

Morfología urbana y acceso solar: Estudio para la densificación en el centro histórico de la ciudad de Loja (Ecuador)

Urban Morphology and Solar Access: densification study Loja's historic downtown (Ecuador)

SALAS, María L. 1; QUEZADA, Pablo A. 2; CRESPO, Isabel 3; VÉLEZ, Vanessa J. 4

Recibido: 09/09/2018 • Aprobado: 17/12/2018 • Publicado 04/02/2019

Contenido

1. Introducción
2. Metodología
3. Resultados
4. Conclusiones

Referencias bibliográficas

RESUMEN:

El presente artículo estudia la compacidad, la morfología urbana y el acceso solar en Loja para estimar el potencial solar disponible en las fachadas de exteriores de una manzana consolidada ubicada en el centro histórico. Proponiendo tres escenarios de densificación, en donde se analizaron tres morfologías resultantes de la variación de la altura de las edificaciones y que representan un incremento de edificabilidad de aproximadamente 150%, se llegó a determinar que la reducción del potencial solar varía del 16% al 28%.

Palabras clave: Acceso solar, cañón urbano, morfología urbana, densidad

ABSTRACT:

This article analyzes the compacity, morphology and the solar access in Loja to estimate the solar potential available on the exterior facades of a consolidated block located on the historic downtown. Three sceneries of densification were proposed, resulting from the different morphologies in which the building height was modify to reach a 150% increase on the building densification (FAR), it was found that depending on the shape, the decrease on the solar potential varies between 16 and 28%.

Keywords: Solar access, urban canyon, urban morphology, solar irradiance, density

1. Introducción

La población mundial sobrepasa los siete billones de personas, las regiones más pobladas se encuentran en Asia y América del Norte. En el año 2014, la población urbana alcanzó el 54% y las proyecciones indican que para el año 2050 ésta representará el 66% (U.S Census Bureau, 2016). Tres de las regiones más urbanizadas están en el continente americano siendo éstas Norteamérica, América Latina y el Caribe. Aunque el nivel de desarrollo económico, de urbanización y de uso energético es distinto entre regiones, una mayor

población significa mayores demandas energéticas. Por ejemplo, en las Américas la tasa poblacional y de urbanización se aceleró en el periodo comprendido entre los años 1980 y 2014 (Naciones Unidas, 2014); durante el mismo periodo, la demanda de electricidad se incrementó en las tres regiones (EIA, 2016). La relación entre las tendencias de población y urbanización, sugiere la concentración de demandas energéticas en las urbes.

Con limitado acceso energético y a medios de transporte, las poblaciones solían ubicarse en sitios próximos a recursos naturales, los cuales eran utilizados para conseguir habitabilidad; algunas de las ciudades latinoamericanas del siglo XVI se fundaron siguiendo las prescripciones de la Corona Española. España a través de Las Leyes de India, entre otros lineamientos, sugería asentar poblaciones en lugares de temperatura fresca, de cielo despejado, cerca de bosques y de ríos (Vigliocco, 2008). En este tipo de asentamientos ciertas condiciones de temperatura, asoleamiento, alimentación, y transporte eran provistas por el entorno (Jaramillo, Trokhimtchouk, Quezada, 2018).

Durante el siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, la disponibilidad y acceso a combustibles fósiles causaron en principio el movimiento de la población del campo a la ciudad y posteriormente, los costos asequibles del combustible, facilitaron la dispersión de las ciudades. La situación cambió en las últimas décadas del siglo XX, años sesenta y setenta, en cuando el descubrimiento de pozos petroleros alcanzó su pico y se estableció que el acceso a energía proveniente del petróleo sería cada vez más escaso y costoso. El escenario de escasez energética es una de las razones por las que se han propuesto modelos de urbanización compacta que permitan aprovechar la energía eficazmente. Los conceptos de compactación y densificación son complejos, Palmer (2014), indica que la densidad por sí sola no necesariamente significa habitabilidad en la urbe, sin embargo, señala que algunas ventajas de densificar incluyen un "mejor uso de suelo y de infraestructura y recursos existentes" (p.230). Según (Ojeda Camargo, Candelo Becerra, & Silva-Ortega, 2017) los cambios de uso de suelo también son considerados como agravantes del cambio climático.

Combinando energía, densidad y habitabilidad, Strømman-Andersen & Sattrup (2011) señalan que el acceso solar e iluminación natural son elementos fundamentales en planes y reglamentos urbanos, ya que son "vitales para la salud, el confort, y la recreación" (n.p). Sus estudios relacionan demandas energéticas, morfología urbana y usos con el potencial energético pasivo disponible en la ciudad el cual se podría aprovechar. En un estudio realizado en Brasil, se menciona que una de las formas de energía más estudiadas es la solar la cual, además ser utilizada para calentar el agua o producir energía eléctrica influye en el incremento de energía térmica en el interior de los edificios, (de Oliveira, Castanheira, Rezende, de Vasconcellos, & de Souza, 2017). Los ejemplos mencionados, muestran que a lo largo del tiempo han existido posibilidades para aprovechar recursos naturales y energéticos dentro de la ciudad. Por lo tanto, es válido repensar la configuración urbana con fines de asegurar el acceso energético pasivo.

Considerando que en las ciudades latinoamericanas, incluida Loja, se encuentran en expansión poblacional y territorial acrecentando también la demanda energética, este estudio plantea conocer los valores de energía solar disponible en una manzana localizada en el centro histórico de la ciudad. El tener una estimación de potencial solar, permite proponer soluciones de captación energética pasiva en la edificación y en la configuración de la ciudad (Quezada et al.2017).

2. Metodología

El proceso metodológico se inició con el análisis del contexto en donde se incluyó el estudio de ubicación, clima, población y urbanización, finalizando con la definición del área de influencia y la selección de la muestra de estudio (Quezada et al., 2017).

Se prosiguió con un análisis morfológico y de usos tomando en consideración los parámetros formales de ancho y largo de calles, dimensión de manzanas y alto de edificaciones. De los parámetros considerados se estableció la altura de edificios como variable formal la cual se cuantificó y clasificó por el número de niveles. Debido a la irregularidad en altura existente, las proporciones de alto de edificio y ancho de la calle, denominado cañón urbano, se consideraron como valores referenciales. Los usos fueron cuantificados a través de

observaciones utilizando la herramienta google maps.

Una vez definidas las variables morfológicas (volumetrías) se las combinó con parámetros geográficos (altitud y latitud) para realizar simulaciones con el software Heliodon 2™. La simulación propuesta, debido a las limitaciones del software, generó datos de radiación directa que no consideraba datos climatológicos o reflexiones del contexto construido. Existen otros métodos de estimación de radiación como el método Bird y Hulstrom el cual permite estimar la radiación directa en superficie horizontal considerando la nubosidad, (Vanegas, Churio, Valencia, Villacaña, & Ospino, 2017); sin embargo, Heliodon 2™ genera valores de radiación directa en superficies horizontales y verticales. Conocer los estimados de radiación directa en fachadas, permite analizar las ganancias térmicas importantes. Así, de Oliveira et al., (2017) señala que las ganancias térmicas a través de paredes hacen que un edificio con cubierta verde, la cual funciona como filtro y proporciona inercia, demande más energía eléctrica para aire acondicionado debido a la retención de calor. La simulación evaluó tres escenarios de densificación vertical, denominadas opción 1, opción 2 y opción 3, en donde se modificó la altura edificaciones y la irregularidad en las fachadas.

Los resultados obtenidos muestran los datos para las tres propuestas en donde se compararon los valores de radiación solar directa en los planos verticales de la manzana para cada situación.

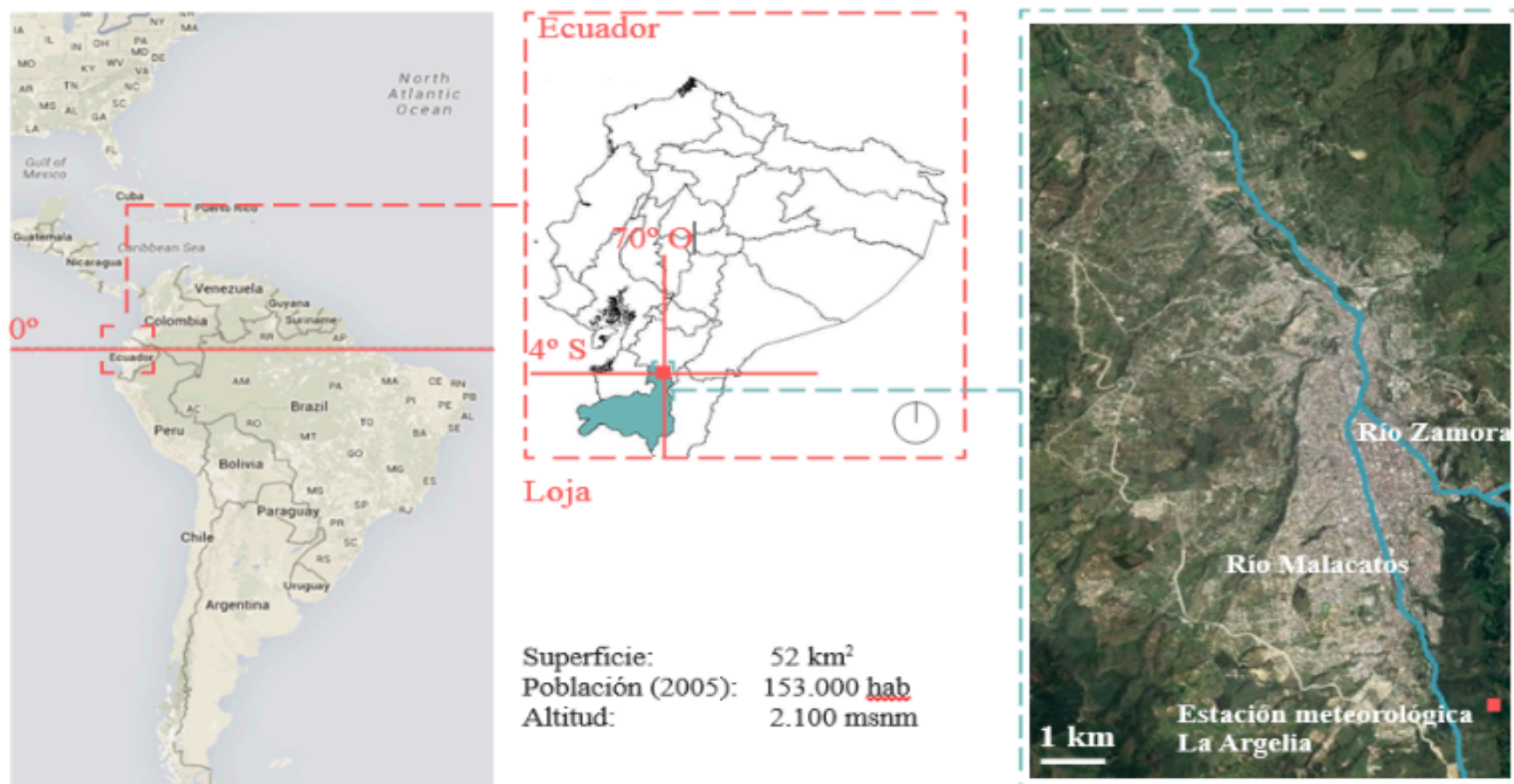
Relacionando los distintos parámetros analizados, al final se prevé una posible connotación a nivel urbano.

Etapas metodológicas:

2.1. Análisis del contexto y definición del área a intervenir

Loja se encuentra ubicada al sur del Ecuador y es la capital de la provincia del mismo nombre. Se asienta en el valle del Cuxibamba, formado en la Cordillera de los Andes a una altura de 2.100 msnm, a una latitud de 3° 59' Sur y a una longitud 79° Oeste. La ciudad se extiende principalmente en dirección Norte Sur; con montañas hacia el este y el oeste. El centro de la urbe se ubica en una zona plana, la misma que fue el área de fundación original de la ciudad, delimitada por los ríos Zamora al este y Malacatos al oeste (Ver figura 1).

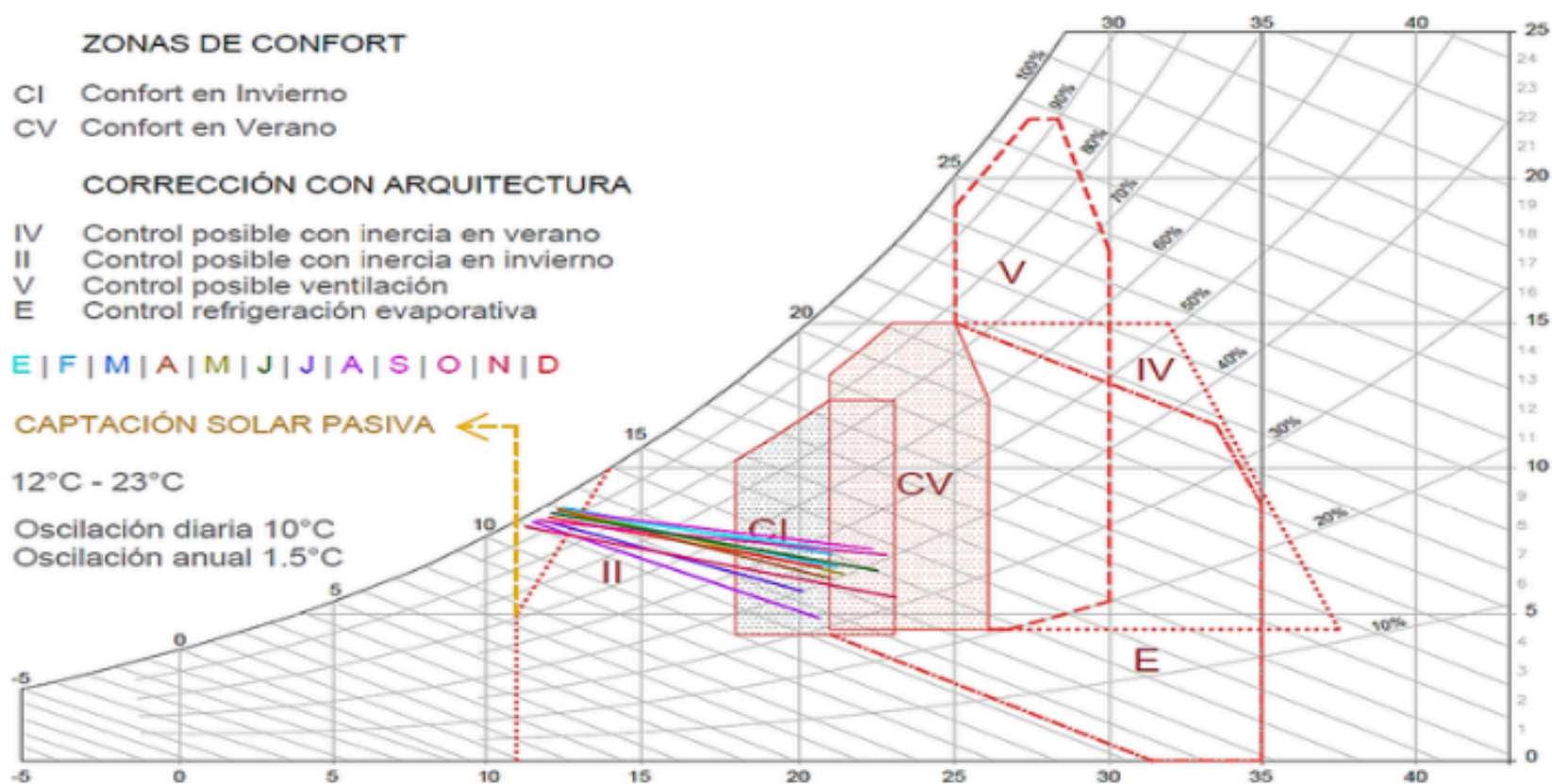
Figura 1
Ubicación geográfica de Loja



El clima de Loja es clasificado como temperado-ecuatorial subhúmedo, con una temperatura media de 16 °C y precipitaciones anuales de aproximadamente 900mm. La oscilación anual

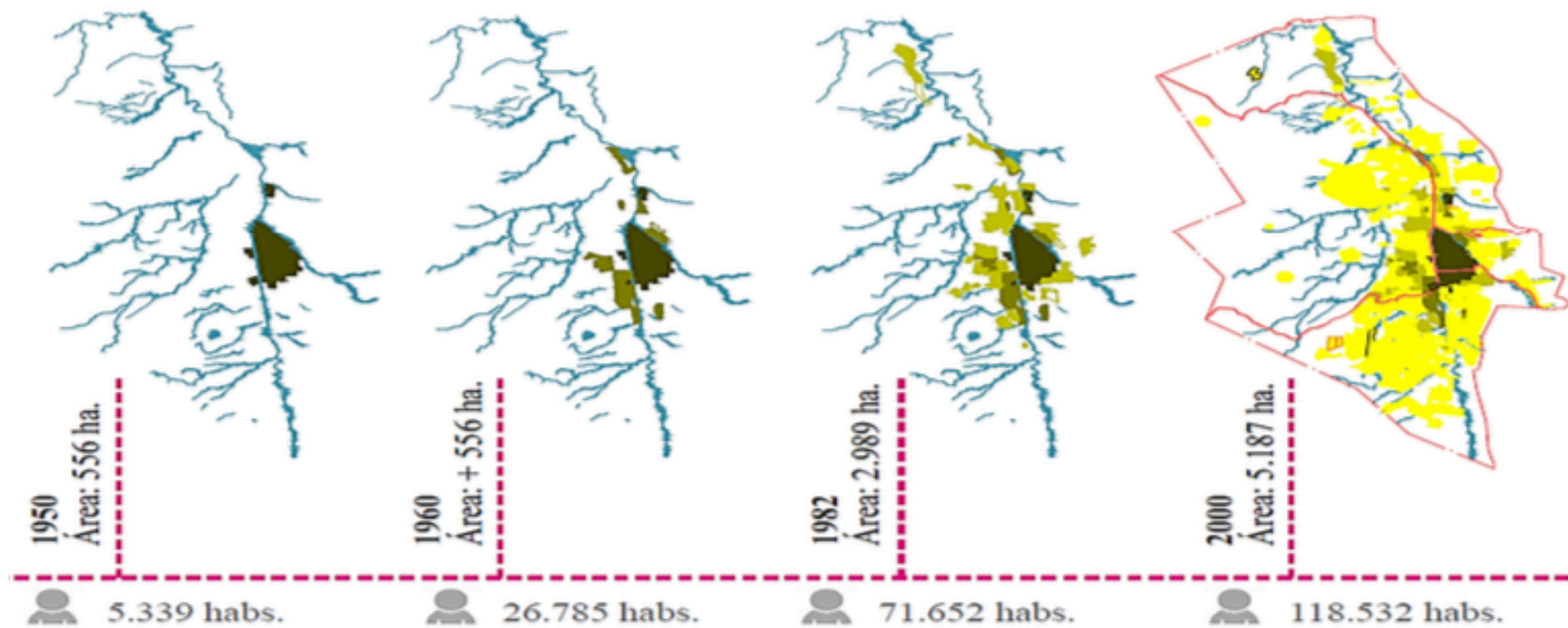
de temperatura media es de 1.5°C , mientras que la oscilación diaria de 10°C , las temperaturas máximas y mínimas alcanzan los 28°C y 6°C , respectivamente. El periodo de menor temperatura se da entre los meses de junio y septiembre, los dos incluidos, siendo julio el mes de más baja temperatura media, 14.9°C . Los meses más cálidos van de octubre a diciembre, éstos últimos presentan las mayores fluctuaciones diarias de temperatura. Aunque existen precipitaciones a lo largo del año, se puede diferenciar un periodo húmedo de enero hasta abril y uno seco de junio a septiembre. Las características el clima de la ciudad, resumidas en la figura 2., determinan que la estrategia pasiva para proveer confort sea lograr inercia; debido a la baja temperatura media de 16°C , se hace necesaria también la captación solar. Por los patrones locales de fluctuación en temperatura y humedad, la inercia y captación son estrategias que se deben conseguir durante todo el año.

Figura 2
Diagrama de Givoni



Loja fue fundada como colonia española en 1548, emplazándose inicialmente en la parte plana del valle de Cuxibamba, contenida entre los ríos Zamora y Malacatos. Las primeras parcelaciones fueron dedicadas a funciones administrativas y religiosas. Hasta finales del siglo XVI, contaba con 3.000 habitantes, los límites urbanos estaban definidos por los mencionados ríos; a mediados del siglo XX la ciudad alcanzaba 15.000 habitantes ubicándose en un perímetro urbano de 556 hectáreas. A partir de los años 60 la población se expandió aceleradamente y consecuentemente la urbanización. En 1982, Loja contaba con 72.000 habitantes y un perímetro urbano de 2.989 hectáreas; en el año 2001 la población sumaba 119.000 habitantes y el perímetro urbano se había extendido a 5.187 hectáreas. (Municipio de Loja, 2008) (Ver figura 3).

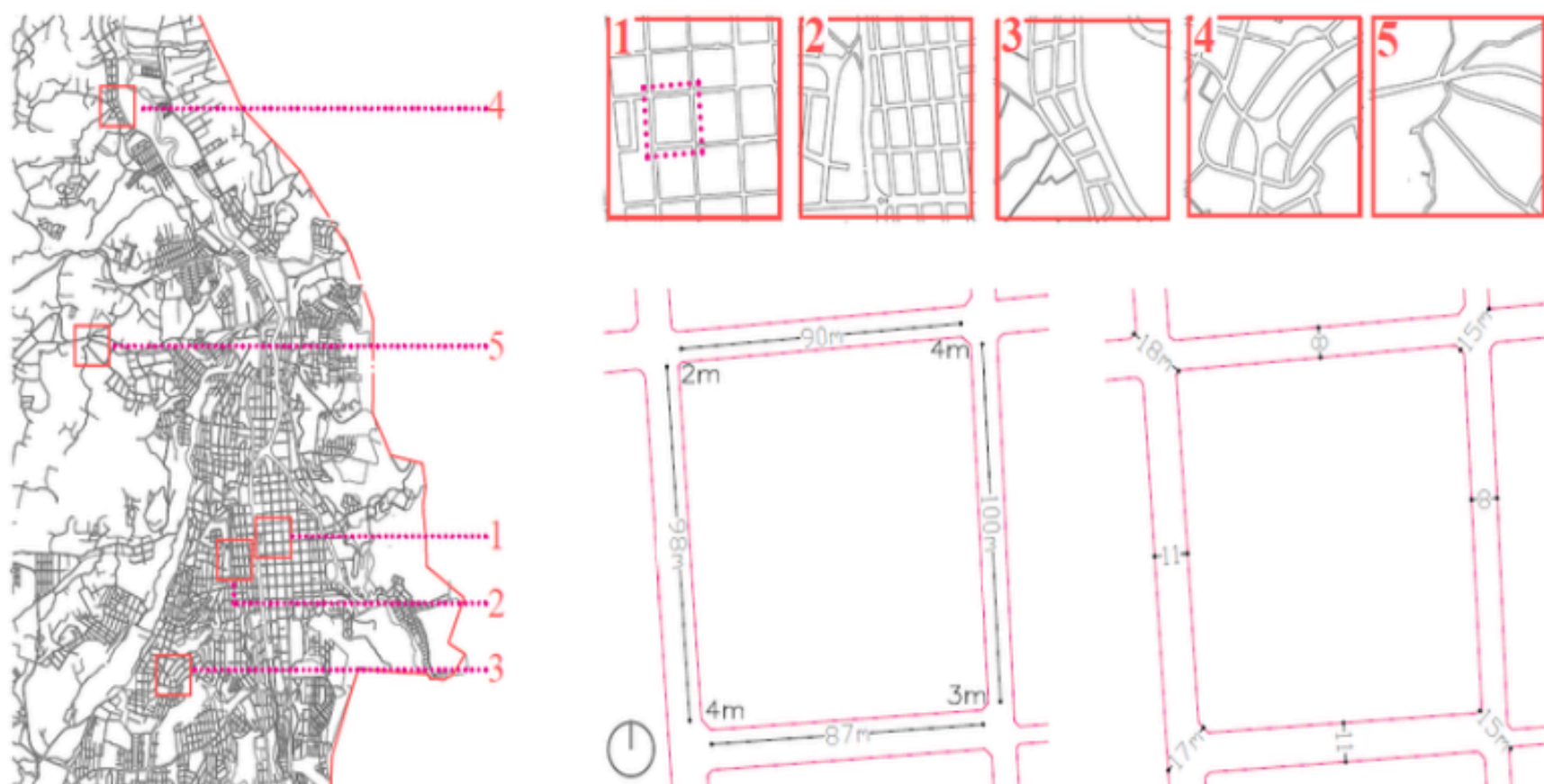
Figura 3
Crecimiento demográfico y territorial en Loja,
periodo comprendido entre 1960 y 2000



En la ciudad se distinguen cinco tipos de tramas: ortogonal, rectangular, lineal, curvilínea e irregular. La primera data del siglo XVI, es la trama original con la que se fundó Loja, se ubica en terreno de bajo relieve, constituye el centro histórico de la ciudad y debido a su ortogonalidad y regularidad no se distinguen jerarquías viarias. La segunda se creó durante la expansión de la ciudad en diferentes periodos de tiempo, inicialmente se ubicaba en el ensanchamiento hacia Este y Oeste; esta trama presenta mayor jerarquía viaria, predominando el eje en dirección Norte-Sur. La tercera, la trama lineal, se forma a partir de los años 60, este tipo de trama se fue creando a lo largo de vías principales que conectaban a la ciudad con otras provincias. Las ventajas de ésta eran la comunicación y transporte. La cuarta, la trama curvilínea, se fue desarrollando en distintas épocas, ubicándose en zonas donde el relieve de terreno se incrementaba. La quinta, la trama irregular, se trata de un conjunto de varios accesos viarios, de poca definición y que aún no forman parte del proceso de urbanización (Municipio de Loja, 2008). La figura 4., muestra ilustraciones de las diferentes tramas y su ubicación existente en la ciudad.

Figura 4

Trama urbana y proporciones de calles y de manzana



En la ciudad, la vivienda es el uso que se desplaza hacia la periferia; el alto precio inmobiliario el centro de la ciudad y sus proximidades, determina que el comercio tenga mayor factibilidad económica para ubicarse en la zona central y consolidada. Dadas las características de localización, densidad, consolidación y edificabilidad, se seleccionó una

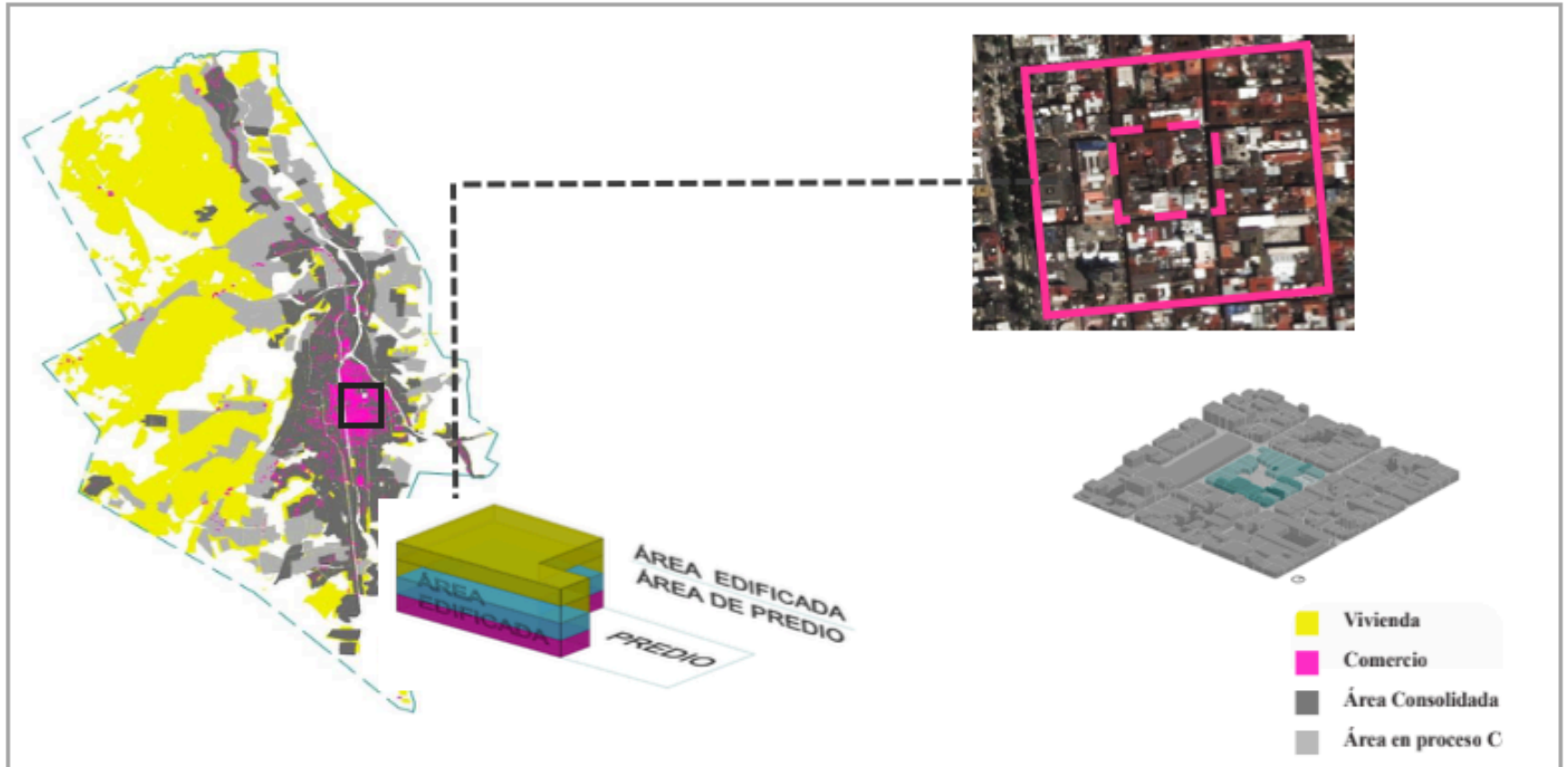
manzana localizada en la trama ortogonal como muestra de análisis (Ver figura 5).

Figura 5

Esquema metodológico del análisis de contexto y definición del área a intervenir

Análisis de densidad

Parámetro: Edificabilidad %



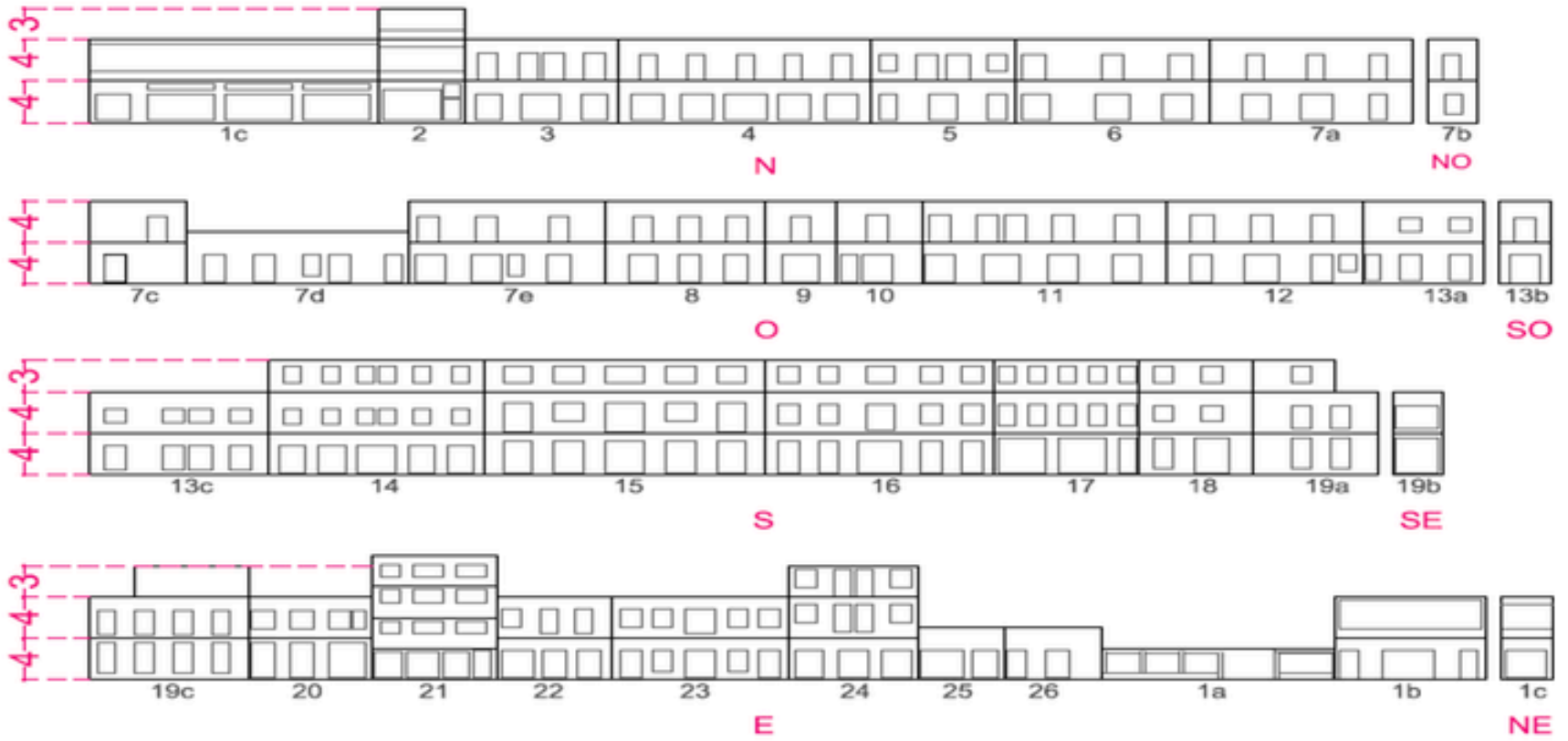
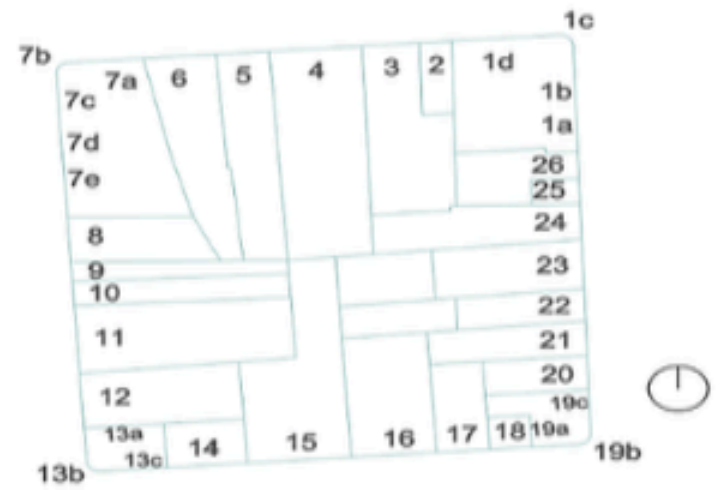
2.2. Análisis morfológico y de usos en la manzana de estudio

En un acercamiento al área se pueden observar las relaciones volumétricas de la manzana con las proporciones de la calle. El área de estudio e influencia presenta edificaciones entre uno y cinco pisos de altura; habiendo pocas excepciones, el edificio de más alta elevación encontrado es de 30m. El grupo de edificaciones analizadas se concibieron originalmente para ser de un nivel de 5m de altura o dos niveles de 4m cada uno; adiciones y nuevas edificaciones poseen 3m de altura por nivel.

Para relacionar parámetros de forma y uso en el bloque analizado, se asignó una codificación en planta a cada predio, ésta consistió en un valor numérico por edificio acompañado por letras para identificar su orientación o diferencia de altura, después se procedió a elaborar el dibujo de las fachadas correspondientes (Ver figura 6).

Figura 6

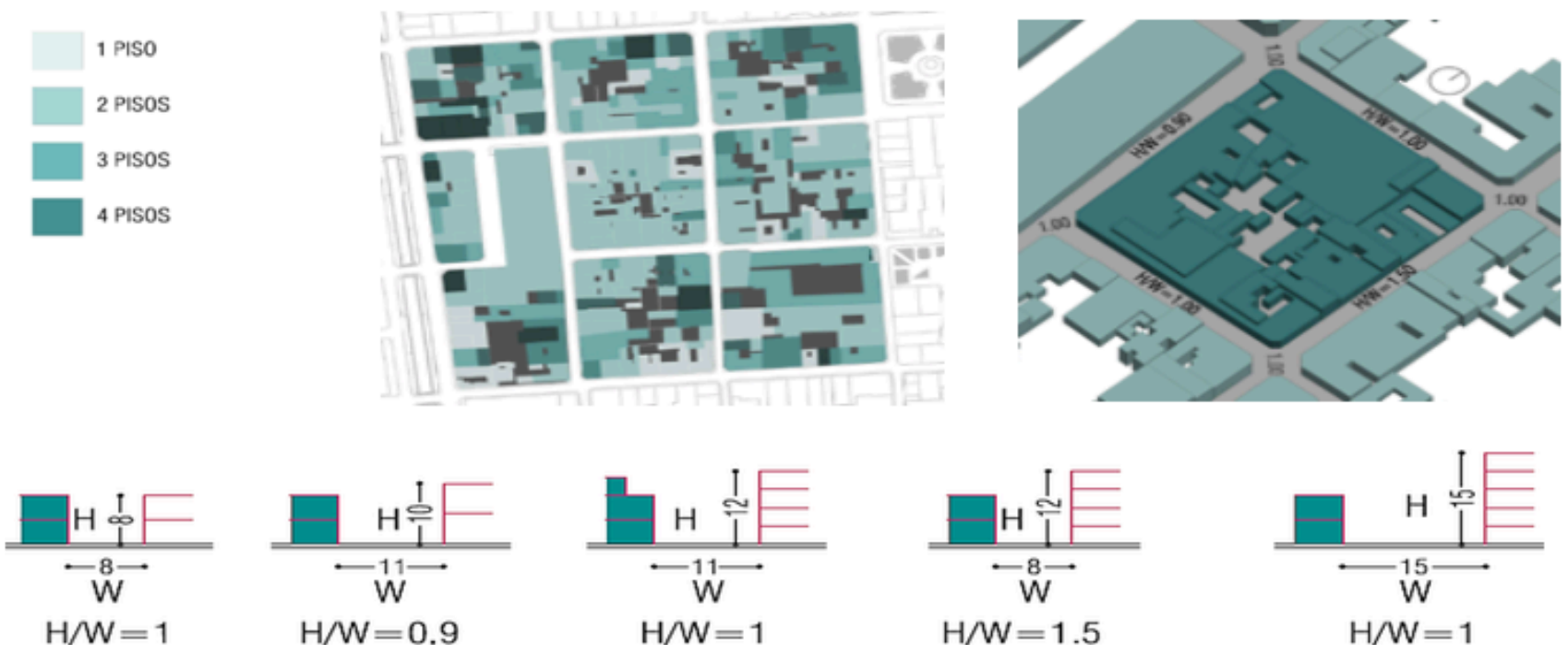
Imagen de la muestra de estudio seleccionada, codificación de predios y alzados de fachadas



El ancho de calles en las orientaciones Norte y Este son de 8m; las ubicadas al Oeste y Sur son de 11m; y entre esquinas aproximadamente de 15m. Las proporciones de alto de edificación y ancho de calles, denominado cañón urbano, están entre 0.9 y 1.5; el radio es más alto en el lado Este, pero es también en esta orientación que las fachadas presentan mayor irregularidad en altura, lo que dificulta la precisión del valor del radio. Para el resto de orientaciones las proporciones del cañón urbano son todas aproximadas a 1 (Ver figura 7).

Figura 7

Relaciones volumétricas de manzanas y calles y proporciones de cañón urbano



El uso se considera en este estudio debido a que la localización de cada unidad en el plano vertical determina un distinto nivel de aprovechamiento de potencia solar.

El área analizada indica al comercio como uso dominante en el sector representando el 62% de los edificios, seguido por la vivienda con un 27% y por oficinas en un 6%. La tendencia de crecimiento expansivo de la ciudad combinada con la necesidad de viviendas ha hecho necesario que se repiense el uso de suelo actual (Enciso, Zelaya & Quezada, 2018), así el gobierno local tiene como objetivo que las edificaciones de las áreas consolidadas dediquen al menos un 30% a unidades de vivienda (Municipio de Loja, Plan de ordenamiento territorial de Loja, 2008).

La propuesta del gobierno local no menciona los factores energéticos que complementen la habitabilidad en usos residenciales; pero, considerando las posibilidades de aprovechamiento energético en las urbes, que indican algunas investigaciones, se debería pensar en la configuración espacial como elemento de soporte para emplear la energía pasiva disponible en las ciudades. (Ver figura 8).

La ubicación de usos en el plano vertical tiene connotaciones a nivel energético; así, por ejemplo, las oficinas localizadas en planta alta podrían tener ventaja en aprovechar la radiación solar para propósitos térmicos y lumínicos, en comparación con el comercio en planta baja (Ver figura 9).

Figura 8

Codificación de usos y su posición en el plano vertical

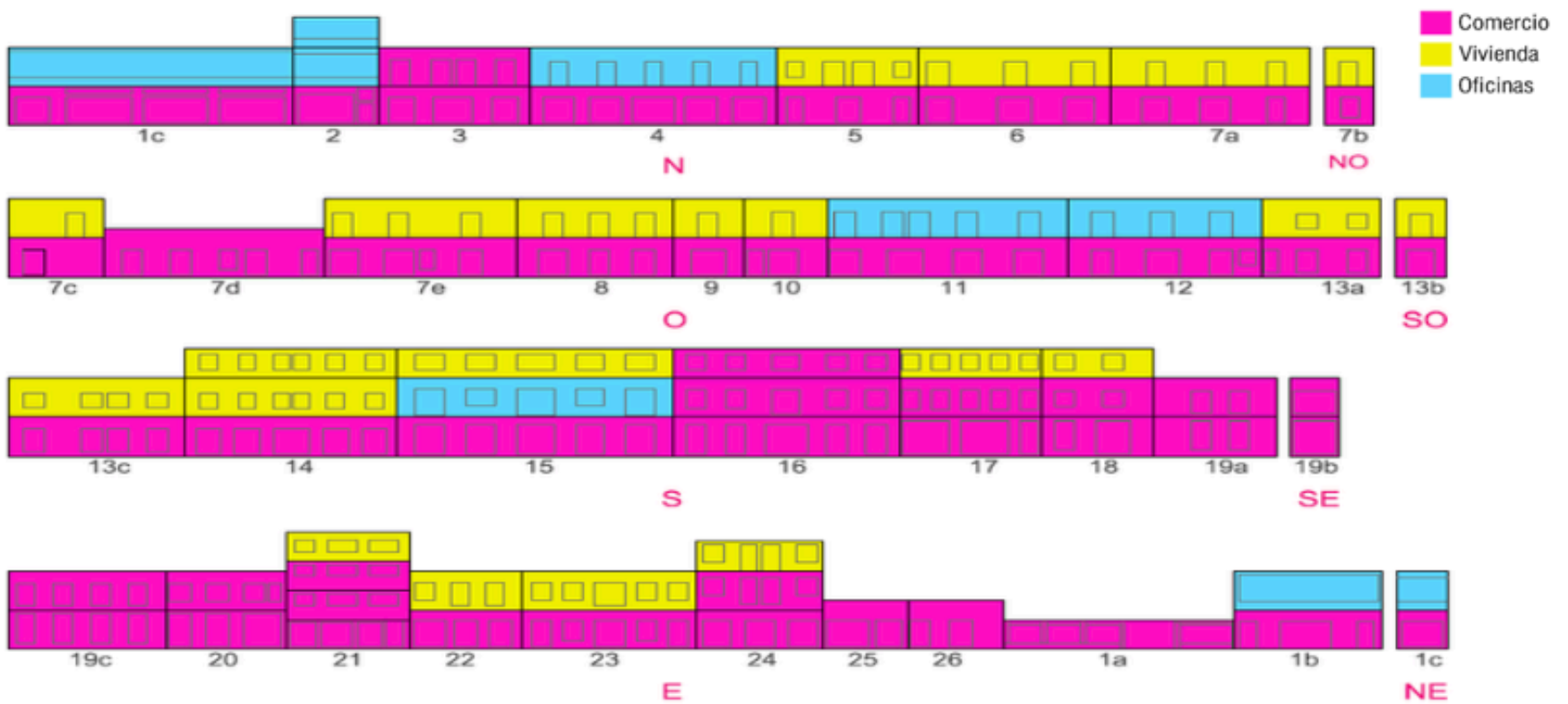
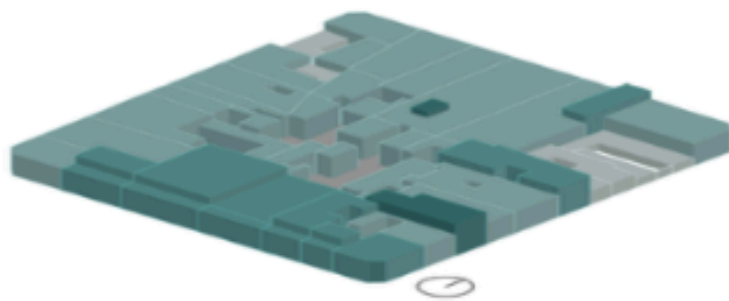


Figura 9

Esquema metodológico del análisis morfológico y de usos

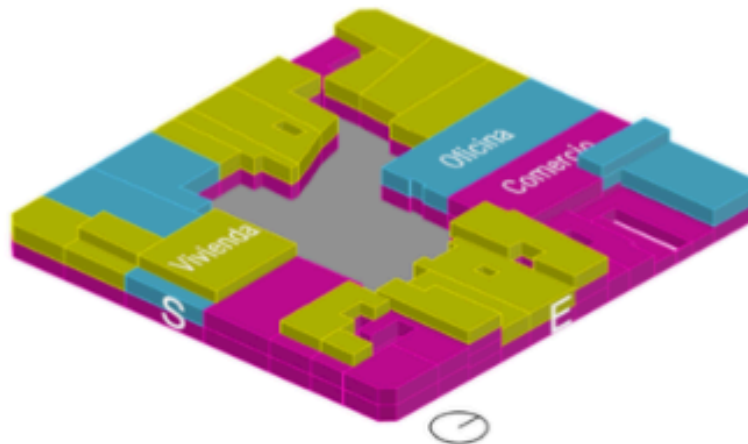
Altura



Número de Pisos



Usos



Clasificación



Cañón Urbano



Alto de edificaciones/ancho de calle



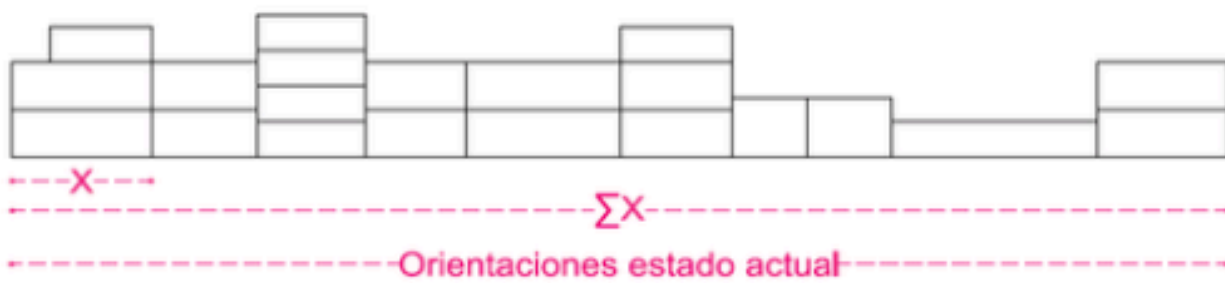
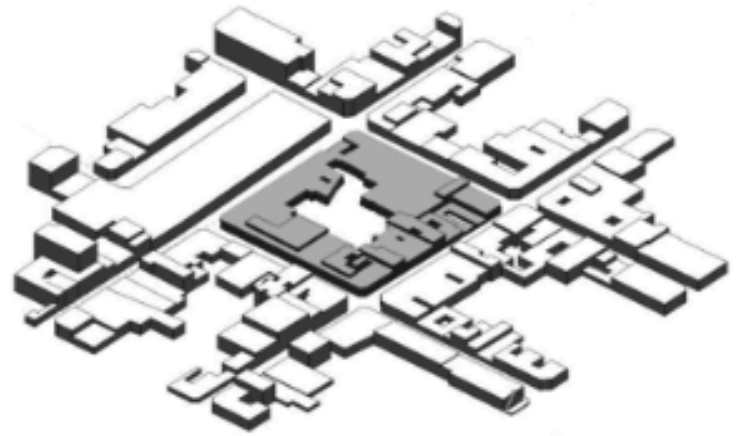
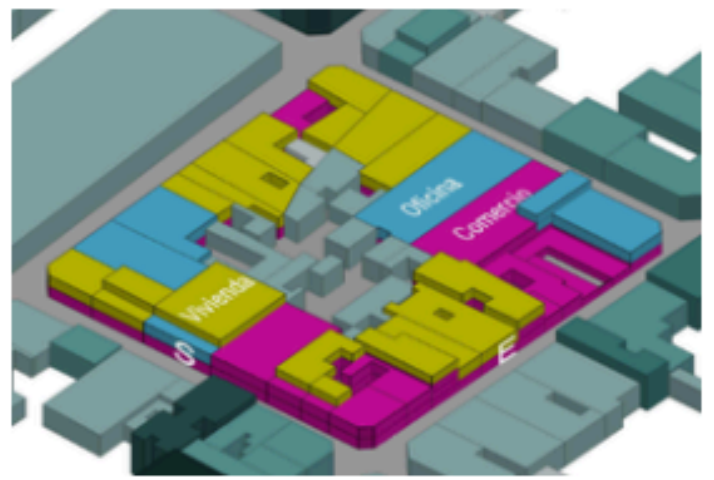
2.3. Definición morfológica para simulación de escenarios

Los volúmenes a estudiar se modelaron en AutoCAD 2014 y se importaron a Heliodon 2™; en éstos se conservó las proporciones de ancho y largo de manzana, de calles y de la altura de edificaciones. Para introducir las variables espaciales se realizó una simplificación en donde se consideran únicamente los volúmenes de edificio que se ubican hacia la calle. Los volúmenes del centro de manzana no se tomaron en cuenta al obtener el potencial solar ni para densificar, dado que éstos se han construido de manera irregular. Además, por cuestiones de accesibilidad solar o ventilación, estos no se deberían densificar.

En el modelo se mantuvo las proporciones de cañón urbano, pero dadas las irregularidades en altura de los edificios, los radios de alto de edificio/ ancho de las calles, son valores aproximados. La figura 10., muestra el cañón urbano de uno de los tramos considerados, la morfología del sector modelada en AutoCAD, y la simplificación volumétrica ingresada en Heliodon 2©.

Figura 10

Imágenes del cañón urbano existente, esquemas simplificados para modelo de simulación y variables consideradas



El software que se utilizó para el estudio fue Heliodon 2 TM, éste permite obtener valores teóricos de radiación directa en kWh/m² (Beckers, B., & Masset, L, 2009).

Con base en el programa usado, los resultados se presentan en unidades de kWh/m²/día; para obtener esta unidad, la simulación se calculó en el periodo de un año y se dividió para 365 días. Este proceso se consideró pertinente porque las condiciones climáticas y geográficas del contexto, en donde los parámetros climáticos muestran que la fluctuación anual de temperatura de 1.5 °C, determinan que no existan periodos de tiempo durante el año en que se necesite captación o protección solar preferente.

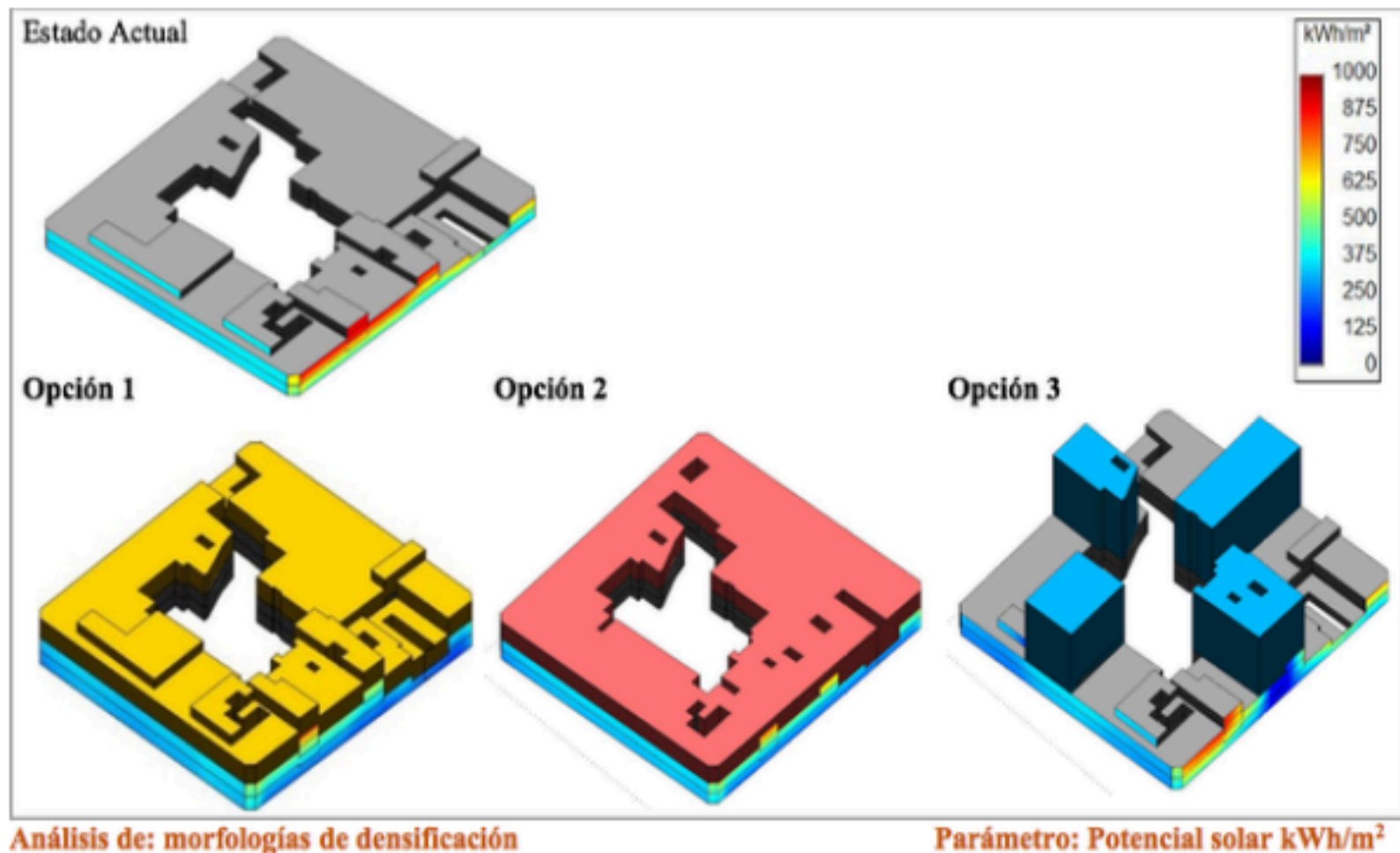
Las condiciones geográficas para una latitud de 4°S, a una altura de 2,100 msnm, determinan que, para cada día del año, sin considerar la nubosidad del cielo o las reflexiones del entorno, la radiación solar proveniente del Este y el Oeste permanecen constantes; mientras que, las orientaciones Norte y Sur reciben radiación de mayor fluctuación. La altitud solar en las direcciones Norte y Sur a medio día en el periodo de un año fluctúa 7°, variando de 63° el 21 de junio a 70° el 21 de diciembre (Heliodon 2 TM), aunque ambos ángulos de incidencia solar se acercan a la perpendicularidad, el 21 de junio es el día en el que la proyección de sombras sería más crítica.

Los parámetros geográficos ingresados en el simulador fueron: la altura del sitio, 2.100 msnm, la latitud 4° S, y los periodos de tiempo de interés.

Así se establecieron cuatro modelos para simular y obtener datos de radiación; el primero fue el estado actual; el segundo, denominado opción 1 en donde se incrementa dos niveles conservando la irregularidad de altura de edificaciones; el tercero, denominado opción 2 en la que se densifica uniformizando la altura de edificaciones; el cuarto, denominado opción 3 en la que se puntualiza la densificación aumentando la altura de edificaciones específicas (acentuando la diferencia de alturas) (Ver figura 11).

Figura 11

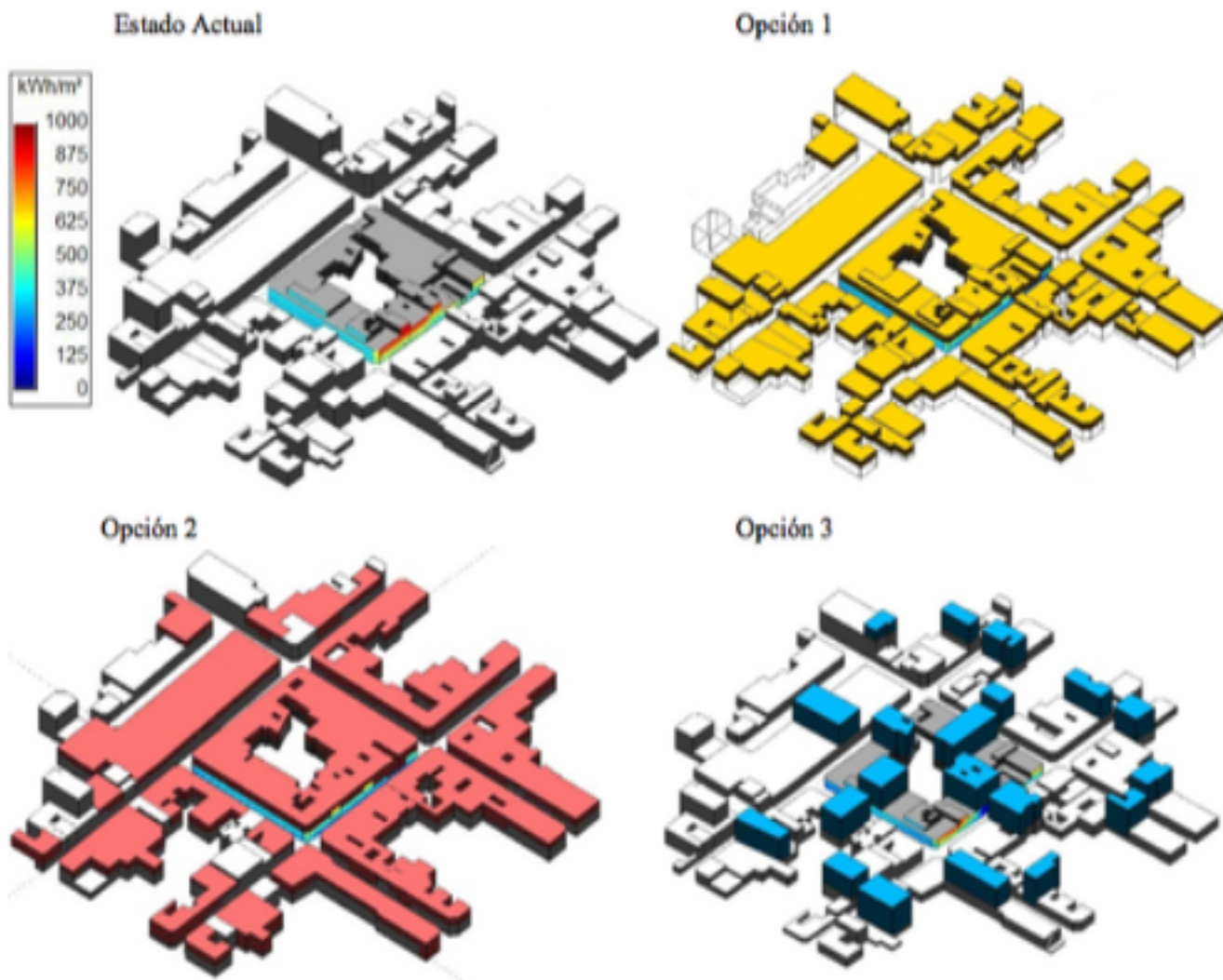
Esquema metodológico de la definición morfológica y simulación de escenarios



3. Resultados

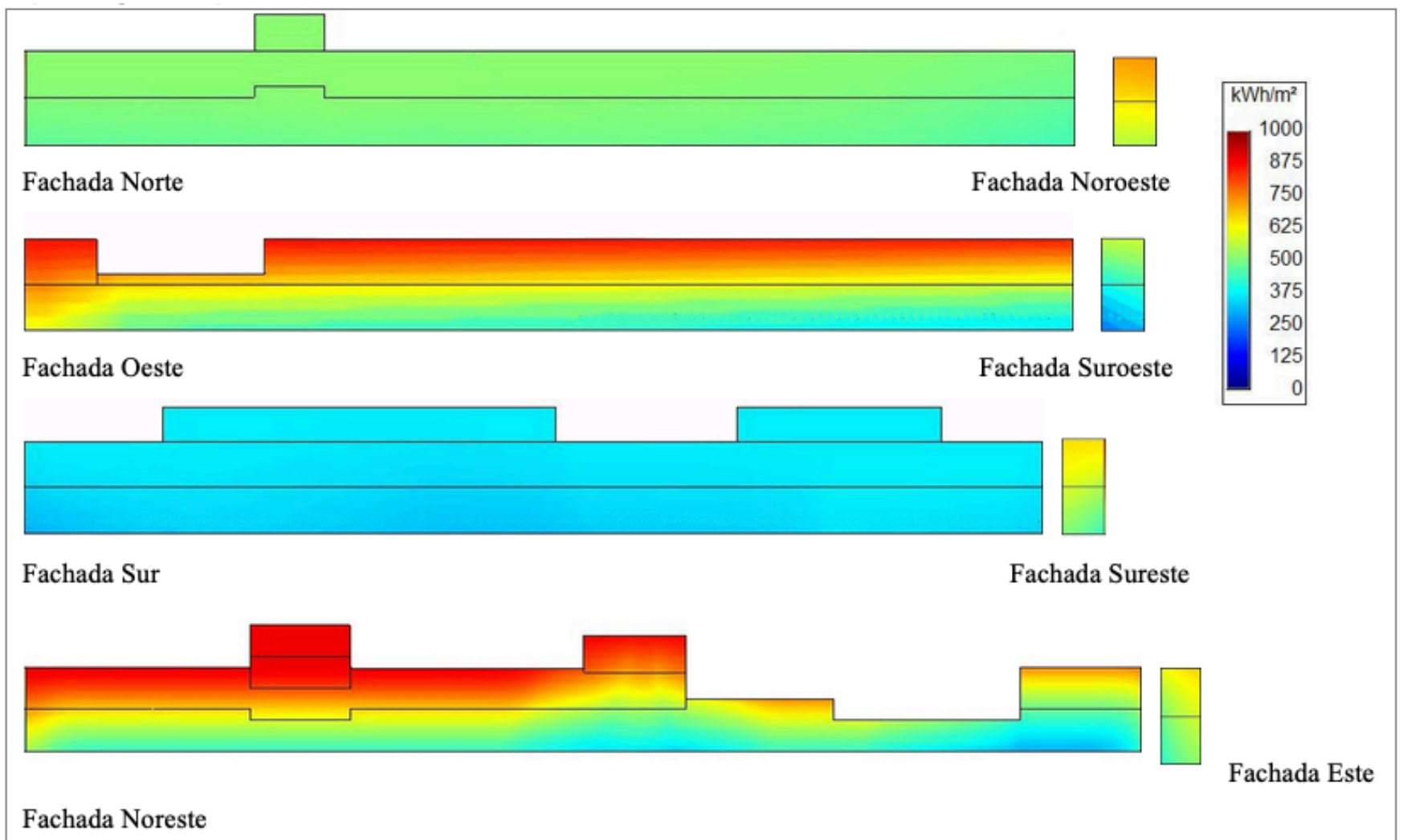
Este apartado resume los datos de acceso solar para las opciones propuestas. Éstos se exponen a través de modelos tridimensionales en donde se puede visualizar la configuración volumétrica de los edificios y de las manzanas. El acceso solar se observa a través de cuatro tipos de gráfico. El primer tipo es un gráfico exportado de Heliodon 2 TM que ofrece una visualización general del potencial solar en las fachadas exteriores de la volumetría analizada. Los valores son renderizados para un periodo anual y se pueden estimar en kWh/m² a partir de una barra que asigna los valores a través de colores (Ver figura 12).

Figura 12
Potencial Solar



El segundo gráfico es una ampliación del anterior, en donde se puede observar con mayor detalle el potencial solar captado en las fachadas de la manzana, aquí se tomaron en cuenta ocho orientaciones que incluyeron: Norte, Noroeste, Oeste, Suroeste, Sur, Sureste, Este, y Noreste (Ver figura 13).

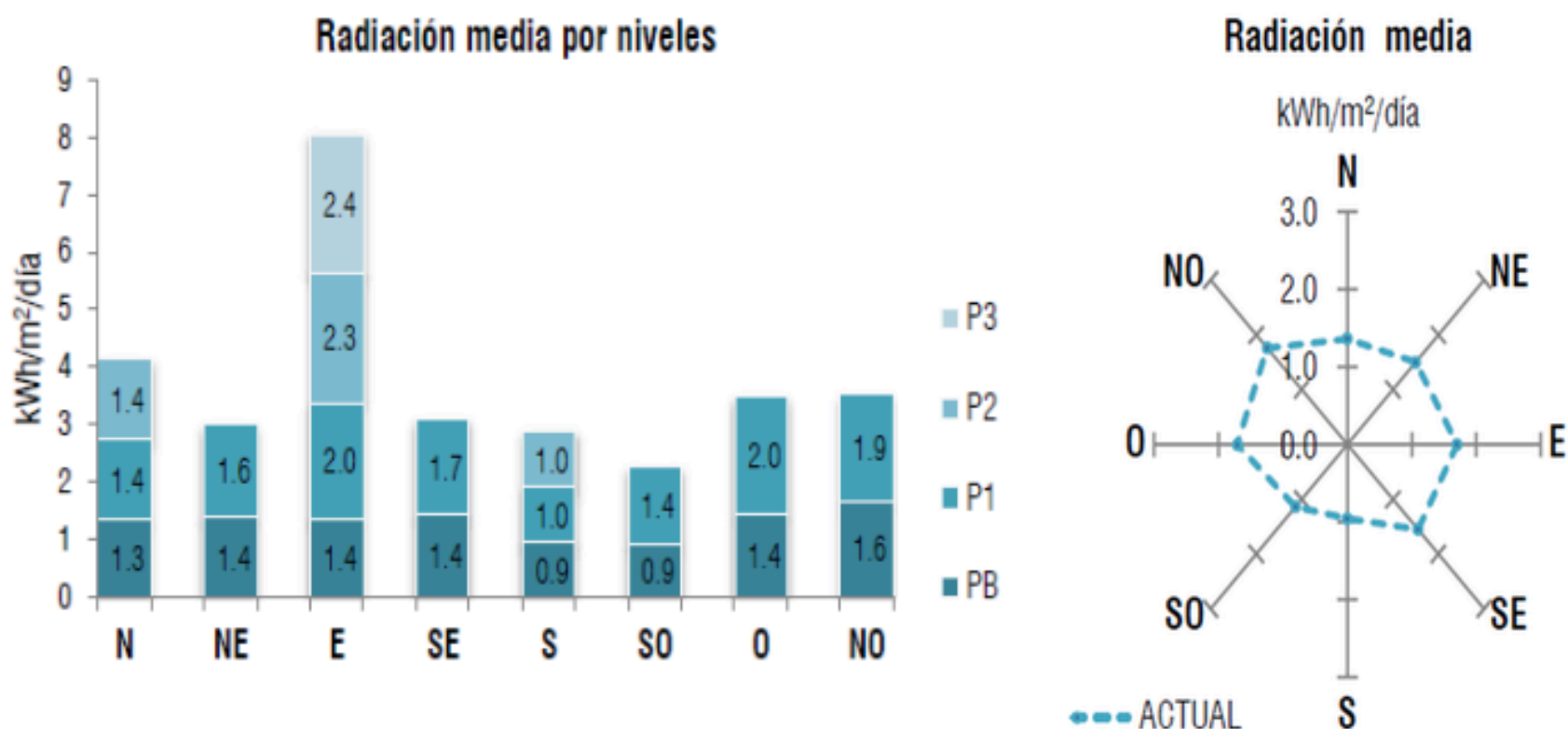
Figura 13
Radiación directa en fachadas 2TM



El tercer tipo de gráfico muestra la información extraída de las simulaciones en Heliodon 2TM, y presenta valores de potencial solar en las ocho direcciones estudiadas por nivel en

kWh/m²/día; el cuarto y último tipo de gráfico es una rosa de orientación que presenta valores globales anuales de potencial solar en cada fachada en el periodo de un día (Ver figura 14).

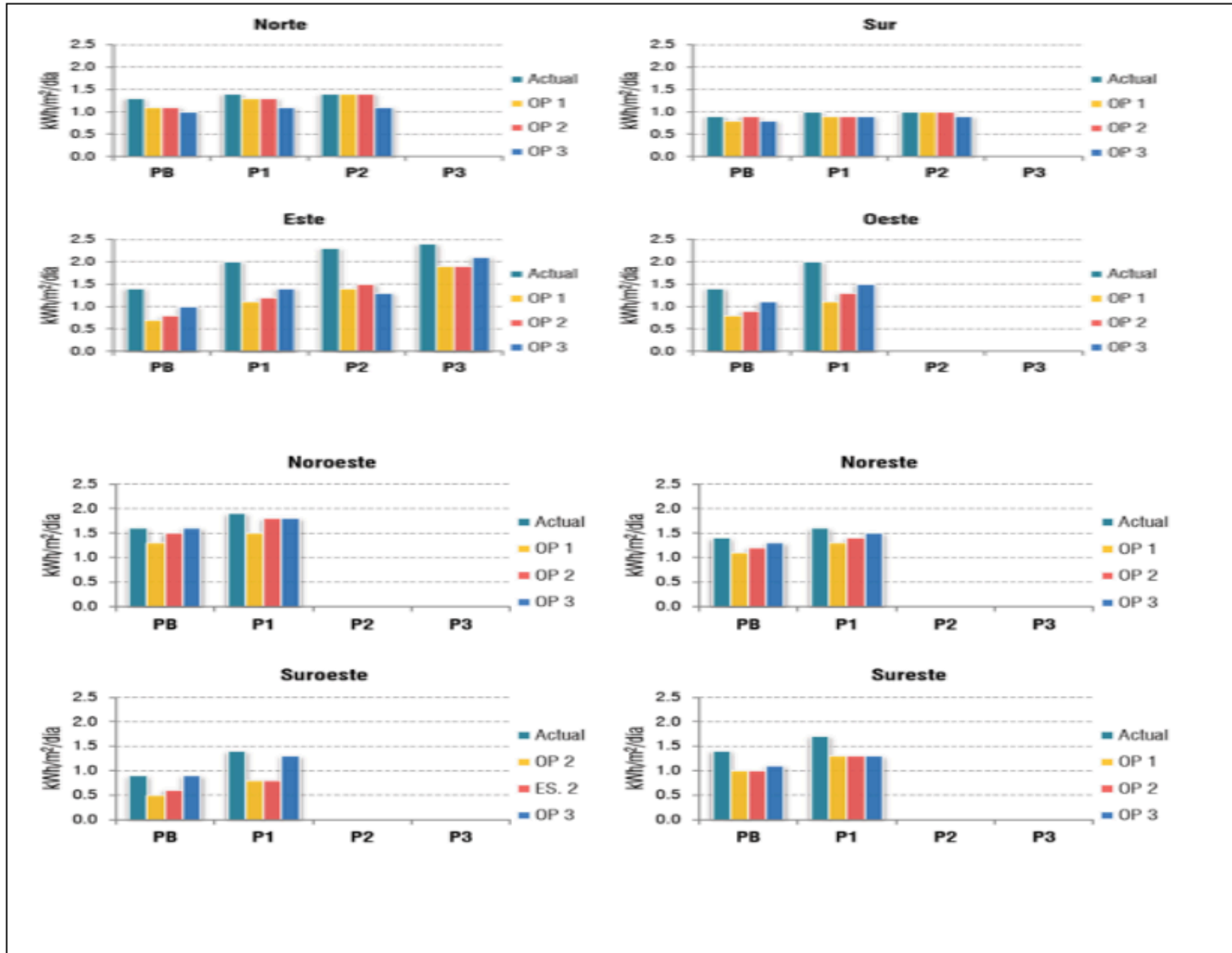
Figura 14
Radiación media por niveles y radiación global anual de la manzana en estado actual



3.1. Comparación de reducción de potencial solar para las diferentes opciones propuestas

Los resultados de potencial solar por niveles indican que una colmatación vertical uniforme permite a las fachadas existentes orientadas a Norte y Sur disminuir un porcentaje bajo de captación. En estas dos orientaciones, la reducción de captación es menor a 0.5 kWh/m²/día. En las fachadas Este y Oeste la tendencia a mantener los valores más altos de captación se da en la propuesta de colmatación en bloques; por otro lado, en las mismas orientaciones la captación se reduce considerablemente, aproximadamente 2 kWh/m²/día, como se da en el caso de la primera planta. De manera general las opciones de colmatación que reducen menos de 1 kWh/m²/día la captación son las fachadas orientadas noroeste, noreste, suroeste y sureste. La tendencia a mantener los valores más elevados es dada por la opción 3, colmatación puntual, seguida por la colmatación uniforme y después la equitativa. Dentro de este apartado se puede resumir que los escenarios más favorables para mantener la captación aproximada a la original en los diferentes niveles son: en primer lugar, la colmatación en bloques (OP3), seguida de la colmatación uniforme (PO2) (Ver figura15).

Figura 15
Valores de radiación solar por niveles para cada escenario propuesto Actual- Estado Actual; OP 1



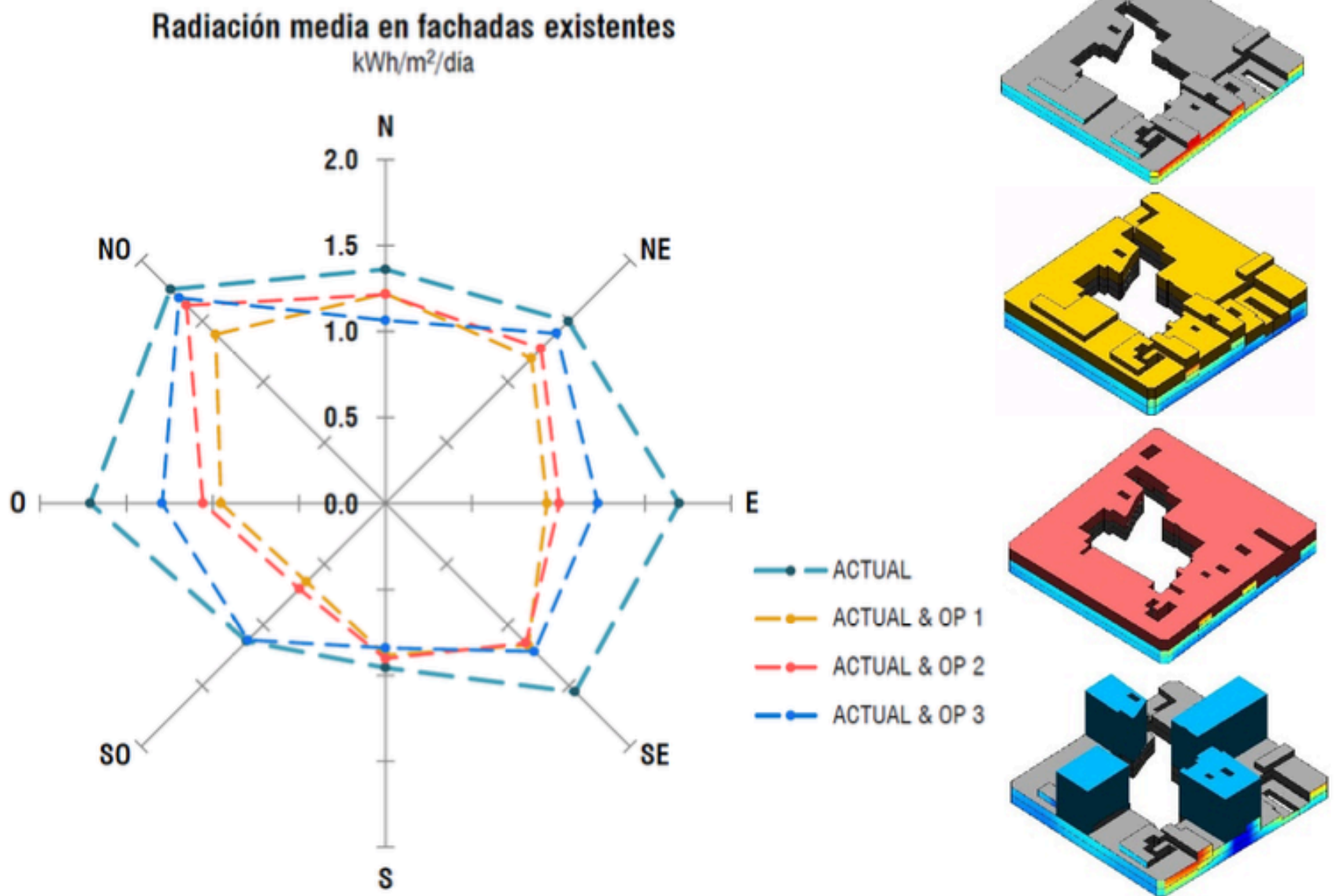
- Escenario 1; OP 2-Escenario 2; OP 3- Escenario 3; PB-Planta Baja; P1-Primera Planta Alta; P2-Segunda Planta Alta; P3-Tercera Planta Alta

3.2. Comparación reducción de potencial solar global

Para el análisis de reducción de potencial solar se utiliza un gráfico radial, figura 16., que resume la disminución de captación solar que cada intervención de densificación ejerce sobre las fachadas. Partiendo del estado actual, se observa que la captación se reduce en orden de menor a mayor por la colmatación en bloques (OP3), seguida por la uniforme (OP2) y luego la equitativa (OP1). Se ve que todas las intervenciones tendrían las mayores repercusiones en las orientaciones Este y Oeste. En el Suroeste se dan las reducciones más importantes de captación, especialmente con las propuestas de colmatación equitativa y uniforme, debido a que estas dos propuestas incrementan la altura de edificación sobre las construcciones actuales existentes, y por lo tanto incrementando las obstrucciones solares en esta dirección. Las fachadas orientadas, al Noroeste, Noreste, Sureste y Suroeste se ven beneficiadas de una densificación puntual debido a que no existiría incremento de niveles edificados y sus respectivas obstrucciones.

Figura 16

Reducción de radiación solar al incrementar la densidad actual con los tres escenarios propuestos



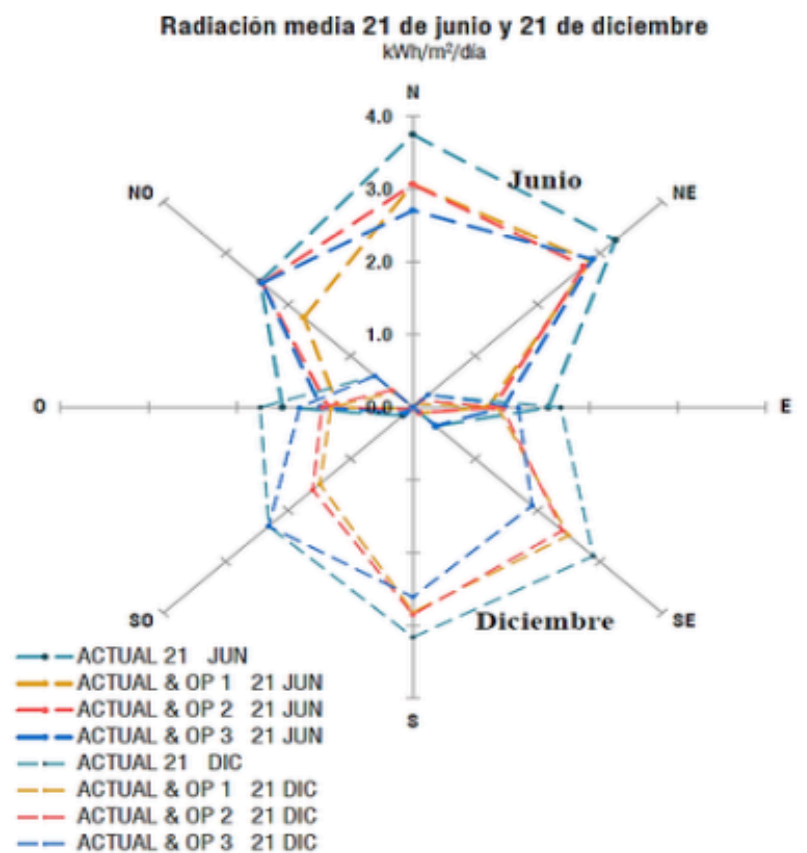
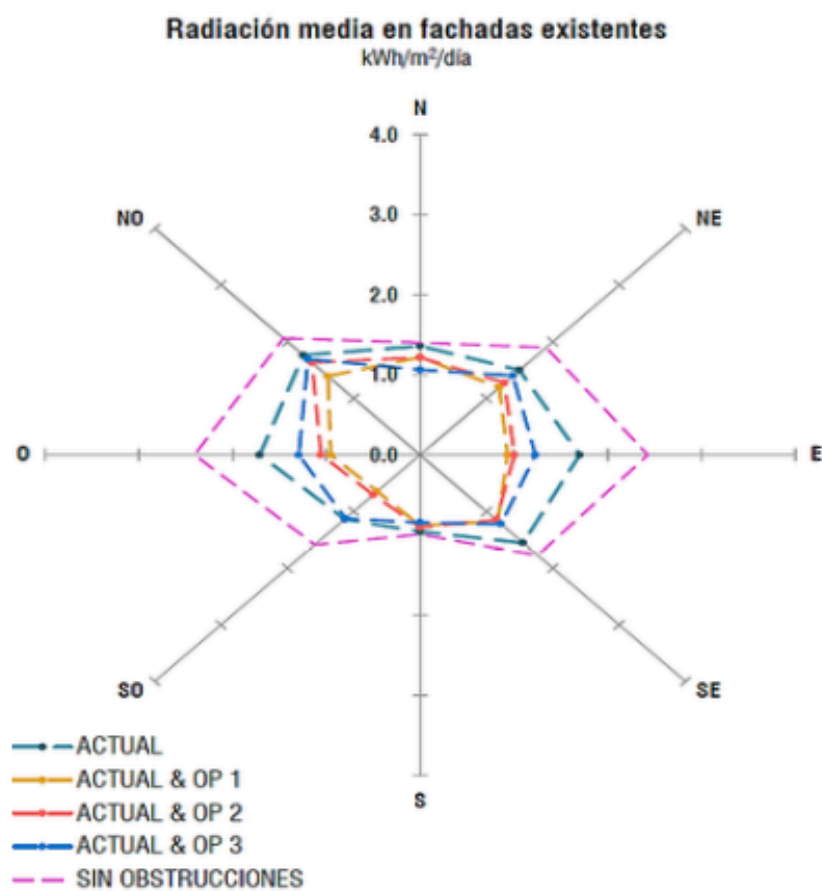
Actual- Estado Actual; OP 1- Escenario 1: colmatación equivalente;
 OP 2-Escenario 2: colmatación homogénea; OP 3- Escenario 3: colmatación puntual.

3.3. Comparación de sombreamiento

En este apartado se analiza como las sombras generadas por el contexto y la ubicación geográfica afectan la captación solar a lo largo del año. Partiendo de un escenario sin obstrucciones, el máximo potencial para las fachadas existentes alcanzaría 2.4 kWh/m²/día aproximadamente, y sería en las direcciones Este y Oeste, las que se han reducido en aproximadamente un 30%, alcanzando en el estado actual un valor de 1.7 kWh/m²/día. En el otro extremo, el mayor sombreamiento se da el 21 de junio, debido a que el sol alcanza su menor altitud, en este caso la captación en Este y Oeste mantienen valores constantes cercanos a 1.7 kWh/m²/día, sin embargo, se observan fluctuaciones importantes en las orientaciones Noreste, Norte y Noreste alcanzando valores de 2.4, 3.8, y 3.2 kWh/m²/día respectivamente. El 21 de diciembre, presenta una inclinación solar 70°, en donde se observa una tendencia simétrica de la orientación Sur con respecto al Norte, pero con una leve diferencia en valores de captación en este caso las orientaciones Suroeste, Sur y Sureste, alcanzan niveles de captación en el orden de 2.2, 3,1, y 2,9 kWh/m²/día respectivamente. Los porcentajes de disminución de potencial solar pasivo, con respecto al estado actual que ejercería cada morfología son del 16, 23 y 28% correspondiendo a las opciones de colmatación puntual, uniforme y equitativa respectivamente (Ver figura 17).

Figura 17

Radiación solar: media anual y días 21 de junio y 21 de diciembre.
 Simulación para la situación actual y los tres escenarios propuestos



3.4. Aplicación a nivel urbano: esquema de densificación

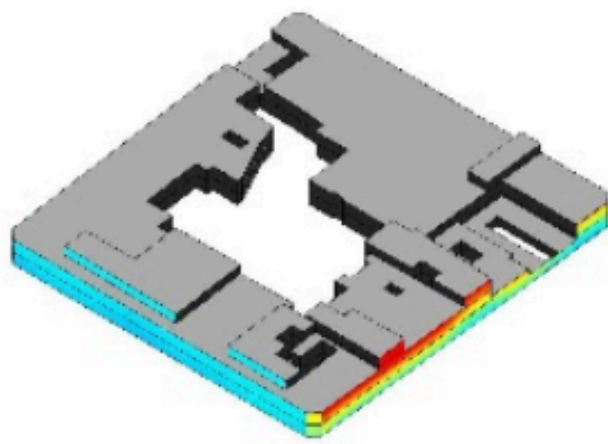
Cada una de las tres opciones de densificación estudiadas está propuesta para incrementar una edificabilidad del 150%. El área de incremento de techo que este porcentaje representa en la muestra analizada es de aproximadamente 14.000 m². Para alcanzar un valor significativo a escala de ciudad se ha proyectado esta intervención a las nueve manzanas del área de influencia estudiada. Nueve manzanas de intensificación representan 12.6 manzanas de una hectárea.

Datos del gobierno de local señalan que la ciudad presenta un crecimiento disperso, con un promedio de 4.3 viviendas por hectárea, en el bloque de estudio se contabilizaron aproximadamente 12 viviendas por hectárea.

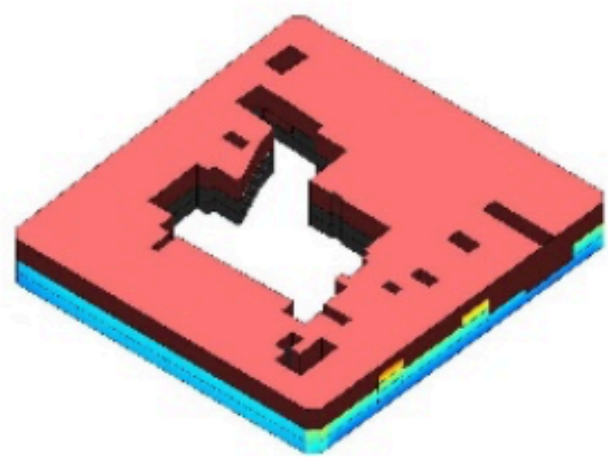
Las tres alternativas a este patrón de expansión estudiadas son: la colmatación vertical equitativa, uniforme y puntual. Las posibilidades mencionadas, además de cambios formales, tendrían efectos sobre los niveles de acceso solar. Por ejemplo, al proponer la aplicación de la colmatación que genera uniformidad en la altura de fachadas, se pueden proyectar las siguientes repercusiones en la ciudad.

Al aumentar la densificación vertical se puede rescatar un área de 13.900m², para alivianar la urbanización. Debido a que la vivienda es el uso que genera mayor dispersión, sería válido dedicar a este uso parte del área disponible para densificar (Ver figura 18).

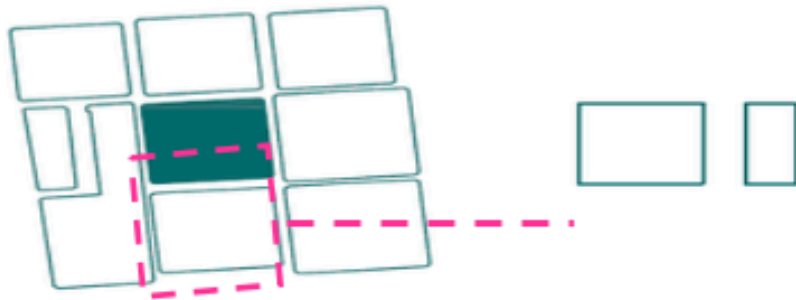
Figura 18
Usos de suelo y expansión de la ciudad



Estado actual

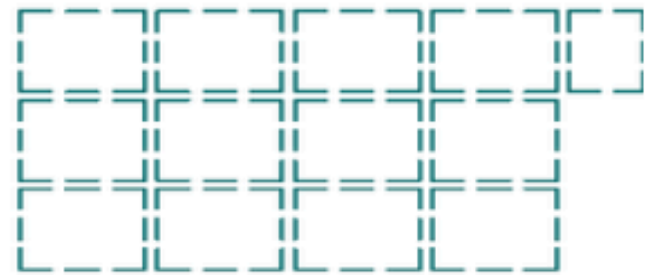


Opción 2: Densificación Uniforme



Área original de manzana: 1ha

Área rescatada para densificación: 1.4ha

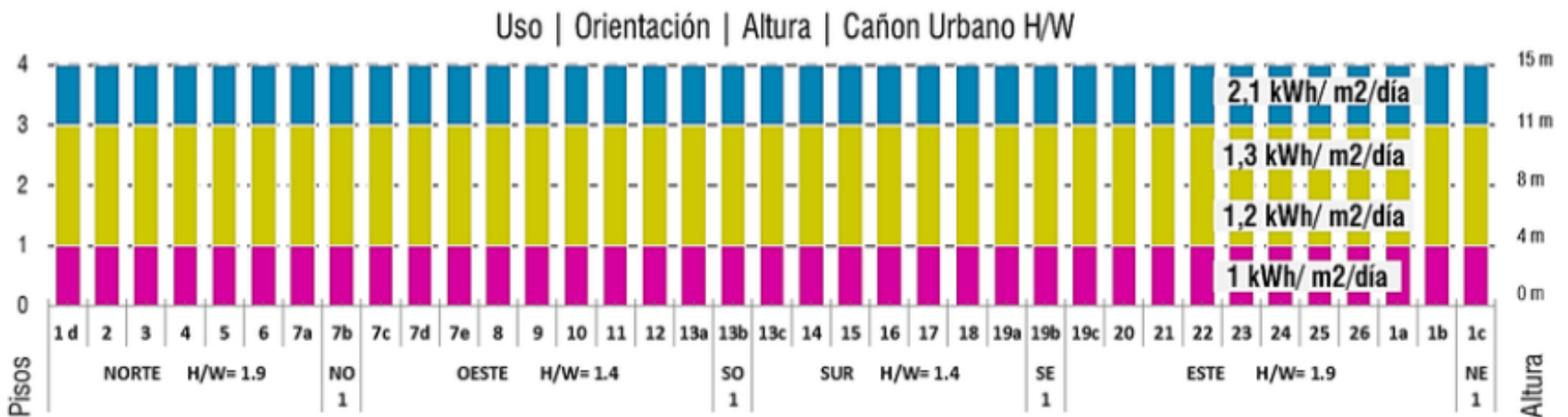


Densificación aplicada en el área de incidencia: 12.6 manzanas

Con respecto al acceso solar disponible para los nuevos usos, a nivel general en una manzana con esta morfología se reduciría el potencial solar en un 22%. Por niveles, la reducción de acceso solar en planta baja, primera planta, segunda y tercera sería del 23%, 25%, 19% y 21% respectivamente (Ver figura 19).

Figura 19

Acceso solar por niveles para la Opción 2 de morfología y densificación



4. Conclusiones

En la ciudad de Loja, la trama analizada pertenece a una configuración de ciudad colonial del siglo XVI, en donde uno de los aspectos tomados en cuenta para asentarse era el acceso solar. Mediante un análisis teórico se ha demostrado que un incremento equivalente de densidad, para promover la compacidad, se pueden lograr a través de varias configuraciones formales y que cada configuración determina distintos porcentajes acceso solar. Las alternativas propuestas indican de manera general que el incremento vertical de edificación reduce el potencial solar en fachadas. Pero al considerar las irregularidades en altura, se observan secciones -de una misma fachada y nivel- con rangos variados de radiación.

Una intervención puntual, que acentúa la diferencia en altura de fachadas, genera valores extremos de radiación directa; mientras que una intervención que homogeneiza las alturas, equilibra también el acceso solar directo en zonas que se encuentran en un mismo nivel y orientación. Al cambiar la altura, la morfología presenta características verticales de

equivalencia, homogeneidad e irregularidad, que tienen influencia en el acceso solar.

Al incrementar a los edificios existentes un mismo número de plantas, se genera la mayor tasa de reducción de potencial solar en fachadas. Esto se da debido a que no se hace una distinción entre las edificaciones que en su estado actual generan ya un sombreado significativo. Y al incrementar su altura, dicho sombreado se acentúa, reduciendo el ingreso de radiación directa, especialmente en las zonas que en un principio ya poseían un escaso acceso solar.

Uniformizar la altura de las edificaciones genera una tasa de reducción de potencial solar media. Cada nivel de fachada capta una radiación directa homogénea, pero se crean diferencias significativas entre los niveles altos y los bajos. Esta opción favorece el acceso solar en los niveles incrementados que se ubican al frente de edificios que, por poseer la altura requerida para uniformizar el bloque, no se les incrementa la altura.

La densidad que intensifica la irregularidad en altura, es la opción que ofrece la menor tasa de reducción de potencial solar en fachada. Esta intensificación presenta características particulares, difíciles de generalizar. Por una parte, la intervención genera obstrucciones significativas en las secciones de fachada opuestas a edificios densificados; por otra, las zonas que están fuera del alcance de área de sombra generada por la volumetría de densificación, mantienen valores de radiación solar directa, cercanos a los originales o en estado actual.

El área de extensión territorial que se puede alivianar al igual que el porcentaje de edificabilidad propuesto, permanece constante para cada una de las opciones planteadas.

Considerando los usos que generan mayor dispersión en la ciudad, como es el caso de vivienda, se puede proponer la reubicación de los mismos tanto en planta como en elevación a nivel de urbe. En el plano horizontal, acentuando la ocupación de zonas consolidadas de la ciudad; y en el plano vertical, ubicando unidades habitables en niveles que proporcionen energía solar pasiva acorde a los requerimientos energéticos.

Estas estrategias significarían a la ciudad una reducción en la demanda de recursos energéticos invertidos en la distribución de servicios básicos y en la requerida en el interior de las edificaciones

Referencias bibliográficas

- Agencia Internacional de Energía. (2016). *EIA Beta*. Recuperado el 21 de 05 de 2016, de <http://www.eia.gov/beta/international>
- Beckers, B., Muñoz, D., & Nahon, R. (04 de 2016). *Manual de Usuario de Heliodon Plus*. Recuperado el 25 de 05 de 2016, de <http://www.heliodon.net/heliodon/index.html>
- Beckers, B., & Masset, L. (09 de 2009). *Heliodon 2*. Recuperado el 28 de 05 de 2016, de Guia del Usuario: http://heliodon.net/downloads/Heliodon2_User_Guide_2009_es_02_11.pdf
- Curreli, A., & Coch Roura, H. (2013, February 1). Urban layout and façade solar potential: a case study in the Mediterranean Region. *ACE: Architecture, City and Environment*. Centre de Política del Sòl i Valoracions - Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el 11 de 05 de 2016 de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/13010>
- DE OLIVEIRA, F. C. P., CASTANHEIRA, R. G., REZENDE, A. L. T., DE VASCONCELLOS, C. A. B., & DE SOUZA, R. O. L. (2017). Comparison of energy efficiency between a green cover and a fiber cement roof using computer simulation [Comparação da eficiência energética entre uma cobertura verde e um telhado de fibrocimento utilizando simulação computacional]. *Espacios*, 38(1). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013780915&partnerID=40&md5=c1a8315121d898e15e388452c37de86a>
- De Decker, K. (24 De 03 De 2012). *Low-Tech Magazine*. (D. LEE, Ed.) Recuperado el 28 de 04 de 2016, de <http://www.lowtechmagazine.com/2012/03/solar-oriented-cities-1-the-solar-envelope.html>
- Enciso, L., Zelaya, E., & Quezada-Sarmiento, P. A. (2018). Analysis and simulation of grammatical tools L-system and vlab to determine the level of growth of a plant. [Análisis y

- simulación de herramientas gramaticales: L-System y Vlab para determinar el nivel de crecimiento de una planta] *Espacios*, 39(23)
- INAMHI. (s.f.). *Publicaciones Meteorológicas*. Recuperado el 14 de 03 de 2016, de www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca
- Franco Medina, M. R. (2014). Acceso solar: estudio comparativo de acceso solar por el método descriptivo entre las ciudades: Jerusalén, Israel (31,8o Norte) y Bogotá, Colombia (4,5o Norte). Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el 21 de 05 de 2016 de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/24081>
- Jaramillo-Sangurima, W. E., Trokhimtchouk, T., & Quezada-Sarmiento, P. A. (2018). Systems of support for the planning, programming, operation and administration of the smart urban public transport service: Case study city of Loja. Paper presented at the Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, , 2018-June 1-7. doi:10.23919/CISTI.2018.8399265
- Kachadorian, J. (2006). *The Passive Solar House*. White River Junction: Chelsea Green.
- Mardaljevic, J. (2005). Quantification of Urban Solar Access. En M. JENKS, & N. DEMPSEY, *Future Forms and Design for Sustainable Cities* (págs. 371-381). Burlington: Architectural Press.
- Municipio De Loja. (2008). *Plan de Ordenamiento Urbano de Loja*.
- Naciones Unidas, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2014). Recuperado el 21 de 05 de 2016, de unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf
- OJEDA CAMARGO, E., CANDELO BECERRA, J. E., & SILVA-ORTEGA, J. I. (2017). Solar and wind energy potential characterization to integrate sustainable projects in native communities in La Guajira Colombia [Caracterización de los potenciales de Energía Solar y Eólica para la integración de Proyectos sostenibles en Comunidades Indíg. *Espacios*, 38(37).
- NG, E. (2012). Dense Cities in the Tropical Zone. En B. BECKERS (Ed.), *Solar Energy at Urban Scale* (págs. 259-261). London: ITSE.
- PNUMA, Municipio de Loja, & NCI. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja*. Recuperado el 14 de 05 de 2016 de: [://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo Loja.pdf](http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf)
- Palmer, H. (2014). Understanding density. En H. PALMER (Ed.), *Access to Resources an Urban Agenda* (2014 ed., pág. 230). Baunach, Germany.
- Paulesco, M., & Badescu, V. (2012). Territorial and Urban Measurements. En B. BECKERS (Ed.), *Solar Energy at Urban Scale* (págs. 13-15). London: ISTE.
- Quezada-Sarmiento, P. A., Chango-Cañaveral, P. M., Benavides-Cordova, V. M., Ramirez-Coronel, R. L., & Enciso, L. (2017). System monitoring for bridges structure. [Desarrollo de un Sistema de Monitoreo para estructuras de puentes] *Espacios*, 38(61)
- Quezada-Sarmiento, P. A., Garbajosa, J., Washizaki, H., & Enciso, L. (2017). Knowledge description model for bodies of knowledge in software engineering context. Paper presented at the Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, doi:10.23919/CISTI.2017.7976058
- Quezada-Sarmiento, P. A., Enciso, L., Mayorga-Diaz, M. P., Mengual-Andres, S., Hernandez, W., Vivanco-Ochoa, J. V., & Carrion, P. V. -. (2018). Promoting innovation and entrepreneurship skills in professionals in software engineering training: An approach to the academy and bodies of knowledge context. Paper presented at the IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, , 2018-April 796-799. doi:10.1109/EDUCON.2018.8363312
- Strømman-Andersen, J., & Sattrup, P. A. (2011). The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. *Energy and Buildings*, 43(8), 2011–2020. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.04.007>
- Sijmons, D., Hugtenburg, J., Feddes, F., & Van Hoorn, A. (2014). Past, Present and Future. En *Landscape and Energy Designing Transition* (2014 ed., págs. 34-37). Rotterdam, Países Bajos: nai010.
- U.S Census Bureau. (2016). *United States Census Bureau*. Recuperado el 13 de 09 de 2016,

de <http://www.census.gov/popclock/world>

VANEGAS, M., CHURIO, O. E., VALENCIA, G., VILLACAÑA, E., & OSPINO, A. (2017). Cálculo de las radiaciones total, directa y difusa a través de la transmisibilidad atmosférica en los departamentos del Cesar, La Guajira y Magdalena (Colombia). *Espacios*, 38(7), 3. Retrieved from <http://www.revistaespacios.com/a17v38n07/17380703.html>

Vigliocco, M. A. (2008). *Blogs de la Cátedra de la UNPL*. Recuperado el 29 de 04 de 2016, de <http://blogs.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-16->

1. Docente Investigadora. Departamento de Arquitectura. Universidad Internacional del Ecuador
masalasc@uide.edu.ec

2. Master en Ciencias y Tecnologías de la Computación, Docente Investigador -Director de Investigación y Posgrados, Universidad Internacional del Ecuador, Escuela de Informática y Multimedia, paquezadasa@uide.edu.ec

3. Profesora. Departamento de Representación Arquitectónica de la Universitat Politècnica de Catalunya, Av. Diagonal 649,08028. Barcelona, España, isabel.crespo@upc.edu

4. Docente Investigadora. Departamento de Arquitectura. Universidad Internacional del Ecuador. vavelezal@uide.edu.ec

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 40 (Nº 04) Año 2019

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]