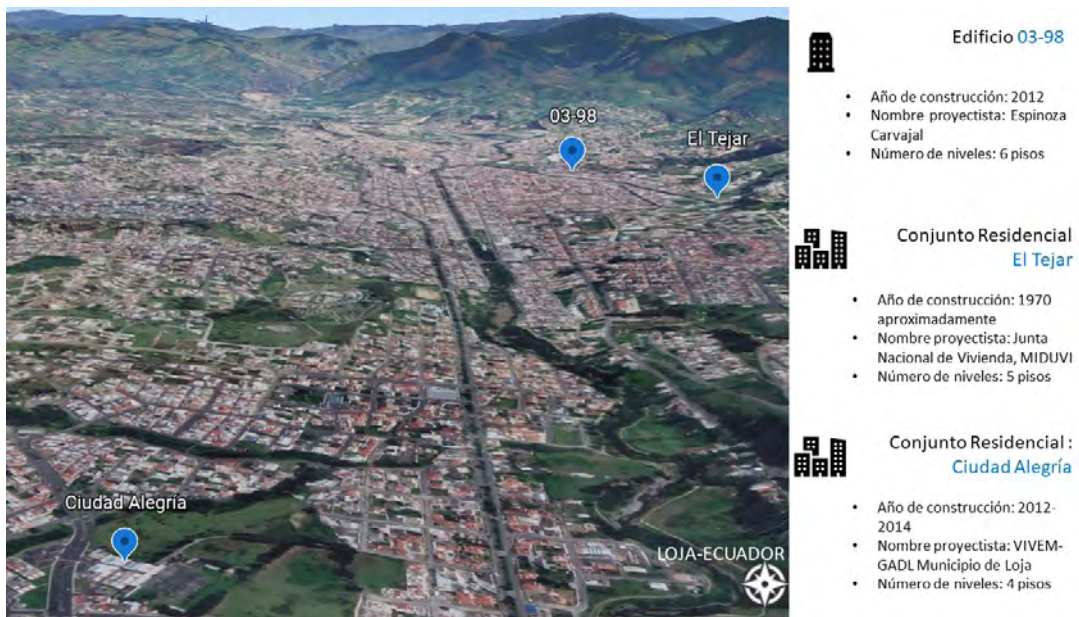
Caso de estudio

La ciudad de Loja se encuentra localizada a una altitud de 2060 m s.n.m. y se levanta en el corazón de la hoya del Zamora. Su clima es cálido y templado, oscilando entre 13 y 26 °C, con una temperatura media del aire que varía entre 17,2 °C y 18,7 °C, con precipitaciones moderadas y una humedad media del 78 %. Es considerada la capital eólica, puesto que tiene más del 52 % del recurso eólico aprovechable para la producción de energía eléctrica de Ecuador. Asimismo, posee una elevada radiación solar con potencial para la generación de electricidad a través de paneles solares fotovoltaicos.

Como casos de estudio, se selecciona los edificios residenciales más representativos de la ciudad de Loja (Figura 1). Los mismos son: el Edificio 03-98, El Tejar y Ciudad Alegría.

**Figura 1**

Edificios residenciales representativos de la Ciudad de Loja, Ecuador

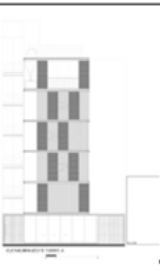


Fuente: elaboración propia

Después de observar las figuras 2, 3 y 4, se procede a la catalogación de los mismos:

Figura 2

Ficha de catalogación del Edificio 03-98

UTPL		
Estrategias de eficiencia energética e integración de energías renovables en edificios residenciales en contexto post pandemia.		
Edificio 03 98		
Fachada Principal	Fachada Secundaria	Datos
		Nombre del Edificio: Edificio 03 98 Dirección: Calle Segundo Cueva Celi y Segundo Puertas Moreno Año de construcción: 2012 Empresa/Estudio que lo diseñó: Espinoza Carvajal Destino: Residencial Cantidad de niveles: 6 Se tiene acceso a documentación técnica: SI Planos tipo por planta básico Planos de fachadas Planos de instalaciones eléctricas Planos de instalaciones sanitarias Planos en dwg.
Ubicación		
		

Fuente: elaboración propia

Figura 3

Ficha de catalogación del edificio tipo Conjunto El Tejar

UT PL		
Estrategias de eficiencia energética e integración de energías renovables en edificios residenciales en contexto post pandemia.		
Edificio El Tejar		
Fachada Principal	Fachada Secundaria	Datos
		Nombre del Edificio: Edificios El Tejar Dirección: Av. Orillas del Zamora y Calle Chinchipe Año de construcción: 1970 aproximadamente Empresa/Estudio que lo diseñó: Junta Nacional de Vivienda ahora MIDUVI Destino: <i>Residencial</i> Cantidad de niveles: 5 Se tiene acceso a documentación técnica: Planos tipo por planta básico Planos de fachadas Planos de instalaciones eléctricas Planos de instalaciones sanitarias Análisis de espacios y materialidad
		

Fuente: elaboración propia

Figura 4

Ficha de catalogación del edificio tipo Conjunto Ciudad Alegría

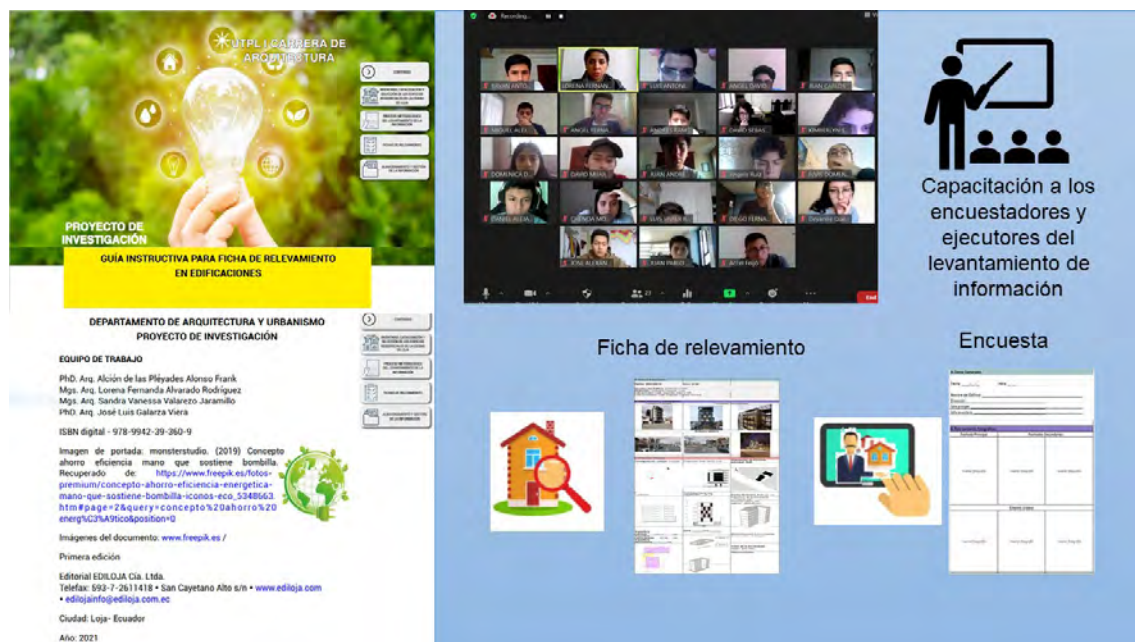
UT PL		
Estrategias de eficiencia energética e integración de energías renovables en edificios residenciales en contexto post pandemia. Aportes a las políticas públicas.		
Edificio Ciudad Alegría		
Fachada Principal	Fachada Secundaria	Datos
		Nombre del Edificio: Conjunto Habitacional "Ciudad Alegría" Dirección: La Condamine y Eloy Alfaro Año de construcción: 2012-2014 Empresa/Estudio que lo diseñó: VIVEM-GADML-MUNICIPIO DE LOJA Destino: <i>Residencial</i> Cantidad de niveles: 4 Se tiene acceso a documentación técnica: Planos tipo por planta Planos de fachadas Detalles interiores de cocinas y muebles empotrados No hay planos de instalaciones eléctricas No hay planos de instalaciones sanitarias Plano base en dwg
		

Fuente: elaboración propia

Una vez realizada la catalogación de las edificaciones, se diseña la ficha base de relevamiento y la encuesta para la recolección de datos (Alonso-Frank et al., 2021); igualmente, se capacita a los estudiantes avanzados de la carrera de Arquitectura de la Universidad Técnica de Loja, Ecuador, para que estos efectúen los trabajos de campo (ver Figura 5).

Figura 5

Guía de relevamiento y capacitación a estudiantes de la Universidad Técnica de Loja, Ecuador



Fuente: elaboración propia, 2021

Nivel de adherencia de la población consultada en la ciudad de Loja

Finalizado el trabajo de campo, se procede a la sistematización y análisis de los resultados obtenidos de las entrevistas efectuadas. En primer lugar, respecto al nivel de conformidad con el diseño exterior del edificio, el 25 % de los consultados presenta disconformidad; el 19 % la considera término medio, mientras el 56 % se encuentra conforme. En lo atinente a la inclusión de energías renovables en los edificios, el 56 % expresa que incluiría colectores solares; el 63 %, paneles solares; el 44 %, aerogeneradores y, el 63 %, solados piezoeléctricos en los espacios exteriores del edificio. En consecuencia, se alcanza un nivel de adherencia de la población consultada, del 57 %. En esta línea, respecto de la preferencia de incorporación de energías renovables en los edificios, se tiene, en primer lugar, la aplicación e integración de paneles solares en cubierta, seguidas de la aplicación de aerogeneradores de eje vertical. Se destaca que, quienes no incluirían energías renovables, manifiestan que ello se debe al precio, seguridad y mantenimiento que las mismas demandan.

Propuesta de integración de energías renovables en la Ciudad de Loja

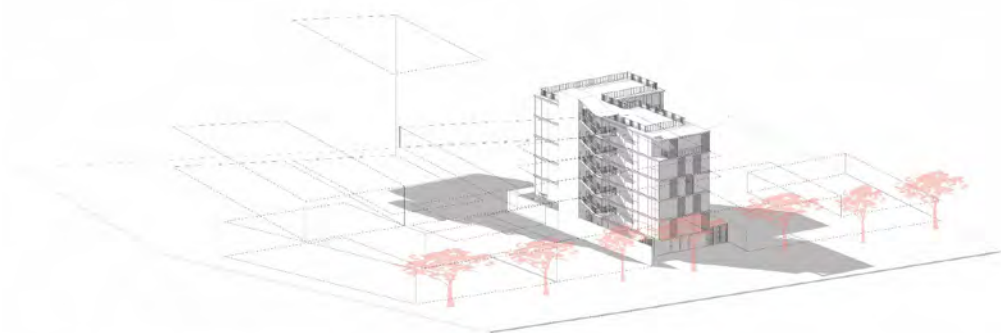
Conforme al alcance de proyectos urbanos y residenciales integrales, el relevamiento de los casos de estudio conduce a establecer los siguientes lineamientos, basados en los estudios internacionales descriptos precedentemente. En lo específico, se puntualiza en el caso de la energía solar fotovoltaica, puesto que es la que se propone en los mismos:

a) A nivel urbano

- Ancho de calles y veredas: determina la cercanía mínima entre edificios, condicionando la maximización del empleo de sus paramentos a la exposición solar.
- Coeficientes de ocupación del suelo: la normativa de planificación urbana incorpora un coeficiente a modo de condicionante urbanístico, el cual define la máxima y mínima ocupación del suelo. Ello guarda relación con las posibilidades de asoleamiento, sombreado y ventilación natural del edificio en un entorno determinado.
- Altura de las edificaciones: la existencia de alturas homogéneas puede resultar beneficiosa en la eficiencia técnica del proyecto y en el costo de instalación del mismo, pues implica menos sombras sobre los techos. Además, se deberá estudiar si las diferentes alturas de muros o volúmenes arquitectónicos no impiden la fluida circulación de aire y la adecuada ventilación de paneles solares fotovoltaicos.
- Vegetación y edificios (sombreado): es requisito, planificar la especie, su ubicación y su crecimiento futuro, tanto en altura como en diámetro, para evitar afecciones por sombras. De igual manera, la de los edificios colindantes próximos, puesto que pueden perjudicar la instalación.

Figura 6

Ancho de calles y veredas, altura de edificación, sombreado y uso de vegetación



ALTURA DE EDIFICACIONES
ESCALONAMIENTO, SOMBRA
Y USO DE VEGETACIÓN

- Equipamiento urbano: es potencial, el empleo del equipamiento para generación de energía renovable. A su vez, se debe garantizar que estos no generen sombras que pudieran perjudicar el resto de la instalación. Así mismo, esta se emplea para brindar mejores servicios a la población.

Figura 7

Equipamiento urbano

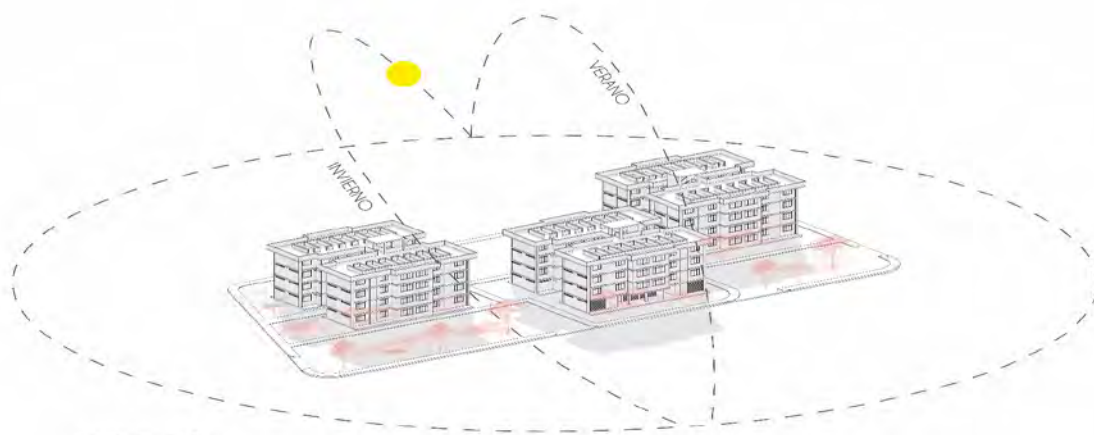


b) A nivel arquitectónico

- Orientación: se debe tener en cuenta, desde la etapa de diseño arquitectónico, ya que permite lograr mayores niveles de eficiencia en la generación de energía. Por este motivo, es prioritario garantizar la mayor exposición solar del paramento horizontal superior.

Figura 8

Orientación solar



- Envolvente y materialidad: es requisito, garantizar la mayor exposición solar de los paramentos verticales que conforman la envolvente del edificio, libres de sombras. Igualmente, la estructura debe estar prevista para resistir las cargas de la instalación. Por último, debería propiciarse la integración de la misma en el objeto arquitectónico.

Figura 9

Materialidad y envolvente

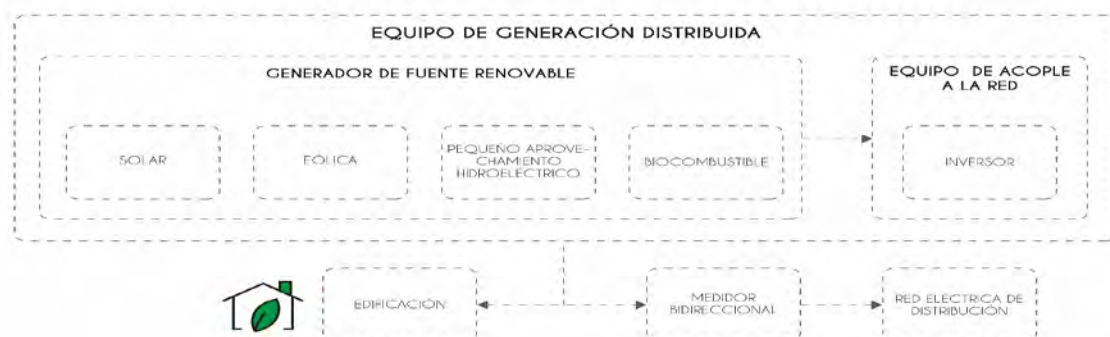


c) A nivel energético

- Generación distribuida de energías renovables con destino al autoconsumo: reformar el marco legal ecuatoriano que contemple los incentivos para la instalación de la generación distribuida por parte de los clientes residenciales, comerciales e industriales, a través de sistemas de energías renovables, especialmente la minieólica y la solar fotovoltaica.

Figura 10

Esquema síntesis de generación distribuida de energías renovables en el sector residencial, comercial e industrial



Fuente: Alonso-Frank y Michaux (2021).

Conclusión

El presente artículo evidencia una cosmovisión del estado actual de la cuestión, en materia de estrategias de eficiencia energética y potencial uso de energías renovables en los edificios residenciales. Como resultado de estudios de casos en la ciudad de Loja, se elabora lineamientos urbanos, arquitectónicos y energéticos que se constituyen en un aporte a las políticas públicas. Se espera que, su aplicación futura conduzca a la concreción de diseños arquitectónicos integrales basados en la implementación de tecnologías renovables que reduzcan los niveles de emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) debido.

Referencias

- Alonso-Frank, A. y Kuchen, E. (2017). Validación de la herramienta metodológica de Alonso-Frank & Kuchen para determinar el indicador de nivel de eficiencia energética del usuario de un edificio residencial en altura, en San Juan - Argentina. *Revista Hábitat Sustentable*, 7(1), 6-13. <https://doi.org/10.22320/07190700.2016.06.01.03>
- Alonso-Frank, A. y Kuchen, E. (2018). Nivel de eficiencia del usuario (neu) vs. consumo eléctrico en 14 edificios residenciales en altura en San Juan, Argentina. *Revista Hábitat Sustentable*, 8(1), 68-79. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.01.06>

- Alonso-Frank, A. y Michaux, M. C. (2021). Introducción de energías renovables en edificios. Estrategia prioritaria de la política pública energética argentina. *Revista AUS - Arquitectura | Urbanismo | Sustentabilidad*, (31), 86-93. <https://doi.org/10.4206/aus.2022.n31-11>
- Alonso-Frank, A., Alvarado, L. F., Valarezo, S. V. y Galarza, J. L. (2021). *Guía instructiva para ficha de relevamiento en edificaciones: estrategias de eficiencia energética e integración de energías renovables en edificios residenciales en contexto post-pandemia*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Arcos, E. (2016). *Estrategias de eficiencia energética en usuarios residenciales* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12874/3/UPS-KT01290.pdf>
- Arizaga, X., Gómez, T., Moris, R. y Carraha, J. (2018). Definición de un *framework* para la implementación de proyectos de generación distribuida fotovoltaica en ciudades intermedias. Caso de estudio: corredor solar de la Cuenca del Salado. En *Intersecciones III Congreso Interdisciplinario de Investigación en Arquitectura, Diseño, Ciudad y Territorio, Santiago*, (pp. 242-253). Ediciones ARQ, Escuela de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Barragán-Escandón, E. A., Zalamea-León, E. F., Terrados-Cepeda, J. y Parra-González, A. (2019). Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2), 39-48. <https://doi.org/10.15446/bitacorav29n2.65720>.
- Bermero, D. (2014). *Diseño de un sistema autónomo de generación eléctrica híbrido solar-eólico para electrificación domiciliaria* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11914>
- Cámara Brasileña de la Industria de la Construcción. (2016). Energías renovables: gestión eficiente de la energía en la industria de la construcción. Energía solar fotovoltaica en condominios: Oportunidades, aplicaciones y buenas prácticas. https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Energias_Renovaveis_2016_esp-1.pdf
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2013). Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022. <https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-04/vol1-Resumen-Ejecutivo-PME-2013-2022.pdf>
- Constitución Política de la República de Ecuador [Const.]. Art. 3. (13 de julio de 2011). Ecuador.
- Delgado-Gutiérrez, E. (2020). *Optimización energética de un bloque de viviendas de interés social en Ecuador* [Tesis de Maestría, Universidad de Sevilla, España]. <https://hdl.handle.net/11441/101822>
- Delgado-Noboa, D. (2016). Balance Energético Nacional. https://issuu.com/sectoresestrategicos/docs/balance_energetico_2016

- Galarza, J. C. (2012). *Ahorro y eficiencia de energía eléctrica en el sector residencial de Guayaquil* [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/45550>
- Garcés, L. (2017). *Diseño e implementación de una calculadora energética doméstica* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador]. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/19937?locale=es>
- García, A. P. (2011). Energía y Ciudad: un enfoque postambiental. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16, (927).
- Herrera, G. (2014). *Caracterización de la demanda eléctrica del sector residencial de la ciudad de Loja* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11916>
- Instituto Nacional en Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). (2012). Parque Eólico Villonaco. Máster plan. Whistler. https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/09/fuentes_de_informacion.pdf
- Instituto Nacional en Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). (2016). Análisis de oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico. <https://b4future.com/wp-content/uploads/2019/04/Ana%CC%81lisis-de-Oportunidades-de-IDi-en-EE-y-ER-en-Ecuador.pdf>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). Renewable capacity statistics 2020. https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética. (2019). Gobierno del Ecuador. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). (2017). Informe de rendición de cuentas. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/01/Informe-RC-2017-MEER.pdf>
- Ministerio de Energía - Gobierno de Chile. (s.f.). Energía 2050. Política energética de Chile. https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2014). Guía práctica para el ahorro y uso eficiente de energía. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/GUIA-PRACTICA-PARA-EL-AHORRO-Y-USO-EFICIENTE-DE-ENERGIA-22NovBAJAa.pdf>
- Muñoz-Vizhñay, J. P., Rojas-Moncayo, M. V. y Barreto-Calle, C. R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius*, (19), 60-68. <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.06>

- Naciones Unidas y CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y El Caribe*. Naciones Unidas.
- Ocampo, K. (2015). *Propuesta metodológica para el prediseño de viviendas urbanas tipo de alto desempeño térmico, desde una perspectiva energética* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador]. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/12668>
- Orejuela, V., Arias-Cazco, D., & Aguila, A. (2015). Response of residential electricity demand against price signals in Ecuador. *Proceedings of the 2015 IEEE Thirty Fifth Central American and Panama Convention (CONCAPAN XXXV)*. https://www.researchgate.net/publication/302531400_Response_of_Residential_Electricity_Demand_Against_Price_Signals_in_Ecuador
- Otero, D., Cohn, R. y Arboit, M. (2019). Estudio de normativas urbano-edilicias para la eficiencia energética. Godoy Cruz, Mendoza, Argentina. *III ISUF-H Congreso Internacional. Ciudad compacta vs. ciudad difusa*. Guadalajara, México. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/145459/Otero%3BCohn%3BArboit%20-%20Estudio%20de%20normativas%20urbano-edilicias%20para%20la%20eficiencia%20energ%C3%A9tica.%20Godoy%20C....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pacheco, C. A. y Marques, R. (2021). Sostenibilidad territorial y cambio climático: la planificación estratégica para un desarrollo territorial sostenible. *Revista Iberoamericana de Gobierno local*, (21).
- Páez, A. (2009). Sostenibilidad urbana y transición energética: un desafío institucional [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://habitat.aq.upm.es/suyte/oc.pdf>
- Páez, A. (2010). Energy-urban transition: The Mexican case. *Energy Policy*, 38(11), 7226-7234. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.053>
- Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador 2016 - 2035 (PLANEE). (2017). https://www.cnelep.gob.ec/wpcontent/uploads/2017/09/1.PLAN_NACIONAL_EFICIENCIA_ENERGETICAmaqueta-final-digital.pdf
- Redweik, P., Catita, C., & Brito, M. (2013). Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape. *Solar Energy*, 97, 332-341. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.08.036>
- Ríos, A., Guamán, J. y Vargas, C. (2018). Análisis de la implementación de una estrategia de reducción del consumo energético en el sector residencial del Ecuador: Evaluación del impacto en la matriz energética. *Revista Técnica Energía*, 15(1), 98-109. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.328>
- Rivas, E. (2015). *Análisis de factibilidad de un sistema de generación fotovoltaica para el sector residencial de la ciudad de Loja* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de



Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11696>

Samadzadegan, B., Samareh, S., Dabirian, S., Ranjbar, S., Rasoulia, H., Sanei, A., & Eicker, U. (2021). Novel energy system design workflow for zero-carbon energy district development. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 23. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.662822>

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2019). Propuestas de implementación de energías renovables en viviendas sociales para la generación de energía eléctrica distribuida y solar térmica. Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/vivienda/estudio>.

Secretaría de Vivienda y Hábitat. (2017). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Argentina <https://www.erreius.com/Legislacion/documento/20170707075203668/resolucion-9-e-2017-estandares-minimos-de-calidad-para-viviendas-de-interes-social-en-el-marco-del-plan-nacional-de-vivienda>

Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos (SHAH). (2015). Informe Nacional del Ecuador para la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible HABITAT III. Ministerio de Desarrollo Urbano y de vivienda. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Informe-Pais-Ecuador-Enero-2016_vf.pdf

Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMP). (2015). Energía Sostenible para Todos (SE4ALL). <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/eco-enlaces/1085-energia-sostenible-para-todos-se4all>

Urdaneta, M. (2020). Plan de uso eficiente de la energía eléctrica en el eje residencial, comercial y público en el Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, Risti*. 25, 16-30.