



ARQUITECTURA NATURAL. LA MATERIALIDAD COMO APORTE AL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL PERIURBANO DE MAR DEL PLATA

Agustín L. TERRA LOREDO

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)
aterraloredo@gmail.com

Laura ISABEL ROMERO

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)
arq.lauraisabelromero@gmail.com

Recibido: 30 de septiembre del 2022

Enviado a evaluar: 3 de octubre del 2022

Aceptado: 22 de diciembre del 2022

RESUMEN

El presente artículo tiene como propósito dar a conocer avances sobre una investigación que tiene como objetivo identificar las técnicas y tecnologías de construcción natural en un sector del área periurbana de Mar del Plata. La construcción natural emerge como respuesta a la creciente crisis ambiental y de habitabilidad de nuestras ciudades. La advertencia de la falta de un conocimiento sistematizado sobre el comportamiento de los materiales empleados se presenta como una problemática para la planificación de las ciudades. La metodología fue descriptiva desarrollada a partir de la observación, relevamiento, registro y análisis de las propuestas de construcción relevadas dentro del sector de estudio perteneciente al periurbano de la ciudad. Los resultados obtenidos permitieron conocer la materialidad, las resoluciones tecnológicas y el funcionamiento de las envolventes. Este trabajo constituirá un aporte al conocimiento disciplinar como así también, al desarrollo de políticas públicas para la planificación de ciudades sostenibles.

Palabras clave: Arquitectura Natural, materialidad, desarrollo sostenible.

NATURAL ARCHITECTURE. MATERIALITY AS A CONTRIBUTION TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE SUBURBAN MAR DEL PLATA

ABSTRACT

The purpose of this article is to present advances on a research that aims to identify the techniques and technologies of natural construction in a sector of the peri-urban area of Mar del Plata. Natural construction emerges as a response to the growing environmental and habitability crisis in our cities. The warning of the lack of systematized knowledge about the behavior of the materials used is presented as a problem for city planning. The methodology was descriptive developed from the observation, survey, registration and analysis of the construction proposals surveyed within the study sector belonging to the peri-urban area of the city. The results obtained allowed to know the materiality, the technological resolutions and the operation of the envelopes. This work will constitute a contribution to disciplinary knowledge as well as to the development of public policies for the planning of sustainable cities.

Keywords: Natural Architecture, materiality, sustainable development.

ARCHITECTURE NATURELLE. LA MATÉRIALITÉ COMME CONTRIBUTION AU DÉVELOPPEMENT DURABLE DE LA BANLIEUE DE MAR DEL PLATA

RÉSUMÉ

Le but de cet article est de présenter les avancées d'une recherche qui vise à identifier les techniques et technologies de construction naturelle dans un secteur de la zone périurbaine de Mar del Plata. La construction naturelle apparaît comme une réponse à la crise croissante de l'environnement et de l'habitabilité de nos villes. L'avertissement du manque de connaissances systématisées sur le comportement des matériaux utilisés est présenté comme un problème pour l'urbanisme. La méthodologie a été descriptive développée à partir de l'observation, de l'enquête, de l'enregistrement et de l'analyse des propositions de construction étudiées dans le secteur d'étude appartenant à la zone périurbaine de la ville. Les résultats obtenus ont permis de connaître la matérialité, les résolutions technologiques et le fonctionnement des enveloppes. Ce travail constituera une contribution aux connaissances disciplinaires ainsi qu'à l'élaboration de politiques publiques d'aménagement de la ville durable.

Mots-clés: Architecture naturelle, matérialité, développement durable.

1. INTRODUCCIÓN

Las tendencias mundiales y regionales en materia de urbanización y crecimiento de las ciudades colocan al tema urbano en un lugar destacado de la agenda pública. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) manifiesta que más de un 54 % de la población mundial vive en ciudades, y se espera que para el año 2045 la población urbana alcance los seis billones de personas, lo que representa al 66 % de la población mundial (Naciones Unidas, 2015).

La proporción de población urbana y rural, y las tendencias de urbanización varían notablemente de acuerdo con las regiones, siendo las más urbanizadas Norteamérica, América Latina y el Caribe y Europa, con porcentajes de población urbana superiores al 70 %. Las ciudades latinoamericanas están viviendo períodos de fuerte crecimiento demográfico, este fenómeno acompañado de una falta de planificación por parte de los Estados provoca ciudades muy desiguales en donde conviven urbanizaciones cerradas con barrios populares, déficit habitacional, falta de infraestructura de servicios, problemas de movilidad urbana, entre otros. Se verifica que el crecimiento de la mancha urbana es mucho menor al aumento de población, además que estos son inversamente proporcionales al porcentaje de densificación de las ciudades.

El crecimiento urbano expansivo y lineal, con bajas densidades y sin ningún patrón de planificación, conlleva consecuencias directas e inmediatas sobre el territorio; la ocupación de áreas naturales, zonas de riesgo, suelos de alto potencial agrícola, la contaminación de zonas de recarga acuífera y de fuentes de agua, son algunos de sus efectos (Acuña Araya, 2001, p.3).

La idea de desarrollo desde una perspectiva meramente economicista es interpelada y puesta en crisis frente a los cambios climáticos a los que se encuentra sometido el mundo. De acuerdo con Riechmann (1995), a partir del Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro futuro común", el concepto de desarrollo sostenible se generalizó como objetivo social deseado. Sin embargo, señala que, al igual que otros valores ideales (democracia, justicia social, libertad, etc.), se trata de un "concepto esencialmente discutible" y polémico.

Por otro lado, la Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo (1992) proclaman varios principios que tiene como eje el reconocimiento de la naturaleza integral. En ese sentido, plantean en la Declaración que: "Para alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente debe ser parte del proceso e desarrollo y no puede ser considerado por separado" (Principio 4).

La preocupación por vincular al desarrollo con otras formas de habitar las ciudades ha dado paso a propuestas sociales que instan a reconectarse con modos de vida que intenten acercarse a la naturaleza. En este sentido, Acosta (2015) plantea que:

El Buen Vivir asoma como una categoría en permanente construcción y reproducción. En tanto planteamiento holístico, es preciso comprender la diversidad de elementos a los que están condicionadas las acciones humanas que propician el Buen Vivir, como son el conocimiento, los códigos de conducta ética y espiritual en la relación con el entorno, los valores humanos, la visión de futuro, entre otros (p. 310).

En esa clave, para el Programa Argentina Urbana (PAU) tiene particular importancia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11 que convoca a trabajar en el diseño de políticas que ayuden a "lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles"; donde las acciones están enfocadas en los componentes que afectan a la sostenibilidad de las ciudades y las regiones, como la vivienda, el transporte, la planificación, el patrimonio cultural y ambiental, la reducción del riesgo de desastres, el impacto ambiental y los espacios públicos.

El propósito fundamental es lograr un territorio más justo y equilibrado a través del desarrollo de un sistema de asentamientos que se complementen entre sí, tanto en materia de equipamientos de salud, educación, vivienda, recreación, servicios institucionales y financieros, como en las posibilidades equitativas de desarrollo económico y social.

Particularmente, en el caso de Mar del Plata (ciudad cabecera del Partido de General Pueyrredón -Argentina-) según el censo 2010 contaba con 618.989 habitantes, siendo la misma una ciudad intermedia (Nueva Agenda

Urbana, 2016; Ciudades y Gobiernos Locales Unidos, 2020). Aunque aún no se conocen las cifras de habitantes del censo 2022, es posible evidenciar un crecimiento en la mancha urbana de la ciudad. Este crecimiento puede observarse en el periurbano marplatense, particularmente en la zona sureste donde encontramos algunas opciones de viviendas construidas a través de arquitectura natural.

Sin embargo, la advertencia de la falta de un conocimiento sistematizado sobre el comportamiento de los materiales empleados y normativas integrales se presenta como una problemática para la planificación y desarrollo de una ciudad sostenible.

En línea con Guimarães (2003) el concepto de sustentabilidad se entiende en cuatro dimensiones:

1. Una dimensión ecológica, que implica preservar la integridad de los procesos y los recursos naturales. 2. Una dimensión social y cultural, que promueve el mantenimiento del sistema de valores. 3. Una dimensión económica, tendiente a la gestión adecuada de los recursos 4. Una dimensión política, que privilegia la complementariedad entre los mecanismos de mercado y la regulación pública promovida como política de Estado (p.67).

En este caso y, coincidiendo con Fernández (et. al.) (1999), consideramos a la sustentabilidad ambiental como hilo conductor de todas las dimensiones. Por lo cual, creemos que la investigación sobre la materialidad, las resoluciones tecnológicas y el funcionamiento de la envolvente de las construcciones realizadas con el concepto de arquitectura natural es un aporte al desarrollo sostenible del periurbano de Mar del Plata, pero también, a la concreción de políticas públicas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio delimitada se trató del sector costero sur del periurbano marplatense, un área fuera del ejido urbano. La ciudad de Mar del Plata posee similares características de crecimiento urbano que las demás ciudades intermedias de Latinoamérica. Mientras que, la mancha urbana crece más aceleradamente que la cantidad de población, baja el porcentaje de densificación de las ciudades. El periurbano marplatense es un sector resultado de esta dinámica, en donde coexisten problemas de todas las dimensiones que apunta el desarrollo sustentable, las cuales son de tipo social, económico, ecológico y político.

Nos propusimos como objetivo general: - Identificar las técnicas y tecnologías de construcción natural en un sector del área periurbana de Mar del Plata. Mientras que los objetivos específicos son: 1) Analizar a partir de la materialidad como es el desarrollo de esas técnicas y tecnologías y 2) Analizar cómo la materialidad identificada, contribuye al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible ODS y al concepto de "Buen Vivir".

En esta etapa se identificaron los distintos cerramientos a través de la observación y relevamiento y se registraron y analizaron la materialidad, la técnica/tecnología utilizadas y analizó el aporte que realizaban al desarrollo sostenible del periurbano de la ciudad.

En este sentido, el aporte a la sustentabilidad ecológica fue indagada a partir del análisis de la huella de carbono de los materiales de construcción, el cual está ligado a la elección de determinada tecnología y material, y cómo estos aportan a una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero los cual producen el fenómeno del calentamiento global.

La integración de los instrumentos metodológicos, lo documentado, lo observado y lo conversado, desembocan en la recursividad de procesos de análisis, síntesis e interpretación que habilitan diferentes perspectivas sobre una misma realidad (Denzin & Lincoln, 2015).

Para el presente trabajo se ha utilizado material elaborado en una instancia anterior de la investigación (Terra Loredo, Romero y Fenoglio, 2022). En la misma, se realizó un registro y mapeo de 16 viviendas individuales construidas a partir de arquitectura natural ubicadas en el sector costanero sur de la ciudad de Mar del Plata. En dicho registro obtuvimos datos para construir información sobre la materialidad de la envolvente, lo cual nos permitió agrupar las viviendas en función de las categorías relacionadas con las técnicas constructivas.

Para el análisis de las viviendas tomamos en consideración las categorías establecidas por la Municipalidad de General Pueyrredón (MGP) a través de la Ordenanza Municipal N° 22.690/16: Técnicas con bloques; técnicas monolíticas; técnicas con entramados; cubiertas vegetales o terrazas verdes.

Para el posterior análisis, se tomaron como variables los subsistemas de la envolvente: subsistema horizontal cubierta; subsistema horizontal piso y subsistema vertical muro.

Tabla 1. Dispositivo utilizado para identificar los distintos cerramientos.

EJEMPLO	Técnicas según Ordenanza N°22690/16 (MGP)								
	Subsistema horizontal cubierta			Subsistema vertical muro			Subsistema horizontal piso		
	Chapa	Verde	Otras	Entramado	Monolíticos	Bloques	Convencionales	Sobre pilotes	otros
	1	1	0	0	0	1	1	0	0
	1	1	0	0	1	0	1	0	0
	0	1	0	1	0	0	0	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Una vez ubicadas y mapeadas las viviendas, e identificados los distintos tipos de cerramiento de construcción natural según la ordenanza municipal, para el análisis de materialidad de los edificios como aporte al desarrollo sostenible del área nos centramos en dos problemáticas, consecuencia de las actuales tendencias de crecimiento urbano mencionadas anteriormente: 1) calentamiento global y cambio climático y 2) agotamiento progresivo de los recursos naturales. Para ello, se diseñaron dos indicadores de tipo semaforización, los cuales nos dan rápidamente una lectura inicial del comportamiento de los materiales en línea con las problemáticas mencionadas.

El desarrollo de indicadores comienza a tomar relevancia en la Agenda 21, donde el plan de acción adoptado en 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro, solicita a los países, así como a organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, desarrollar indicadores de desarrollo sostenible a fin de proporcionar una base sólida para la toma de decisiones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Huella de Carbono

Dado que el calentamiento global aumenta debido a la acumulación de gases en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano, el indicador de "Huella de Carbono" calcula cuánto calor puede retener una cierta cantidad de gas en la atmósfera, en comparación con la misma masa que el CO₂. Cuanto mayor sea el valor, mayor será el impacto sobre el calentamiento global.

El Centro de Arquitectura Industrializada (CINARK) de la Real Academia Danesa, la Escuela de Arquitectura y Vandkunsten (estudio de arquitectura danés) desarrollaron una pirámide de materiales de construcción (tipo "pirámide alimenticia"), donde ubica los diferentes materiales según la cantidad de kgCO₂/m³. La idea es resaltar el impacto ambiental de los materiales de construcción más utilizados, centrándose en el análisis de las tres primeras fases de vida: extracción de materias primas, transporte y fabricación.

En nuestro análisis, medimos la huella de carbono de los materiales utilizados en la construcción de los cerramientos identificados previamente. Para ello, se confeccionó un primer cuadro (tabla 2) de análisis que identifica cada uno de los materiales que se utilizan en cada cerramiento seleccionado de las viviendas. A su vez, identificamos el valor de kgCO₂/m³ de cada uno de los materiales y le asignamos un color de semáforo según sea el valor.

- Verde: menor a 100 kgCO₂/m³,
- Amarillo: entre 100 a 1000 kgCO₂/m³,
- Rojo. mayor a 1000 kgCO₂/m³.

Una vez identificados los materiales y asignado su color correspondiente, se calculó teniendo en cuenta los espesores convencionales de cada material la cantidad de kgCO₂/m² de cerramiento y se le asignó un color también, siendo en este caso el parámetro:

- Verde: menor a 5 kgCO₂/m²,
- Amarillo: entre 5 a 10 kgCO₂/m²,
- Rojo. mayor a 10 kgCO₂/m².

Tabla 2. Dispositivo utilizado para determinar huella de carbono de materiales y cerramiento. Ejemplo cubierta de chapa.

CUBIERTA DE CHAPA					
Material	Huella de carbono Kg CO2/m3	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Huella de carbono Kg CO2/m2	Promedio por m2 de cerramiento	Índice general del cerramiento
Chapa	26578,0		53,156	10,953	
Aislación hidrófuga	5733,3		17,199		
Aislación térmica	12,8		1,28		
Entablonado	-519		-12,97		
Estructura	-680		-3,90		

Fuente: Elaboración propia

Luego de este análisis, se desarrolló un segundo cuadro que cruza los datos de la primera identificación de materialidad con el cuadro de indicador de huella de carbono por cerramiento (kgCO₂/m²) también utilizando el indicador de tipo semáforo. Se puede observar en la totalidad de viviendas

estudiadas con los tres cerramientos principales de la envolvente del edificio identificados previamente (subsistema vertical muro, subsistema horizontal piso y subsistema horizontal cubierta). En resumen, se pudo asignar un color de huella de carbono a la vivienda, utilizando el siguiente criterio.

- Verde: más de dos cerramientos verdes,
- Amarillo: un cerramiento verde,
- Rojo: ningún cerramiento verde.

3.2. Eficiencia Energética

La energía es hoy un bien escaso y los recursos no renovables como el gas y el petróleo, constituyen aproximadamente el 90% de la matriz energética primaria del país. El horizonte de reservas es de muy corto plazo y su agotamiento, o la inviabilidad económica de obtenerlos debido al creciente costo generado por el incesante aumento de la demanda mundial, están a la vuelta de la esquina (Azqueta, 2014).

Para dimensionar la incidencia del sector de la construcción en el problema, cabe mencionar que la producción y el funcionamiento de los edificios insumen aproximadamente la tercera parte de todos los recursos energéticos primarios del país, valor similar al de la Industria, que genera valor agregado y puestos de trabajo (31%) y superior al del Transporte (27%). Pero lo que resulta verdaderamente significativo, es que de acuerdo a datos de la Secretaría de Energía de la Nación, al referirse al uso de la energía secundaria, el 18% corresponden al acondicionamiento térmico de los edificios.

En el año 2003 fue promulgada la Ley N° 13.059 de la Provincia de Buenos Aires, cuya finalidad era "establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía" (Artículo 1).

La Ley se propone elevar las condiciones de confort y salubridad en los edificios y reducir el consumo de la energía utilizada, ya sea en calefacción como en refrigeración, a través de la mejora del aislamiento térmico de la envolvente. En el marco de la Ley de la provincia de Buenos Aires N° 13.059/03, el decreto reglamentario N°1.030/10, y las diferentes normas IRAM que tratan la temática de la aislación térmica y que fija el decreto reglamentario como de cumplimiento obligatorio: IRAM 11.549 Vocabulario; IRAM 11.601 Métodos de cálculo; IRAM 11.603 Clasificación bioambiental de la República Argentina; IRAM 11.605 Condiciones de habitabilidad en edificios; IRAM 11.625 Verificación de sus condiciones higrotérmicas; IRAM 11.630 Verificación de sus condiciones higrotérmicas; IRAM 11.507-1 Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación; IRAM 11.504-4 Carpintería de obra y fachadas integrales livianas.

Para nuestro análisis y posterior construcción del indicador de tipo semáforo de eficiencia energética de los materiales, utilizamos el procedimiento de verificación de la transmitancia térmica (K). El factor K es el cociente entre el flujo de calor en régimen estacionario y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema, siendo su unidad W/m^2K . La Norma IRAM N° 11.605 fija los valores máximos admisibles en tres niveles para cada cerramiento opaco. Estos tres niveles en orden decreciente de confort higrotérmico son NIVEL A: recomendado; NIVEL B: medio; NIVEL C: mínimo

En nuestro caso, realizamos la verificación de la transmitancia térmica (K) para cada uno de los cerramientos identificados inicialmente, utilizando el método de verificación especificado en la norma IRAM 11.601. Una vez obtenido los resultados los comparamos con los valores admisibles que fija la norma IRAM 11.605 para una temperatura exterior de diseño de $-4\text{ }^{\circ}C$;

de esta manera se pudo asignar un indicador de semáforo. El criterio utilizado fue el siguiente:

- Verde: sí cumple con el Nivel A o B de K admisible, el cual es para nivel A 0.32 w/m²k (muro) y 0.28 w/m²k (cubierta); y para nivel B 0.87 w/m²k (muro) y 0.72 w/m²k (cubierta)
- Amarillo. si cumple con el nivel C de K admisible, el cual es 1.52 w/m²k (muro) y 1.00 (cubierta)
- Rojo: si no cumple con ningún nivel de K admisible.

Tabla 3. Dispositivo utilizado para determinar la semaforización del coeficiente de transmitancia térmica K.

Cerramiento-Cubierta de chapa						
material	espesores	K	Cumple con el nivel			Color
			A	B	C	
chapa	0,002	0,56795231	0	1	0	
aislacion hidrofuga	0,001					
aislacion termica	0,05					
entablonado	0,0125					
estructura						

Fuente: Elaboración propia.

Una vez asignado un color a cada cerramiento se construyó un cuadro resumen, en el cual se pueden ver los tres cerramientos y según el color de los mismos se le asigna un color a cada vivienda.

- Verde: posee dos o más cerramientos que cumplen con el K admisible nivel A o B (Norma IRAM 11.605).
- Amarillo: posee los tres cerramientos con un cumplimiento del k admisible en el valor C (Norma IRAM 11.605) o al menos un cerramiento que no cumple ningún nivel de K admisible (Norma IRAM 11.605).
- Rojo: tienen dos o más cerramientos que no cumplen con ningún nivel de K admisible (norma IRAM 11.605).

3.3. CONOCER LA MATERIALIDAD DE LA ARQUITECTURA NATURAL

En primera instancia pudimos identificar qué tipo de cerramientos tenía cada uno de los subsistemas de la envolvente de las viviendas seleccionadas (vertical muro, horizontal piso y horizontal cubierta). Seguidamente, pudimos identificar que materiales componen cada uno de los subsistemas (figura 1):

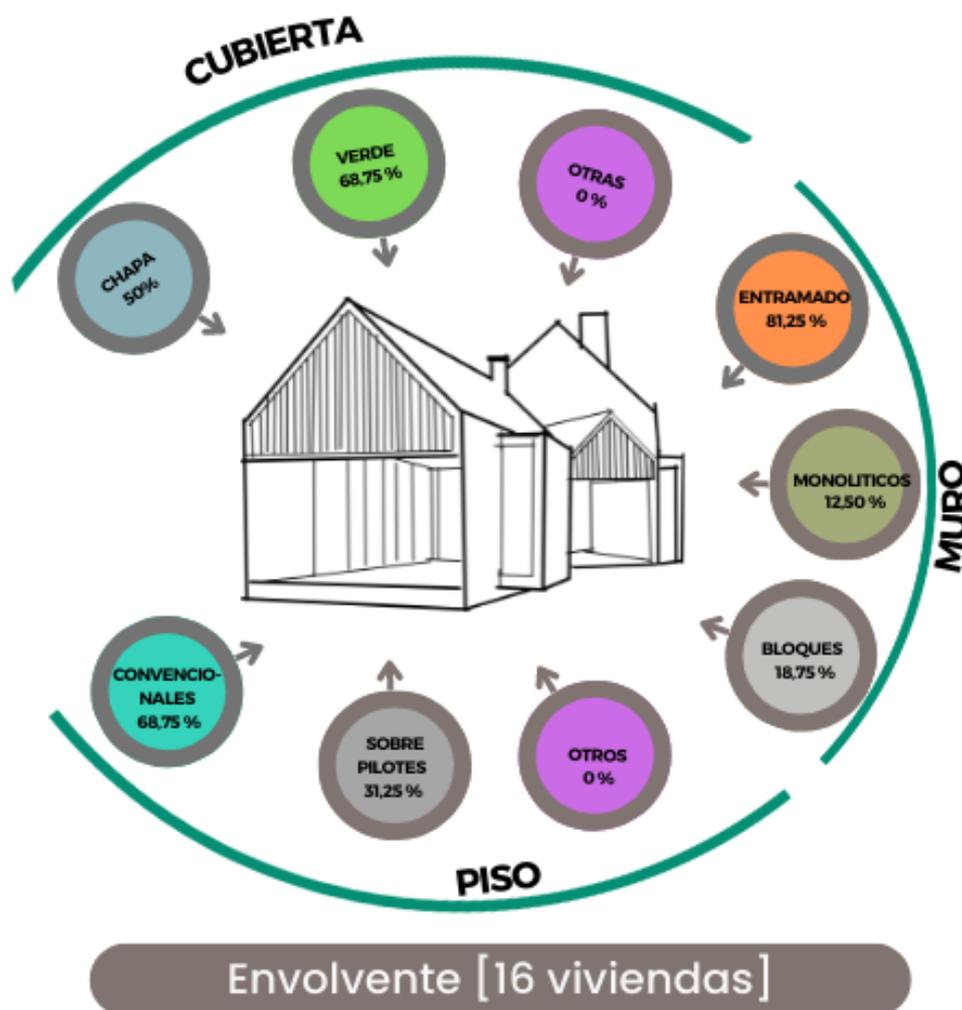
- **Subsistema estructural.** El 68,75% de las viviendas analizadas poseen una estructura de muros portantes, mientras que el restante 31,25% poseen una estructura independiente de madera con la técnica de poste y viga. Si bien la estructura, conceptualmente no es parte de la envolvente, aunque en algunos casos un mismo elemento es envolvente y estructura a la vez; conocer cómo es la estructura nos permite analizar cómo a veces la estructura limita o posibilita una u otra técnica/tecnología.

- **Subsistema envolvente horizontal cubierta.** Observamos que el 68% posee en parte o en totalidad cubierta con sustrato vegetal, mientras que el 50% posee en parte o en su totalidad cubierta de chapa.

Horizontal cubierta - chapa: la misma se compone de una estructura de madera con vigas principales y secundarias, aislación térmica e hidrófuga y chapas de acero aluminizado.

Horizontal cubierta - verde: se compone de una estructura de madera compuesta por vigas de 2"x8" y 2"x10" y cabios de 2"x6", una serie de capas aislantes hidrófugas, y por último 10 cm de sustrato vegetal.

Figura 1. Resumen identificación de los distintos cerramientos de los distintos subsistemas de la envolvente.



Fuente: Elaboración propia.

- **Subsistema envolvente vertical muro.** Tomando el criterio y terminología de la ordenanza 22690 MGP, el 75% de las viviendas poseen sistemas de entramados, el 6,25% sistemas monolíticos y el 25% sistemas de bloques. Se da en algunos casos que una misma vivienda cuenta con dos o más técnicas juntas.

A continuación, describimos sintéticamente cómo funciona cada uno de los cerramientos identificados y qué materiales lo componen.

Vertical muro - quincha: Según la Ordenanza Municipal N° 22.690/16 se definen tres grandes grupos de técnicas para muros (entramados, bloques y monolíticos), en este caso se trata de muros de entramados resueltos con paneles de entramado ligero de madera, con montantes y soleras de 2"x4", estos están desarrollados según el reglamento para estructuras de madera: CIRSOC 601. La terminación es revoque con una dosificación de arena, arcilla y agua.

Vertical muro - adobe: Según la ordenanza los clasifica como técnica de bloques. Consiste en un mampuesto el cual puede ser portante o solo cerramiento, de ladrillos de adobe (bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a

agentes externos). La terminación es revoque con una dosificación de arena, arcilla y agua.

Vertical muro - tapia: consiste en un muro el cual puede ser portante o solo cerramiento, la ordenanza lo clasifica en el grupo de las técnicas monolíticas. Consiste en un doble encofrado al cual se le va poniendo tierra arcillosa y apisonando, se levanta en fajas de un metro de altura. Puede ser revocada, en caso de no serlo es vulnerable a la humedad y las precipitaciones.

Vertical muro - fardos de paja/paja encofrada: es una técnica definida también, en el grupo de las monolíticas, es muy similar a la técnica de tapia, pero el relleno será de fibras vegetales (trigo o cebada) comprimida entre dos encofrados, debe ir revocada de ambos lados y no puede ser portante de cargas.

- **Subsistema envolvente horizontal piso.** Vemos que el 68,75% de las viviendas poseen pisos tradicionales (contrapiso de hormigón, carpeta y terminación) apoyados sobre el suelo natural, mientras que el 31,25% restante poseen un piso elevado sobre pilotes ya sea de hormigón o madera, la estructura del entrepiso elevado es de madera y terminación.

Horizontal piso - sobre pilotes: se encuentra elevado del suelo natural, algunas razones pueden ser para separar la vivienda de la humedad propia de la tierra, rapidez de construcción, etc. Se eleva pilotes de hormigón o madera, sobre dichos pilotes tiene una plataforma de madera con estructura de vigas primarias de 3"x8" y vigas secundarias de 2"x6", por encima una capa de fenólicos, tirantería secundaria con aislación térmica (celulosa) y la terminación del piso.

Horizontal piso - convencional: se trata de un piso apoyado en el terreno natural que posee generalmente un film de polietileno como barrera hidrófuga, un contrapiso de hormigón de 10cm de espesor, una carpeta de cemento niveladora, y la terminación que puede ser cerámico, ladrillo, piedra en lajas, madera, etc.

3.3.1. Análisis de indicador Huella de Carbono a partir de la materialidad

El análisis de huella de carbono nos permite identificar para cada uno de los cerramientos antes identificados, y conociendo los espesores convencionalmente utilizados en ambos, por el propio conocimiento de los investigadores, determinamos la cantidad de huella de carbono expresada en kgCO₂ libera cada uno de los cerramientos por cada m² del mismo, asignándole un color en base al índice antes mencionado.

Para un abordaje integral de la envolvente y el uso de la energía tanto en el proceso de industrialización de los materiales. En la siguiente tabla observamos los valores calculados y la semaforización de los mismos.

En este caso, mientras que las láminas metálicas ocupan el nivel más alto, los materiales orgánicos, los que en nuestro caso denominamos materiales naturales, tienen tasas negativas; lo que significa que absorben más gases de efecto invernadero de los que producen durante su proceso de extracción, industrialización y transporte. De los cerramientos identificados en viviendas de construcción natural los colores rojos representan resoluciones que no son propios de la técnica que estamos analizando por ejemplo un subsistema envolvente piso convencional, con contrapiso de hormigón y terminación cerámica, materiales altamente industrializados; o el caso de la cubierta de chapa siendo la última capa de este cerramiento la chapa en sí, la cual ocupa los espacios más altos de la pirámide, con una de las tasas de huella de carbono más altas de todo el estudio.

Tabla 4. Análisis huella de carbono de cada cerramiento.

CUBIERTA DE CHAPA						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
chapa	26678,0		0,002	53,156	10,953	
aislación hidrofuga	5733,3		0,001	17,199		
aislación térmica	12,8		0,05	1,28		
entablonado	-519		0,025	-12,97		
estructura	-680		3	-3,9		
CUBIERTA VERDE						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
sustrato vegetal	0		0,103	0	4,996142857	
geotextil	5733,3		3	17,199		
geomembrana	5733,3		0,002	17,199		
placa drenante	5733,3		0,002	17,199		
barrera de vapor	266,3		0,001	0,26		
entablonado	-519		0,025	-12,97		
estructura	-680		3	-3,9		
MURO DE QUINCHA						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
relleno fibra vegetal	-128,2		0,1	12,82	4,526666667	
Estructura de madera	-680,0		0,05	-3,9		
revoque arcilla	93,2		0,05	4,66		
MURO DE TAPIA						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
Tierra apisonada	9,3		0,4	3,72	3,72	
MURO DE ADOBE						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
Ladrillo de adobe	93,6		0,2	16,72	11,69	
revoque arcilla	93,2		0,05	4,66		
MURO DE FARDOS DE PAJA						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
Fardos de paja	-128,2		0,4	-51,28	-23,31	
revoque arcilla	93,2		0,05	4,66		
Piso de madera						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
terminación	-636,0		0,01	-6,28	-2,7925	
aislación térmica	12,8		0,05	1,28		
fenólico	-162,9		0,018	-2,27		
estructura	-680		3	-3,9		
Piso de convencional						
-HELLA DE CARBONO						
materiales	Huella de carbono KgCO ₂ /m ³	Índice de semáforo según ubicación en la pirámide	Espesor (m ³)	Huella de carbono KgCO ₂ /m ²	Promedio por m ² de cerramiento	Índice general del cerramiento
cerámico	1725		0,01	17,25	17,75	
carpetas de cemento	288		0,025	7,2		
contrapiso de hormigón	288		0,1	28,8		

Fuente. Elaboración propia

Como síntesis podemos observar que la muestra seleccionada (16 viviendas), el 68,75 % posee más de 2 cerramientos con huella de carbono verde (menor a 5 kgCO₂/m²) Mientras que, el 32,25% tiene una huella de carbono amarilla que implica que tiene al menos un cerramiento con huella de carbono verde (menor a 5 kgCO₂/m²). En ninguno de los casos se ha detectado un indicador rojo.

3.3.2. Análisis del indicador eficiencia energética a partir de la materialidad

A partir del análisis de las 16 viviendas seleccionadas tomando en consideración el subsistema horizontal piso y cubierta y el subsistema vertical muro y se observa que el 37.50% posee al menos un cerramiento que cumple con el K admisible nivel A o B (Norma IRAM 11.605), por lo cual, posee los tres cerramientos con un índice color verde. Por otro lado, el 62.50% de las viviendas poseen un índice amarillo, es decir, al menos un cerramiento que no cumple con ningún nivel de K admisible (norma IRAM 11.605).

Es interesante ver, teniendo en cuenta que las viviendas pierden más calor por el subsistema vertical muro y por el subsistema horizontal cubierta, el 100% de los muros y cubiertas identificados y analizados cumplen con el nivel A o B del K admisible que fija la norma IRAM 11.605, con una temperatura de cálculo de -4°C (valor fijado por la situación geográfica de Mar del Plata por la norma IRAM 11.603).

Entendemos que es fundamental en el marco del desarrollo sostenible del hábitat humano tener en cuenta los conceptos de aislación térmica en el diseño tecnológico de los edificios contribuye, como mencionamos antes, al ahorro de energía dado por una mayor eficiencia de la envolvente de los mismos. La búsqueda de una información sistematizada sobre el comportamiento de los materiales en la arquitectura natural es un aporte que pueda ser comparado con investigaciones sobre arquitectura tradicional a efectos de mejorar los diseños constructivos del hábitat. La construcción de categorías y variables de análisis puede ser aplicables a otros casos de estudios ampliando la muestra sobre distintas áreas de la ciudad. Esto permitirá realizar un aporte a la revisión de políticas públicas municipales existentes en la ciudad y establecer posibles áreas de vacancia que necesitan ser atendidas.

3.3.3. Análisis de los indicadores para cada vivienda en general

Una vez que se calculó la huella de carbono y la eficiencia energética de cada uno de los distintos cerramientos identificados anteriormente; nos permite poder asignar un indicador de semáforo a la vivienda. En la tabla 05, podemos ver los tres cerramientos de la envolvente (muro, cubierta y piso) antes identificados para cada vivienda. A estos previamente, se le asignó un indicador de semáforo (verde, amarillo y rojo), y permitió según el parámetro indicado anteriormente, asignar el indicador global a la vivienda tanto en huella de carbono, como la eficiencia energética de su envolvente. De esta manera podemos tener una rápida lectura del comportamiento de la materialidad de cada vivienda para los dos indicadores analizados.

Tabla 5. Análisis huella de carbono y eficiencia energética de cada vivienda.

HUELLA DE CARBONO DE LA ENVOLVENTE				EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE			
VIVIENDA	SUBSISTEMA	ÍNDICE INDIVIDUAL	ÍNDICE GENERAL	VIVIENDA	SUBSISTEMA	ÍNDICE INDIVIDUAL	ÍNDICE GENERAL
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Verde		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Amarillo	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Verde		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Verde	Verde		Horizontal piso	Verde	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Amarillo	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Verde	Verde		Horizontal piso	Verde	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Verde		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Verde		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Amarillo		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Rojo	Amarillo		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Amarillo	Amarillo		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Verde		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Amarillo		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Rojo	Amarillo		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Amarillo		Horizontal piso	Verde	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Verde		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Verde	Verde		Horizontal piso	Verde	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Verde	Verde		Horizontal piso	Verde	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Verde	Verde		Horizontal piso	Verde	
	Vertical Muro	Verde	Amarillo		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Amarillo		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Amarillo	Amarillo		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Amarillo		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Rojo	Amarillo		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Rojo	Amarillo		Horizontal piso	Rojo	
	Vertical Muro	Verde	Verde		Vertical Muro	Verde	Verde
	Horizontal cubierta	Verde	Verde		Horizontal cubierta	Verde	
	Horizontal piso	Verde	Verde		Horizontal piso	Verde	

Índice		Índice	
Verde	dos cerramientos verdes	Verde	posee dos o más cerramientos que cumplen con el K admisible nivel A o B
Amarillo	un cerramiento verde	Amarillo	tres con cumplimiento en el valor C, un cerramiento que no cumple ningún nivel de K
Rojo	Ningun cerramiento verde	Rojo	tiene dos o más cerramientos que no cumplen con ningún nivel de K admisible.

Fuente. Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Como punto de partida nos propusimos investigar la construcción natural, la cual se presenta como una alternativa de los modos convencionales de construir, por diferentes aristas de una parte de la sociedad que se inclina por modos de vida más sustentables apelando a un mejor manejo de los recursos y un menor impacto al medio ambiente, esto a nivel de planificación local, nacional y mundial encuentra su concordancia con la agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El ODS 11 busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. El crecimiento de las ciudades debe basarse en un mejor aprovechamiento de los recursos, la reducción de la contaminación y la pobreza. En ese sentido, recuperamos tres metas que consideramos fundamentales para pensar la construcción de ciudades sostenibles: **11.3** De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países; **11.a** Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional; **11.b** De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles (ODS 11).

Teniendo en cuenta que la producción y vida útil del hábitat humano utiliza el 30% de los recursos energéticos del país, y que cerca del 54% de esa energía se utiliza para la climatización; analizamos la eficiencia energética de los materiales elegidos para resolver cada uno de los cerramientos de la envolvente. La eficiencia energética apela a un mejor aislamiento de la envolvente, y por consecuencia una disminución de la cantidad de energía utilizada para mantener el confort climático dentro de las viviendas.

En síntesis, los resultados obtenidos permitieron conocer la materialidad, las resoluciones tecnológicas y el funcionamiento de las envolventes, en los casos relevados; tanto en el uso de la energía, como en el aporte para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Este trabajo posibilitará continuar con el cumplimiento de los objetivos de la beca de investigación además de contribuir al desarrollo de políticas públicas para la planificación de ciudades sostenibles.

En relación con el tema propuesto, se advierte la ausencia de un conocimiento sistematizado -y fundamentado en el proceso científico- sobre el comportamiento de los materiales y métodos de la bioconstrucción; así como otra normativa que regule su uso e implementación-, lo que dificulta en sobremanera la correcta implementación de instrumentos para el diseño y ejecución de políticas municipales de desarrollo en construcción natural.

El principal aporte que pretende este trabajo y el plan de beca (Políticas públicas de construcción natural) que impulsa esta presentación, es la construcción de datos cuantitativos y cualitativos, además de sistematizar el conocimiento de este tipo de propuestas en su mayoría viviendas, que sirvan para diseñar futuras políticas públicas de desarrollo sostenible para la ciudad de Mar del Plata y demás localidades del partido.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2015): El Buen Vivir como alternativa al desarrollo. Algunas reflexiones económicas y no tan económicas, en *Política y Sociedad*, 52, (2) 299-330. DOI: https://doi.org/10.5209/rev_POSO.2015.v52.n2.45203
- Acuña Araya, L. (Coord.) (2001). Documento final del grupo urbanismo y uso de suelo. San José de Costa Rica: Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Planificación Urbana.
- Azqueta, P. (2014). Manual Práctico del Aislamiento Térmico en la Construcción. Eps-Poliestireno Expandido. Buenos Aires, Argentina: AAPE Asociación Argentina del Poliestireno Expandido. Disponible en <https://fapyd.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/ManualPracticoDelEPS-intectivo-Encriptado-Abril2014.pdf>
- Centro de Arquitectura Industrializada de la Real Academia Danesa, Escuela de Arquitectura y Vandkunsten (s.f). Pirámide de Materiales de Construcción. <https://royaldanishacademy.com/>
- Decreto 1.030 de 2010 [reglamentario]. Reglamentación de la Ley N° 13059 sobre "condiciones de acondicionamientos térmico exigibles en la construcción de edificios". 29 de julio de 2010. B.O. No. 26406. Provincia de Buenos Aires. Disponible en <https://normas.gba.gob.ar/ar-b/decreto/2010/1030/174019>
- Denzin, N. & Lincoln, Y. (2015). El campo de la investigación cualitativa. España: Gedisa.
- Fernández, R.; Allen, A.; Burmester, M.; Malvares Míguez, M.; Navarro, L.; Olszewski, A. y Sagua, M. (1999). Territorio, sociedad y desarrollo sustentable: Estudios de sustentabilidad ambiental urbana. Buenos Aires: Espacio Editorial. Centro de Investigaciones Ambientales. FAUD-UNMdP.
- Guimarães, R. (2003). Tierra de sombras: Desafíos de la sustentabilidad y del desarrollo territorial y local ante la globalización corporativa Santiago de Chile: CEPAL. Serie Medio Ambiente, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.
- Ley 13.059 de 2003. Por la cual se establecen las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios. 15 de mayo de 2003. B.O. No. 24738. Provincia de Buenos Aires. Disponible en <https://normas.gba.gob.ar/documentos/VNRebcMV.html>
- Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda (2018). Plan Estratégico Territorial Argentina: avance 2018. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de la Obra Pública. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_territorial_2018_baja.pdf
- Monje Alvarez, C. (2011). Metodología cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Nieva, Colombia: Universidad Surcolombiana. Disponible en <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Municipalidad de General Pueyrredón (2016). Ordenanza Municipal N° 22.690. Autoriza el método de construcción en tierra cruda y las tecnologías de construcción con tierras afines. Mar del Plata, Argentina: Honorable Consejo Deliberante. Disponible en <https://concejomdp.gov.ar/biblioteca/docs/o22690.html>
- Naciones Unidas (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Celebrada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>

Naciones Unidas (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Programa Argentina Urbana (s.f.).

<https://www.argentina.gob.ar/habitat/secretaria-desarrollo-territorial/dnpet/argentina-urbana>

Riechmann, J. (1995). "Desarrollo sostenible: La lucha por la interpretación". En: J. Riechmann, J. et al. (Eds.). De la economía a la ecología (pp.11-78). Madrid, España: Trotta. Fundación 1º de Mayo.