



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Una revisión de la tipología del "balloon frame" en el
contexto de los ODS de Naciones Unidas

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Caballero Navarrete, Álvaro

Tutor/a: Cabrera Fausto, Ivan

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



**“Una revisión de la tipología del
‘Balloon-frame’ en el contexto de
los ODS de Naciones Unidas”**

***“Para mi, la palabra sostenibilidad
debería ser reemplazada por la
actividad de ser responsable [...] la
sostenibilidad es sólo una parte de la
responsabilidad”***

- Glenn Murcutt



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

Título: Entramado ligero en el contexto actual
Autor: Álvaro Caballero Navarrete
Tutor: Iván Cabrera Fausto

Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Trabajo Fin de Grado
Curso 2022 _2023

A Ma, por ser el ying de la curiosidad
A Pa, por ser el yang de la serenidad
A Cla, por ser una buena distracción
y A Ga, por ser la paz por definición

RESUMEN

Con este trabajo se busca analizar el sistema estructural con madera de entramado ligero en el contexto actual, especialmente desde la perspectiva del desarrollo humano sostenible. Se comenzará con un estudio de los orígenes en el “*Balloon-Frame*”, su rápida expansión por el panorama americano y su posterior evolución al “*Platform-Frame*”, con el fin de comprender sus inicios y las razones de su éxito. A continuación, se examinará este sistema en relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, principalmente como una posibilidad ante la falta de vivienda asequible y por otro lado como una alternativa más ecológica frente a otros modelos estructurales. Siendo esencial para alcanzar estos objetivos que se realice un buen control del crecimiento de las ciudades y una adecuada gestión de los bosques. Por último, comparar dentro de los diferentes contextos locales como podría ser relevante el entramado ligero, comenzando en Estados Unidos, como país de referencia debido a la extensión del mismo, y posteriormente la posibilidad de ser introducido en países en desarrollo, como puede ser el caso de Guinea Ecuatorial o República Democrática del Congo.

PALABRAS CLAVE

Madera. Entramado Ligero. Balloon-Frame. Platform-Frame. Sistema estructural. Industrialización. Objetivos de Desarrollo Sostenible. ODS. Vivienda asequible. Bosques.

RESUM

Amb aquest treball es busca analitzar el sistema estructural amb fusta d'entramat lleuger en el context actual, especialment des de la perspectiva del desenvolupament humà sostenible. Es començarà amb un estudi dels orígens en el “*Balloon-Frame*”, la seua ràpida expansió pel panorama americà i la seua posterior evolució al “*Platform-Frame*”, amb la finalitat de comprendre els seus inicis i les raons del seu èxit. A continuació, s'examinarà aquest sistema en relació als Objectius de Desenvolupament Sostenible, principalment com una possibilitat davant la falta d'habitatge assequible i d'altra banda com una alternativa més ecològica enfront d'altres models estructurals. Sent essencial per aconseguir aquests objectius que es realitze un bon control del creixement de les ciutats i una adequada gestió dels boscos. Finalment, comparar dins dels diferents contextos locals com podria ser rellevant l'entramat lleuger, començant als Estats Units, com a país de referència a causa de l'extensió d'aquest, i posteriorment la possibilitat de ser introduït en països en desenvolupament, com pot ser el cas de Guinea Ecuatorial o República Democràtica del Congo.

PARAULES CLAU

Fusta. Entramat Lleuger. Balloon-Frame. Platform-Frame. Sistema estructural. Industrialització. Objectius de Desenvolupament Sostenible. ODS. Habitatge digne. Boscos.

ABSTRACT

This paper seeks to analyze the structural system with light-wood-frame in the current context, especially from the perspective of sustainable human development. It will begin with a study of the origins in the “*Balloon-Frame*”, its rapid expansion across the American landscape and its subsequent evolution to the “*Platform-Frame*”, in order to understand its beginnings and the reasons for its success. Then, this system will be examined in relation to the Sustainable Development Goals, mainly as a possibility in the face of the lack of decent housing and on the other hand as a greener alternative to other structural models. In order to achieve these objectives, it is essential to have a good control of the growth of cities and an adequate management of forests. Finally, compare within the different local contexts how the light-wood-frame could be relevant, starting in the United States, as a reference country due to its extension, and then the possibility of being introduced in developing countries, such as Equatorial Guinea or the Democratic Republic of Congo.

KEY WORDS

Wood. Light-Frame. Balloon-Frame. Platform-Frame. Structural system. Industrialization. Sustainable Development Goals. SDGs. Affordable housing. Forests.

ÍNDICE

[01] Introducción	10
[02] Objetivos y metodología	14
[03] Contexto _ Sostenibilidad	18
- Desarrollo Humanos Sostenible	20
- Ciudades como agentes	23
- ¿Y por qué la madera?	25
[04] Contexto _ Entramado Ligero	28
- ¿Qué es el entramado ligero?	30
- Historia del entramado ligero	34
- Ventajas y desventajas	42
[05] Análisis	44
- Contexto actual, Objetivos de Desarrollo Sostenible	46
- Más allá de los Objetivos de Desarrollo Sostenible	62
- Análisis local. Entramado ligero en diferentes contextos	65
Estados Unidos	66
Guinea Ecuatorial	69
República Democrática del Congo	71
[06] Conclusión	74
[07] Fuentes	78

01

INTRODUCCIÓN

¿Puede un sistema estructural ser una de las claves para afrontar parte de los retos que se nos presentan en los próximos años?. Esto es, a nivel medioambiental, como una de las crecientes preocupaciones a escala global, debido al progresivo aumento de los efectos del cambio climático, como es el incremento de los desastres naturales o las extremas variaciones meteorológicas. Las condiciones sociales, debido a la imposibilidad de disminuir las desigualdades y conseguir una equidad entre todos los ciudadanos y en especial en el ámbito de las ciudades, la incapacidad de los habitantes a acceder a una vivienda digna y de calidad. Estos retos además se enmarcan dentro de un modelo económico expansivo y de crecimiento el cual debe equilibrar estas materias -medioambientales y sociales- con el propio desarrollo económico de las ciudades y la sociedad.

Son justamente las ciudades el principal agente de intervención, pues son la escala perfecta donde se combinan estrategias tanto globales como locales para enfrentarse a estos desafíos. Siendo las ciudades los principales lugares de aglomeración de la población mundial, de acuerdo con el Banco Mundial 57% (Banco Mundial, 2022a) de la población es urbana, alrededor de 4,52 billones (Banco Mundial, 2022b). Y es que las proyecciones estiman que para 2050, el 68% de la población será urbana es decir 6,68 billones (PNUAH, 2022). Las ciudades además ocupan actualmente 2% de la superficie de la Tierra, sin embargo son las productoras del 60% de las emisiones a nivel global (ONU, 2021). Es por ello, que es necesaria una revisión de los modelos de crecimiento y expansión de estas, con el fin de que estas proyecciones y futuros desarrollos puedan ser inclusivos y sostenibles.

Mirando el crecimiento de las ciudades y cómo se construyen, podemos ver cómo actualmente la industria de la construcción y de la edificación son unas de las principales causantes de emisiones a nivel global, dentro de este contexto, es necesaria una revisión de alternativas o complementos que puedan ayudar a reducir el impacto que provocamos a la hora de construir. Como puede ser el caso de la madera como otro posible material de construcción, que aunque tradicionalmente ha sido uno de los materiales más utilizados en la historia, en la actualidad ha quedado relegado a un segundo plano, eclipsado por el monopolio del hormigón como material de construcción. Es justamente el momento de analizar la posibilidad de usar otros modelos constructivos o modelos híbridos, según el contexto, que permitan reducir la huella que dejamos a la hora de construir los futuros desarrollos.

Con esto en mente en este trabajo de investigación se va a hacer un análisis de un sistema estructural de madera -el entramado ligero (*'Balloon-Frame'* y el *'Platform-Frame'*)- a través de un estudio histórico y posteriormente dentro de las necesidades del contexto actual y las posibilidades del futuro. Como una de las posibles alternativas para afrontar los retos constructivos a los que se enfrentan las ciudades, y si este puede ser un modelo que permita alcanzar estos objetivos de desarrollo humano sostenible.

Se va a comenzar por un estudio al panorama actual en el que nos encontramos desde la perspectiva del desarrollo humano sostenible, dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como punto de partida para analizar los diferentes factores que abarcan, prestando especial atención a las ciudades, como puede ser la expansión territorial de las mismas, el acceso a la vivienda o el fomento de una economía de carácter local

A continuación, se realiza un análisis del propio sistema estructural del *'Balloon-Frame'*, desde sus orígenes y contexto en el que se creó a mediados del siglo XIX en Chicago, y su posterior extensión por la totalidad de Estados Unidos y Canadá, estableciéndose como el sistema principal y casi único. Seguido de la aparición del *'Platform-Frame'* como evolución y mejora del mismo sistema estructural, y por último, la llegada a nuestros días como sistema por excelencia en el panorama de Estados Unidos.

Finalmente, examinar como confluyen ambas cuestiones, el entramado ligero con los objetivos de desarrollo sostenible, comenzando por un análisis de compatibilidad del sistema estructural con los diferentes objetivos planteados por la ONU, así como los retos planteados dentro de los mismos, continuando con otros posibles criterios a tener en cuenta para analizar la sostenibilidad, como pueden ser por ejemplo la cultura. Y acabando con una comparación de diferentes contextos locales, aterrizando de alguna manera estas estrategias globales en 3 países diferentes para un estudio más detallado.

02

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

OBJETIVOS

Se busca determinar la posibilidad del entramado ligero en el contexto actual, como una alternativa estructural para solucionar la crisis de vivienda asequible y como opción más ecológica para mitigar los efectos medioambientales. Así como determinar las fortalezas y oportunidades, con el fin de analizar como puede integrarse este sistema en los diferentes contextos, desde contextos desarrollados como Estados Unidos, a naciones en desarrollo donde puede tomar un papel relevante para el crecimiento de las mismas como puede ser Guinea Ecuatorial o República Democrática del Congo.

METODOLOGÍA

Para alcanzar estos objetivos se va a comenzar por un análisis histórico en base a la documentación encontrada digitalmente, debido a la antigüedad de dicho sistema y la ausencia de material bibliográfico en físico. Por otro lado, para el estudio de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se ha recurrido al material disponible en la página web de la ONU, y las diferentes sub-entidades de la misma (UN-habitat, PNUD), donde está disponible gran cantidad de documentación de difusión sobre de estos Objetivos. Al mismo tiempo, para el análisis del contexto local cuento con la experiencia de visita de primera mano a Guinea Ecuatorial, pudiendo ver y entender las posibilidades y la situación del propio contexto.

LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN

La escasez de material bibliográfico en físico en relación al entramado ligero, ha sido uno de los principales inconvenientes, por lo tanto se ha recurrido casi exclusivamente a material digitalizado y disponible online. Al mismo tiempo, para el análisis local tanto en Estados Unidos como la República Democrática del Congo, se ha recurrido al material online e información disponible en la web para poder realizar este estudio local, limitando la cantidad de información disponible y con ello la posibilidad de hacer un estudio más detallado.

03

SOSTENIBILIDAD

Nuestra *responsabilidad* con el futuro

Desarrollo humano sostenible

El concepto de desarrollo humano sostenible es relativamente nuevo, acuñado a finales de siglo XX, como una respuesta a las tendencias de las diferentes naciones a relacionar el desarrollo simplemente con el crecimiento económico, despreciando cuestiones sociales y medioambientales. Será con la publicación del informe *Los Límites del Crecimiento*, más conocido como Informe Meadows, por el Club de Roma (1972), que puso en evidencia la insostenibilidad del crecimiento continuado de la población y el consumo (Aranbarri, 2022). Analizan las tendencias del momento y sus relaciones entre ellas para establecer hasta qué punto esta actitud hacia el crecimiento es compatible con las dimensiones de nuestro planeta finito y con las necesidades fundamentales de nuestra emergente sociedad mundial: desde la reducción de las tensiones sociales y políticas hasta la mejora de la calidad de vida para todos (Meadows et al. 1972). Aunque no será hasta la publicación del Informe Brundtland para las Naciones Unidas en 1987, bajo el nombre de *Nuestro futuro común*, donde se defina por primera vez el concepto de desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1987). Aparece por primera vez una preocupación más allá de la economía puesto que el desarrollo sostenible va más allá del crecimiento económico. Requiere un cambio en el contenido del crecimiento de manera que sea menos su consumo de materiales y de energía y sean más equitativos sus efectos (CMMAD, 1987).

Al mismo tiempo, en la década de los setenta, se comienza a poner también el enfoque en la dimensión social dentro de las estrategias de crecimiento económico de las naciones, el desarrollo ha estado durante mucho tiempo expresado simplemente en términos de crecimiento de la producción. Está surgiendo la conciencia que la disponibilidad de trabajo, la distribución de la renta y la calidad de vida son medidas igual de importantes para el desarrollo (McNamara, 1972). Durante los siguientes años esta nueva dimensión en el desarrollo irá tomando cada vez más relevancia, hasta que en la década de los 1990s por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), liderado por Mahbub ul Haq. Se realiza la primera publicación del *Informe de Desarrollo Humano* (IDH), se explica ampliamente el concepto de desarrollo humano basándose en el enfoque de las capacidades formulado por Amartya Sen (Aranbarri, 2022), siendo este

definido como el proceso en el cual se amplían las oportunidades del ser humano [...], las tres más esenciales son disfrutar de una vida prolongada y saludable, adquirir conocimientos y tener acceso a los recursos necesarios para lograr un nivel de vida decente (PNUD, 1990).

Estas dos mentalidades de la dimensión medioambiental y social, tomarán cada vez mayor relevancia durante finales del siglo XX, unificando ambas finalmente en el término de desarrollo humano sostenible, el cual sentaría las bases para la creación de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), aunque con un éxito moderado consiguieron realizar progresos. Sería en 2015 con los ODM como referencia que se establecerían los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o agenda 2030, con 17 objetivos que establecen un marco de referencia para promover la prosperidad al mismo tiempo que protegiendo el medioambiente, buscando interconectar las tres dimensiones para el desarrollo humano sostenible, medioambiental, social y económica.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Aunque estos objetivos se plantean como unas estrategias y retos genéricos con la posibilidad de que puedan ser aplicados independiente del contexto dado en el planeta; desde la reducción de la pobreza y desigualdades; el acceso a las necesidades mínimas como sanidad, educación o vivienda, hasta las preocupaciones por clima y el gestión de los ecosistemas naturales, sirviendo estos como guía a la hora de alcanzar un desarrollo humano sostenible. Sin embargo, aunque abarcan muchos temas, es cuestionada por ejemplo la omisión de la cultura como una cuarta dimensión del desarrollo sostenible, dando un protagonismo especial al patrimonio, a las identidades y la diversidad cultural entre otros (Aranbarri, 2022).

Haciendo una lectura a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015), podemos ver como partiendo de cualquiera de sus objetivos, estos están profundamente relacionado con las ciudades, con sus actividades, con sus demandas y sus dinámicas. Por tanto, parece lógico pensar que, si la vida humana sucederá mayoritariamente en las ciudades estas han de ser el agente de cambio para alcanzar una mayor sostenibilidad (Madariaga, 2022). Aunque las ciudades se presentan como el principal agente de intervención, gracias a la oportunidad de interconectar tanto estrategias globales o nacionales como estrategias de una escala más locales o de barrio, no se pueden despreciar tampoco todos aquellos asentamientos, que no alcanzan la categoría de *ciudad* debido a una escala muy reducida, puesto que se puede llegar al caso de la desaparición de estas comunidades, si el foco de intervención se centra exclusivamente en las ciudades.

Ciudades como agentes

El gran crecimiento de población de las próximas décadas en las áreas urbanas hará de la urbanización una de las tendencias más transformadoras en el siglo XXI. Las poblaciones, las actividades económicas, las interacciones entre lo social y lo cultural, así como las repercusiones ambientales y humanitarias se concentran cada vez más en las ciudades, y ello plantea enormes problemas de sostenibilidad en materia de vivienda, infraestructura, servicios básicos, seguridad alimentaria, salud, educación, empleos decentes, seguridad y recursos naturales, entre otros (ONU, 2016). Siendo al mismo tiempo las ciudades un organismo muy complejo de organización en el cual confluyen todos estos diferentes servicios necesarios para alcanzar los objetivos establecidos en la Agenda 2030. Por lo tanto no hay una ciudad modélica perfecta que podamos alcanzar, sino que existen incontables tipos de ciudades en cambio continuo, adaptadas a sus propios entornos y circunstancias de una manera más o menos sostenible (Madariaga, 2022).

Dentro de las ciudades tienen que ser articulados todos estos servicios básicos, pero en especial, como elemento básico de las mismas la vivienda digna. Incluido en el ODS 11, se establece como uno de los retos a conseguir de aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales (ONU, 2015). La vivienda asequible se define generalmente como aquella que es adecuada en cuanto a calidad y ubicación y no cuesta tanto como para que impida a sus ocupantes sufragar otros gastos básicos de la vida o amenace su disfrute de los derechos humanos básicos. [...] Por lo general, se considera que una vivienda es asequible cuando un hogar gasta menos del 30% de sus ingresos en gastos relacionados con la vivienda (PNUAH, 2019). Sin embargo, actualmente la falta de viviendas asequibles para comprar o alquilar está alimentando una crisis mundial de la vivienda, según el Banco Mundial, se prevé que en 2025 1.600 millones de personas se verán afectadas por la escasez mundial de vivienda (WEF, 2020). Al mismo tiempo, en un estudio realizado en 200 ciudades de todo el mundo, se constató que el 90% de ellas eran inasequibles para vivir (LILP, 2018).

Actualmente la población urbana mundial se estima en 4,52 billones de habitantes (Banco Mundial, 2022b), alrededor del 57% (Banco Mundial, 2022a) de la pobla-

ción mundial, y las proyecciones son de 6,68 billones para 2050, es decir alrededor del 68% (PNUAH, 2022) de la población será urbana en menos de 30 años, aunque este crecimiento se producirá principalmente en los países menos desarrollados, en especial en África y Asia donde se estima que se concentre la mayor parte de los desarrollos urbanos. Por lo tanto se plantean dos situaciones para las ciudades; aquellas en las que se va a producir un gran crecimiento de la población en un período relativamente corto, sobretodo en los países menos desarrollados donde se tendrán que implementar modelos de crecimiento y expansión desde la perspectiva del desarrollo humano sostenible. Por otro lado, las ciudades realmente consolidadas, que seguirán creciendo pero a un ritmo mucho más reducido y donde las iniciativas deberán buscar una reducción de las desigualdades al mismo tiempo que implementar medidas con el fin de reducir los efectos sobre el medio.



[1]



[2]

Lo urbano brinda una gran oportunidad y es una de las herramientas más importantes para llevar hacia adelante la agenda de desarrollo sostenible; sin embargo, si no se planifica y se gestiona de forma deficiente, la urbanización también tiene el potencial de exacerbar muchos de los problemas que pretende resolver (PNUAH, 2020). Desde Un-habitat y con la Nueva Agenda Urbana plantean unas líneas de acción para alcanzar estos objetivos establecidos por los ODS, de las ya mencionadas, dimensiones sociales, medioambientales y económicas, sin embargo introducen una nueva dimensión, la dimensión espacial, que de alguna manera englobada en las otras dimensiones, pero se define como la capacidad a largo plazo de las ciudades para planificar con éxito su mayor urbanización y crecimiento [...] y que todas las personas que viven dentro de una ciudad, independientemente de su nivel de ingresos o identidad, puedan acceder a viviendas, centros de empleo y servicios públicos esenciales (PNUAH, 2020).

¿Y por qué madera?

Al igual que en las ciudades se concentran las desigualdades y los diferentes retos sociales, también es en las ciudades donde se produce la mayor parte del consumo de la energía mundial, alrededor del 78% y se generan más del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero (ONU, 2021). De las cuales según las estimaciones del 2020, el 37% de las emisiones a nivel mundial están relacionadas con el sector de la edificación y la construcción, y dentro de estas aproximadamente el 10% representa la industria global dedicada a la fabricación de materiales de construcción, como acero, cemento y vidrio (UNEP, 2021). Justamente en este ámbito es donde entra la madera como una alternativa más en la construcción, gracias a la capacidad de almacenar el dióxido de carbono y mitigando, por tanto, los efectos del cambio climático.



[3]

La madera es uno de los principales materiales empleados tradicionalmente en la construcción, aunque actualmente relegado a un segundo plano globalmente desde la aparición de otros materiales como el hormigón o el acero, la madera es el único recurso estructural renovable de la sociedad, al mismo tiempo que uno de los materiales estructurales más versátiles que se utilizan hoy en día. (Malhotra, S.K, 1981). Sin embargo, uno de los principales inconvenientes para su uso son los prejuicios al ser considerado como un material de una calidad inferior o por el simple hecho de desconocer las capacidades del mismo, siendo una de ellas y la más relevante en el contexto actual el ciclo de carbono de los bosques. Por el cual mediante la fotosíntesis obtienen el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera siendo este uno de los nutrientes esenciales para la formación de las sustancias químicas orgánicas que componen las hojas, las raíces y el tronco, es decir, todas las partes de del árbol, [...] convirtiendo CO₂ en biomasa, redu-

ciendo el carbono en la atmósfera y secuestrándolo -almacenándolo- en el tejido vegetal -vegetación- tanto por encima como por debajo del suelo (Gorte R.W, 2009). Este proceso de acumulación se produce hasta que el árbol muere y en el proceso de descomposición este carbono es liberado a la atmósfera. Sin embargo esta madera puede ser cultivada y trabajada aprovechando la madera con parte del carbono almacenado en estado vegetativo durante periodos muy largos de tiempo en productos de madera maciza (Gorte R.W, 2009).

Tampoco debe producirse el error de ser considerado como un material con cero emisiones, puesto que el proceso de obtención y producción de la materia prima continúa generando gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo hay que tener en cuenta otros factores como puede ser el impacto sobre la biodiversidad o la deforestación, debido a que una deforestación descontrolada puede acabar teniendo efectos mayores que el uso de otros materiales, pues se está eliminando una estructura esencial para la reducción del CO₂. Por lo tanto para que la madera pueda ser un material competente en criterios medioambientales y aprovechar las propiedades de almacenamiento de carbono de la atmósfera, esto tiene que ir acompañado de una buena gestión del propio medio mediante procesos de reforestación y una mejora de los procesos de industrialización con el fin de reducir al máximo las emisiones.



04

ENTRAMADO LIGERO

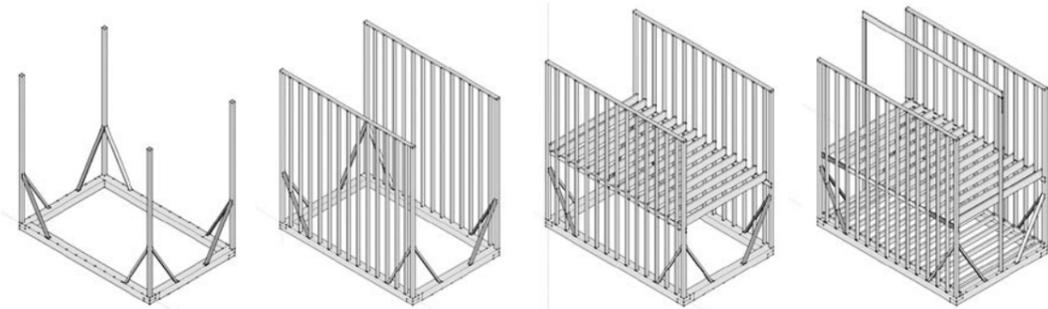
Del *Balloon-frame* al *Platform-frame*

¿Qué es el entramado ligero?

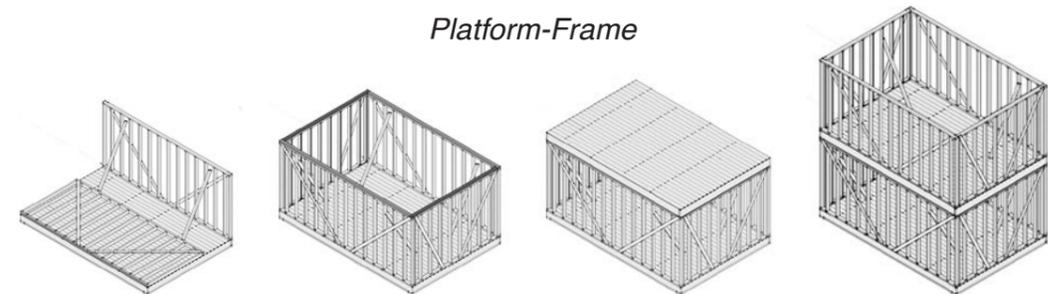
El entramado ligero engloba diferentes tipos de construcción dentro del mismo, en primer lugar está el *'Balloon-Frame'*, este fue el primero en aparecer y tiene de significativo que los montantes verticales o *'studs'*, recorren todo el paramento vertical, en el caso de que haya más de una altura estos serán continuos, por lo tanto elementos de madera de suelo a techo como parte principal de la estructura, y es el forjado el que se acopla a estas piezas verticales. Posteriormente aparecerá el *'Platform-Frame'*, en el cual estos elementos verticales continuos se cortan con el forjado, que apoya directamente sobre la placa superior de los montantes, conformando una plataforma donde se ejecutará la planta superior, generando paramentos independientes entre plantas. Será este segundo sistema del *'Platform-Frame'* el que gracias a las mejoras y ventajas que plantea frente al acabará sustituyendo el *'Balloon-Frame'* como sistema estructural predominante en Norteamérica.

Hay que mencionar también que aunque el entramado ligero históricamente siempre ha empleado madera, no es exclusivo de este material, puesto que también existen otras opciones para este mismo sistema estructural, como puede ser el acero galvanizado, denominado *'Steel-Frame'*.

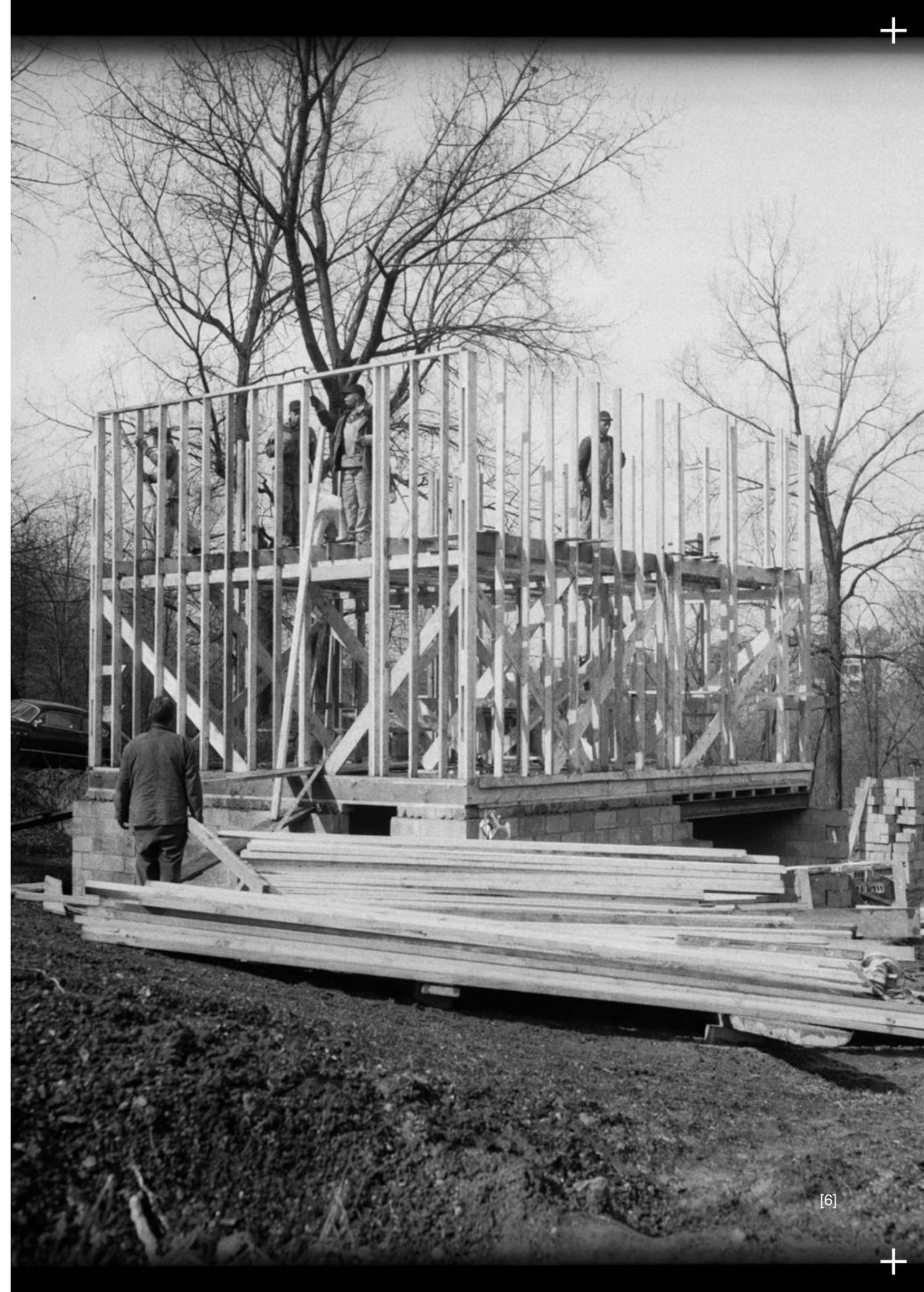
Balloon-Frame



Platform-Frame



[5]



[6]



[7]

Este sistema empleado especialmente en Norteamérica como el principal sistema constructivo de viviendas unifamiliares, también conocido como 'Stud-framing' o simplemente como 2x4, por ser el tamaño del elementos principales, es decir los montantes verticales o 'studs' que tienen una sección de 2x4 pulgadas (~ 5x10 cms), aunque también se emplean otros tamaños como 2x6, 2x8 o 2x10. Estos montantes se colocan a una distancia entre ejes también variable, aunque generalmente se posicionan a una distancia de 16 pulgadas (~40 cms). Las uniones de este sistema a diferencia de los sistemas tradicionales de madera que emplean uniones de ensamblaje, estas se realizan directamente con clavos o tornillos de pieza a pieza.

Para conformar los paramentos estos montantes distribuidos cada 16 pulgadas, son anclados a una placa, también de madera, en la parte inferior que será la encargada de distribuir las tensiones a la cimentación y al mismo tiempo que se unen por la parte superior a otra placa, sobre la cual descansará la cubierta o el forjado superior, principal diferencia entre el 'Balloon-Frame' y el 'Platform-Frame' Además para que este sistema pueda soportar las cargas laterales se añaden unas piezas de atado, colocando por la parte exterior unos tableros de virutas orientadas (OSB) o contrachapados, o mediante un atado en diagonal con las mismas piezas de madera.



[8]

Historia del Entramado Ligero

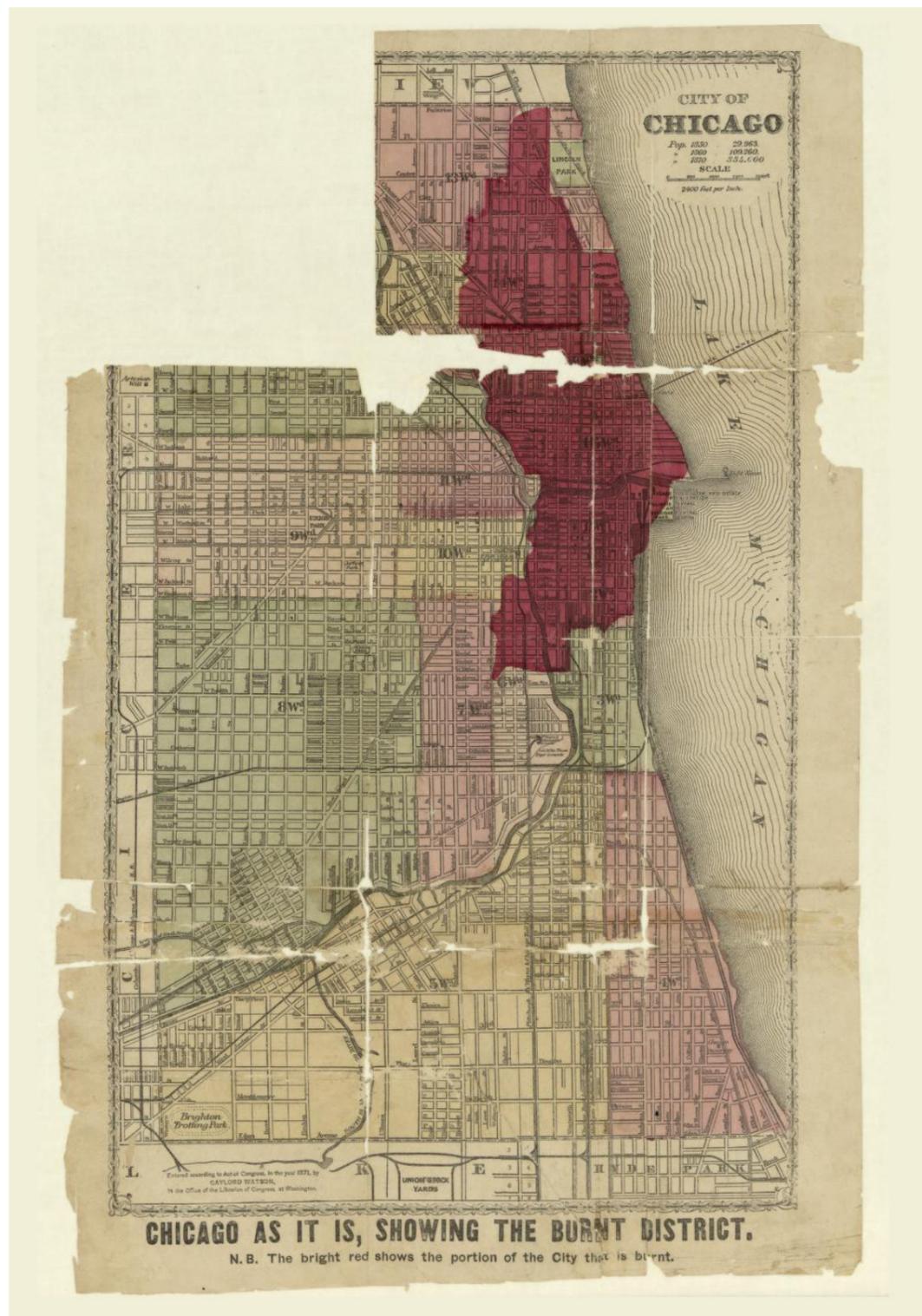
Han pasado casi 200 años desde la invención del entramado ligero, sin embargo continua habiendo cierto debate sobre quién pudo ser la primera persona en emplearlo, se le atribuye a George Washington Snow como inventor del sistema 'Balloon-Frame', pero las pruebas también sugieren que un carpintero, Augustine Taylor, pudo ser el creador, en 1833 Taylor construyó la iglesia de St. Mary's Church en Chicago, considerada como la primera estructura identificada como 'Balloon-Frame' (Peterson F. W, 2008). Aunque otros autores apuntan a George W. Snow, como verdadero creador del 'Balloon-Frame' pero en 1932, y no en 1933, en la construcción de un edificio que no era una iglesia, sino un almacén (Sprague P.E, 1981). Y mientras que el "quién" y el "cuándo" abordan una certeza, eliminan la posibilidad de que una contribución colectiva tuviera lugar en un período de tiempo. [...] Al igual que la mayoría de los avances tecnológicos, el 'Balloon-Frame' tiene una historia y no cayó del cielo, ni se aplicó a un edificio de la noche a la mañana (Turan M, 2009), es por ello que uno de los elementos más relevantes de esta invención, es el propio contexto local en el que apareció, del cual todos los estudios realizados están de acuerdo que jugó un papel vital a la hora de su invención.



[9]

En 1832 llega a Chicago la sierra de vapor, y probablemente algunas funcionando también en los grandes bosques de Michigan y Canadá. Además de aumentar la producción, los nuevos aserraderos de vapor tendieron a estandarizar los tamaños más pequeños de madera aserrada, (Field W, 1942), en este mismo período comienzan a industrializarse los clavos, incrementando exponencialmente la producción de estos y con ello abaratando los precios. Este desarrollo de la industrialización vino a la par de la aparición de un nuevo modelo constructivo, que permitió que algunas de las primeras casas de Chicago fueran ocupadas una semana después de haber sido encargadas [...] además que el 'Balloon-Frame' podía ser un 40% más barato que el sistema tradicional de ensamblajes (Field W, 1942). Esto compaginado con la facilidad de erección del propio sistema constructivo, permitió que todos los nuevos residentes de la ciudad pudieran acceder a la vivienda fácilmente. Se estima que la población de Chicago en 1833 era de 300-350 habitantes. En dos años, la población se multiplicó por diez, y en 1840 alcanzaba los 4479. En los cinco años siguientes esta cifra casi se triplicó, y a mediados de siglo XIX alcanzó los 28.960 habitantes (Turan M, 2009). Por lo tanto esta simbiosis entre la rápida aparición de la industria y la simplicidad del sistema constructivo, permitió que la ciudad de Chicago se desarrollara de una forma exponencial.

Sin embargo, en 1871 se produce el Gran Incendio de Chicago, y es que durante 3 días se propagó del fuego, en parte favorecido por el uso de la madera como material de construcción predominante en la ciudad, [...] más de dos tercios de las estructuras de Chicago en el momento del incendio eran totalmente de madera (Vlmckay, 2020), y es que una de las principales características del 'Balloon-Frame', el hecho de que los montantes vayan de suelo a cubierta, es al mismo tiempo uno de los mayores inconvenientes puesto que en el caso de que haya varias plantas se genera entre ellas un *canal* por el cual se favorece la extensión del fuego, además de arder rápidamente por la ausencia de tratamientos, estas estructuras y envolventes estaban bastante desnudas en términos de aislamiento y hacían poco por detener la propagación del fuego de un edificio a otro (CGF, 2013). Esta catástrofe supuso la destrucción de 17.000 estructuras, además de matar a 300 personas y dejar a 100.000 sin hogar. Pese a ello tras el incendio de 1871 no se introdujeron mejoras en la construcción desde el punto



[10]

de vista de la protección contra el fuego, probablemente debido al hecho de que hasta entonces nadie sabía realmente cómo proteger contra el fuego el hierro o la madera [...] Aunque los límites de incendio de la ciudad se ampliaron considerablemente, en la creencia de que el gran número de edificios de madera era la causa principal de la propagación del fuego, la construcción con *'Balloon-Frame'* sólo se prohibió en el distrito comercial inmediato (Larson G.R, 2020). Aunque más tarde esto acabaría siendo una oportunidad para Chicago y renovarse como la ciudad de los rascacielos, no tanto para el *'Balloon-Frame'*.



[11]

Aunque el Gran Incendio de Chicago, supuso un punto de inflexión en el uso del *'Balloon-Frame'* en el contexto de las ciudades, no impidió su expansión por todo el territorio Norteamericano, más bien todo lo contrario, a medida que los carpinteros se familiarizaron con la construcción con *'Balloon-Frame'* y se fiaban de ella, empezaron a utilizar distintas versiones del sistema. Con el tiempo, esta técnica de construcción se generalizó en todo el *Upper-Midwest*. [...] A finales de la década de 1870, la construcción con *'Balloon-Frame'* se había generalizado en la práctica y se había producido una cierta normalización de la terminología y

la técnica en la literatura arquitectónica (Peterson F. W, 2008). Al mismo tiempo, se continuaba mejorando la industrialización del sistema constructivo, a principios del siglo XX aparecieron los primeros catálogos, con planos e instrucciones de montaje en el que ofrecían viviendas unifamiliares prefabricadas de autoconstrucción, [...] estas viviendas estaban basadas en la construcción por componentes industrializados producidos en masa. Tras fabricarlos eran embalados en uno o varios paquetes y transportados hasta el emplazamiento elegido para la edificación (Serra B.S. et al, 2017).

Este modelo constructivo continuó evolucionando, hasta la aparición del 'Platform-framing' a mediados del siglo XX, principalmente tras la segunda guerra mundial, el cual planteaba una serie de mejoras respecto al 'Balloon-Frame', siendo una de las principales la respuesta ante el fuego, al estar las plantas separadas lo cual dificultaba la propagación del mismo y al mismo tiempo una mayor facilidad de construcción gracias al uso de piezas de menor tamaño. Este nuevo sistema además se estableció como el modelo constructivo por excelencia de las zonas suburbanas, en respuesta a la aparición del coche como el modelo de vida Americano, y de crecimiento de la mayor parte de las ciudades del país. Rápidamente se propagó por el país en grandes proyectos urbanísticos, gracias a las propiedades del propio sistema este comenzó a construirse siguiendo el modelo de cadena de montaje, produciendo gran cantidad de viviendas en serie. Así pues el 'Platform-Frame', se convirtió en el modelo estructural estándar en norteamérica, y lo continúa siendo en la actualidad, aproximadamente el 92% de las nuevas construcciones en el año 2021, lo que representa 895.000 nuevas viviendas con este sistema solo en 2021 (NAHB, 2022), principalmente en el ámbito suburbano y rural.





Ventajas y desventajas del entramado ligero

Es complicado determinar cuál es el sistema estructural más idóneo para cada situación puesto que esta elección viene ligada a muchas cuestiones diferentes, como puede ser las necesidades del proyecto o las capacidades económicas, hasta otras mucho más generales como por ejemplo las preferencias culturales o las condiciones locales, tanto nacionales como de unas comunidades específicas. Por ello es importante tener en cuenta tanto las ventajas como las desventajas que puede aportar para saber en qué casos es más conveniente su uso.

Como una de las principales ventajas aparece la facilidad de montaje, siendo esta además una de las razones del éxito del mismo, por la sencillez de las uniones, alejándose de las uniones tradicionales más laboriosas y artesanales, que requieren de una mano experta y especializada en este tipo de trabajos, por lo tanto esto permite que personas con una rápida formación puedan acceder antes a trabajar como mano de obra. Otro punto relevante, también vinculado a sus orígenes, es la fácil mecanización e industrialización del mismo sistema, gracias a la estandarización tanto de las piezas de madera como de los clavos o tornillos, para las uniones. Esta capacidad de industrialización permite adelantar los tiempos de construcción al mismo tiempo que reduce los precios de construcción, en comparación con los otros sistemas más tradicionales e incluso con otros sistemas actuales como el hormigón, llegando incluso a poder manufacturar el modelo completo industrialmente, realizando simplemente el montaje en la ubicación. El entramado ligero también hace un uso más eficiente de los recursos al usar una menor volumen de madera para una misma construcción hecha con sistemas de madera en formato de pilares y vigas.

Por otro lado en el contexto actual, el empleo de madera como material de construcción puede ayudar a reducir las emisiones, en comparación con otros materiales como el hormigón o el acero, gracias a la capacidad para almacenar el carbono de una forma permanente en los productos manufacturados, además otro factor relevante es la posibilidad de la madera de funcionar dentro de una economía circular, aunque el uso de clavos dificulta este proceso. Paralelamente estas ventajas que tiene el entramado ligero como son la fácil industrialización, la reducción de costes y plazos de ejecución, permiten una mayor facilidad para proveer de viviendas asequibles y de calidad.

Sin embargo este sistema, como todos, también tiene sus desventajas, como se puede apreciar especialmente en el panorama de Norteamérica, principal lugar de empleo de este modelo constructivo, siendo uno de los más relevantes la baja densidad, puesto que es un sistema que estructuralmente no puede alcanzar grandes alturas, provocando por lo tanto modelos que ocupan una amplia parte del territorio, estas formas urbanas en expansión también son menos eficientes económicamente que las formas compactas y densas en las ciudades desarrolladas [...] en muchas ciudades estadounidenses suburbanizadas y en expansión, que se desarrollaron a mediados de siglo, puede ser difícil diseñar un sistema de transporte público. (PNUAH, 2020) Generando una dependencia del vehículo privado como medio de transporte.

Este mismo proceso de industrialización aunque beneficioso por un lado también puede tener sus perjuicios, cuando se aumenta la escala del mismo creando una '*cadena de montaje*' de viviendas, lo que puede llevar a una pérdida de calidad arquitectónica debido a la estandarización de la construcción, e incluso pudiera pensarse que generando áreas monótonas y sin carácter identitario. No se puede olvidar tampoco el carácter orgánico de la madera, lo cual también conlleva sus inconvenientes como puede ser; el ataque de los insectos (termitas, carcomas, hormigas carpinteras..); el agua, la humedad puede causar diferentes tipos de daños (podredumbre, moho, hongos...); el fuego, la madera es un material combustible, por lo tanto en caso de incendio esta puede acentuar los efectos del mismo. Sin embargo, aunque son aspectos a tener en cuenta, también existen gran cantidad de medidas y tratamientos para poder neutralizar estos efectos.

Aunque todas estas cuestiones son relativas a la situación local, puesto que varían mucho entre los diferentes contextos de las naciones, cómo puede ser el caso de la disponibilidad de madera como un material local para poder ser empleado en la construcción o la presencia de una industria preparada para poder trabajar con este material. Siendo vital en cualquier caso la disponibilidad de un buen modelo de gestión en la reforestación, permitiendo que este ciclo sea sostenible o el desarrollo de un límite de crecimiento urbano dinámico lo suficientemente flexibles como para ser reevaluados a medida que las ciudades evalúan sus necesidades de crecimiento y expansión. (PNUAH, 2020)

05

ANÁLISIS

Entramado ligero en la actualidad

Análisis del entramado ligero en el contexto actual

El concepto de sostenibilidad es muy amplio, como ya hemos visto no puede ser exclusivamente aplicado a cuestiones medioambientales, hay que tener en cuenta también las dimensiones sociales e incluso económicas. Y aunque es complejo de analizar, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se establecen como un punto de referencia para medir los diferentes conceptos de sostenibilidad en el panorama actual.

Para hacer el análisis del entramado ligero en relación a los Objetivos, estos se pueden categorizar en función del impacto que tendría el sistema estructural en las diferentes metas establecidas por los mismos. Se pueden establecer 4 categorías en función de la compatibilidad con las metas, aquellos donde el impacto es más importante, en segundo lugar donde se produce un impacto relevante pero no tan directamente como en el primer caso; en tercer lugar, un impacto moderado pero no menos despreciable; en último lugar, donde el impacto es más reducido o en primera instancia no hay un impacto directo.





OBJETIVO 9

Gran parte del éxito del entramado ligero está vinculado directamente con la aparición de una industria que fue capaz de proveer los materiales necesarios y abastecer las necesidades del crecimiento exponencial de las ciudades norteamericanas. Con la llegada de esta industrialización se pudieron alcanzar piezas de madera con una mayor calidad al mismo tiempo que reducir el tamaño, haciendo un uso más eficiente de la materia prima, a la par de la industrialización de la madera, se produjo la de los clavos, que anteriormente eran hechos a mano, por lo tanto permitió que el suministro de los materiales básicos pudiera seguir el del desarrollo.

Compaginado esto con un sistema estructural que era construido siguiendo el modelo industrial de cadena de montaje, empleado en otras industrias como la del automóvil, permitió que los plazos de construcción se redujeran al mismo tiempo que los costes. Debido a la propia estandarización de esta construcción comenzaron a aparecer también las primeras viviendas pre-fabricadas, seleccionadas por catálogos y construidas posteriormente en la ubicación de una manera más ágil.

Como hemos visto la capacidad de industrialización de este sistema es muy elevada, es por ello que en un ámbito donde la madera sea un recurso natural y local, esta puede ayudar a reducir las emisiones totales, si consideramos que



[16]

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA



Meta 9.2 - Promoción de industria inclusiva y sostenible



Meta 9.3 - Aumentar el acceso de las pequeñas industrias y otras empresas a servicios financieros y cadenas de valor



Meta 9.4 - Reconversión de la industria, utilizando recursos con mayor eficacia mediante procesos industriales limpios



Meta 9.5 - Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales

gran parte de las emisiones producidas por la madera como material de construcción es durante el proceso de obtención e industrialización, por lo tanto mejorando la industria con el fin de que pueda reducir al mínimo las emisiones, esta puede ser más responsable con el medio ambiente, al mismo tiempo que ayudar a fomentar la economía local por medio de la generación de nuevos puestos de trabajo en las diferentes etapas de fabricación de estos materiales.

En definitiva, el entramado ligero ofrece una alternativa sostenible frente los métodos constructivos tradicionales, gracias a la capacidad de absorber CO2 de la atmósfera, al mismo tiempo que ser un material renovable, cuando es empleado eficientemente, por lo tanto puede encaminar hacia un desarrollo de una industria más inclusiva y sostenible, sin abandonar un crecimiento económico ligado esencialmente a la evolución de la propia industria.



OBJETIVO 11

Este es el objetivo donde posiblemente se produce el mayor impacto, esencialmente porque el entramado ligero se emplea para la construcción por lo tanto un papel importante en el crecimiento y expansión de las ciudades y comunidades. Y en especial en la construcción de viviendas unifamiliares, tipología por excelencia donde se ha aplicado durante toda su historia y en especial gracias a la capacidad de proveer vivienda asequible y de rápida construcción, permitiendo que todo el mundo pudiera acceder a una vivienda de calidad.

Sin embargo debido a la gran y rápida extensión del mismo sistema, puede acabar provocando desigualdades de carácter urbanístico, debido a la complicada gestión de este modelo a causa de su baja densidad, lo cual puede ser uno de los mayores inconvenientes del entramado ligero de cara a garantizar una urbanización inclusiva y sostenible. Aunque el entramado ligero no tiene porque ser empleado exclusivamente en viviendas unifamiliares de baja densidad, si no que puede tomar también relevancia integrado dentro de otros modelos estructurales, mediante innovaciones del mismo sistema.

En este caso al ser un sistema construido con madera puede ser importante de cara a reducir el impacto de las ciudades en el medio ambiente, sin embargo esto puede causar efectos contrarios si no se produce una buena gestión del paisaje natural del cual se toman los recursos, llegando incluso a empeorar las



[17]

CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



Meta 11.1 - Asegurar el acceso a la vivienda



Meta 11.3 - Aumento de la urbanización inclusiva y sostenible



Meta 11.4 - Protección del patrimonio cultural y natural



Meta 11.5 - Reducción del número de muertes por desastres y reducción de vulnerabilidad



Meta 11.6 - Reducción del impacto ambiental en ciudades

condiciones medioambientales con la pérdida de este órgano para reducir las emisiones y en la misma línea, el mismo efecto ocurrir si la extensión y los límites de las ciudades cada vez se extienden en el paisaje. Por ello es esencial tanto un buen control de los bosques, como de los límites urbanos y el impacto espacial que producen las ciudades en este medio, siendo el caso del entramado ligero uno de gran impacto territorial.

En este objetivo es uno de los pocos donde se menciona la cultura como uno de los valores esenciales a preservar, es por ello que en contextos como el de Estados Unidos, donde este sistema estructural a tomado un papel relevante, es importante la conservación del mismo desde la perspectiva patrimonial. También en aquellos contextos donde por ejemplo se haya empleado la madera tradicionalmente como uno de los materiales principales de construcción, pero haya sido sustituida por otros métodos constructivos.



OBJETIVO 15

Al igual que en el objetivo 11 la gestión de las ciudades y el crecimiento de las mismas era un punto importante, en este caso el control y gestión del medio es también de gran relevancia, esencialmente por qué constituye lugar de origen de esta materia prima que es la madera, por lo tanto para que este ciclo pueda ser sostenible y permanente debe controlarse tanto la deforestación como la reforestación, con el fin de que se realice dentro de unos criterios que permitan que este material pueda ser considerado renovable.

Al igual que la reforestación es un punto vital para que la madera pueda ser empleada como material de construcción (en un ciclo sostenible), es de igual trascendencia la conservación de la biodiversidad y los diferentes ecosistemas en el ámbito de estos bosques, puesto que la reforestación no consisten exclusivamente en plantar árboles de la manera más eficiente con el fin de que puedan ser recogidos unos años más tarde, sino que se han analizar y estudiar como integrar esta reforestación con ecosistemas los existentes en ya existentes en medio previo a la intervención de la industria, y de una manera que se pueda preservar esta biodiversidad.

Al igual que los bosques pueden tener un rol principal en la regeneración y recuperación de ecosistemas en una condición deficiente o incluso en algunos ya perdidos, pueden tener un impacto inverso si no se produce una buena misión



[18]

VIDA Y ECOSISTEMAS TERRESTRES



Meta 15.1 - Asegurar la conservación y uso sostenibles de los ecosistemas



Meta 15.2 - Gestión sostenible de los bosques



Meta 15.3 - Lucha contra la desertificación



Meta 15.4 - Asegurar la conservación de ecosistemas montañosos



Meta 15.5 - Medidas contra la degradación y pérdida de biodiversidad



Meta 15.9 - integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local

de conservación de los mismos. Y para ello uno de los agentes de acción principales en este ámbito son los gobiernos, por lo tanto cualquier empeño de emplear la madera como material ha de ir acompañado de un buen plan de gestión de los propios recursos en el medio.

Las ventajas del empleo de la madera como material de construcción son muy amplias, especialmente en contextos donde es un recurso abundante y que puede ser empleado localmente, con el fin de fomentar la economía, y la industria con fines de desarrollar la propia sociedad local, sin embargo es recurso que ha de estar en un constante balance con el medio para que el impacto sea más beneficioso que perjudicial, por ello además de la importancia de la concienciación de las capacidades del mismo es igualmente importante la comprobación de un buen uso del mismo ecosistema.



Una de las cuestiones por las cuales el entramado ligero pudo extenderse con tanta facilidad y superar a otros sistemas constructivos de madera más tradicionales, fue gracias a la relativa sencillez constructiva, pues no eran necesarios grandes conocimientos artesanales para poder edificar con este sistema, permitiendo que casi cualquiera, con una formación más fundamental pudiera empezar a construir una casa.

Por ello este sistema puede verse casi como un modelo formativo, que posibilita a una persona menos cualificada la capacidad de encontrar un empleo en esta industria, con una curva de aprendizaje más reducida frente a otros sistemas constructivos, por lo tanto siendo una buena oportunidad a jóvenes y personas sin estudios, que posteriormente puede ir avanzando a modelos constructivos donde es necesaria una mayor experiencia.

Esta posibilidad de fomentar el empleo de personas menos preparadas puede ir a la par de un desarrollo económico, y al mismo tiempo mediante el uso de la madera como material (en ámbitos donde haya abundancia), se puede promover una industria más responsable y eficiente con los recursos naturales, siempre y cuando se tengan en cuenta las medidas para hacer un buen uso estos ecosistemas terrestres.



Meta 8.1 - Mantenimiento del crecimiento económico



Meta 8.4 - Mejorar la producción y consumo eficiente y respetuoso



Meta 8.5 - Lograr el empleo y trabajo decente



Meta 8.6 - Reducción de los jóvenes sin trabajo ni estudios



Al igual que puede ayudar a fomentar el desarrollo económico a través de la industria y la capacidad de generar empleos fácilmente, también es relevante que en este proceso puede ayudar a solventar cuestiones sociales, siendo una de las principales el acceso a la vivienda asequible y digna, permitiendo crear viviendas de una mayor calidad pero manteniendo los precios de la misma reducidos gracias a la industria y a unos plazos de construcción muy inferiores a otros sistemas.

Por otro lado, gracias a esta capacidad de generar empleos sin la necesidad de una gran formación puede fomentar el acceso a un empleo decente de una manera más equitativa, permitiendo una igualdad de oportunidades a la hora de buscar empleo y con esto permitiendo que independientemente de la condición social puedas acceder a unos ingresos dignos.

Sin embargo un uso muy extensivo del mismo puede llevar a una segregación espacial, creando un efecto contraproducente, por lo tanto ha de ir acompañado de una buena gestión del espacio con el fin de que no se produzca esta desigualdad espacial, especialmente a la hora de acceder a otros servicios básicos como puede ser la educación o la sanidad.



Meta 10.1 - Crecimiento de ingresos del 40% de la población pobre



Meta 10.2 - Promoción de la inclusión social, económica y política



Meta 10.3 - Garantizar la igualdad de oportunidades



Una de las principales propiedades de la madera en contraposición con otros materiales de construcción como el hormigón o el acero, es la capacidad de funcionar en un proceso de economía circular, permitiendo que estos recursos naturales puedan llegar incluso a tener un uso más eficiente, pudiendo ser incluida una industria encargada de la gestión tanto de los desechos generados en la construcción, como una vez los edificios se han quedado obsoletos y estos materiales pueden ser reutilizados.

Sin embargo, aunque la madera como material de construcción permita esta posibilidad circular de uso del material, debido a que en el proceso de construcción del entramado ligero se incluyen gran cantidad de clavos para las uniones esto dificulta este proceso, aunque una de las posibles alternativas es el empleo de tornillos en vez de clavos, los cuales permiten deshacer estas uniones.

Al mismo tiempo el entramado ligero también hace un uso más eficiente de la madera como material de construcción, comparado con otros sistemas de madera pues usa menos volumen total de madera para la construcción, permitiendo por tanto sacar más rendimiento a la materia prima.



Meta 12.1 - Aplicación marco de consumo y producción sostenible



Meta 12.2 - Lograr el uso eficiente de recursos naturales



Meta 12.5 - Prevención, reducción, reciclado y reutilización de desechos



Los bosques son una de las principales herramientas a nuestra disposición para reducir las emisiones de CO₂, pues tienen la capacidad de almacenarlo en la propia materia orgánica, con el proceso industrial permitimos que estos gases se mantengan encerrados dentro de la madera en productos manufacturados, evitando que por el proceso de descomposición estos gases vuelvan a la atmósfera.

Y a la par del Objetivo 15, que busca proteger la vida y los ecosistemas terrestres, es vital la gestión de este medio para que pueda continuar siendo una herramienta de cara al futuro y continuar reduciendo las emisiones, y a comparación de otros sistemas estructurales, tener un menor impacto en cuanto a las emisiones dentro de la industria de la construcción.

Al mismo tiempo la posibilidad de tener una arquitectura de mayor calidad constructiva, puede ayudar a afrontar los diferentes retos de cara a los desastres naturales mejorando la resiliencia en comunidades donde actualmente es necesaria, y aunque puede no ser el mejor sistema para estas condiciones, por la propia 'ligereza' del mismo.



Meta 13.1 - Fortalecimiento de la resiliencia y adaptación



Meta 13.2 - Incorporación del cambio climático en políticas y estrategias y planes nacionales



Meta 1.4 - Garantía de acceso a servicios básicos y recursos financieros

A la par del Objetivo 11, que establece el asegurar el acceso a la vivienda y el Objetivo 10, de promover la inclusión social, el entramado ligero tiene la capacidad de posibilitar el acceso a los servicios básicos, en este caso la vivienda, lo cual puede ser un punto importante a la hora de reducir la pobreza, gracias a la posibilidad de este sistema, gracias al desarrollo de la industria y la rapidez de montaje, lo cual puede permitir que se reduzcan los precios de la vivienda, permitiendo que muchas más personas puedan acceder a este elemento básico. Al mismo tiempo que permitiendo que personas menos cualificadas puedan trabajar de mano de obra por lo tanto favoreciendo su situación económica.



Indirectamente, la posibilidad de un modelo constructivo más simple puede ayudar a establecer una infraestructura mínima que pueda proveer un servicio mínimo para reducir el hambre, como puede ser comedores sociales, mercados, locales de venta de alimentos mínimos.

Al mismo tiempo puede ser un sistema conveniente para el ámbito rural, lo que puede favorecer las condiciones de los habitantes que viven y trabajan tanto de la agricultura como de la ganadería.



Meta 3.4 - Reducción de las enfermedades no transmisibles y salud mental

Con una mejora de la calidad constructiva se pueden conseguir ambientes habitables más saludables, reduciendo ciertos riesgos sanitarios, como puede ser reducir la exposición a alérgenos o enfermedades, al mismo tiempo la madera es un material natural que no emite componentes dañinos. Con una mejora constructiva también se puede conseguir una mejora en el confort térmico, gracias por un lado a las propiedades de aislamiento de la madera, este confort térmico es esencial para el bienestar y reduce los riesgos de problemas de salud, especialmente en condiciones de temperaturas extremas.



Meta 4.4 - Aumento de las competencias para acceder al empleo

Al igual que en Objetivo 2, de hambre cero, e indirectamente se puede mejorar la educación de calidad gracias a la posibilidad de construir una infraestructura mínima que pueda proveer de estos servicios, como puede ser una escuela, una biblioteca o espacios de trabajo a nivel formativo.

Al mismo tiempo el propio sistema se puede plantear como una formación, debido a la facilidad de construcción del mismo, pues no es necesaria una gran formación para comenzar a emplearlo, por lo tanto este puede ser enseñado de manera que cualquiera pueda acceder a un empleo de calidad.



Meta 6.2 - Lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene

Para que se pueda decir que una vivienda es de calidad, esta ha de incluir una serie de servicios vitales para que pueda ser denominada como tal, uno de ellos el acceso a saneamiento e higiene. Por lo tanto para que esta vivienda pueda ser sostenible ha de integrar un buen sistema de drenaje.

Y al igual que en en otros objetivos, también puede ser empleado con el fin de proveer una serie de infraestructura, con el fin de permitir el acceso a aseos públicos o incluso letrinas de una mayor calidad.



Meta 7.3 - Duplicar la tasa de eficiencia energética

Gracias al proceso de industrialización y el empleo de madera como material, se puede conseguir un uso más eficiente de la energía y reducir la contaminación frente a otro sistemas constructivos, además de una rápida construcción disminuyendo las emisiones también durante este proceso.

Al mismo tiempo la madera es un material con buenas propiedades de aislamiento, lo cual puede ayudar a mantener unas temperaturas más estables en el interior sin la necesidad de elementos de control de esta temperatura, permitiendo por tanto reducir el consumo de energía de la propia construcción.



05 - IGUALDAD DE GÉNERO

Aunque no tenga un impacto directo sobre la elección de un sistema u otro, la perspectiva de género ha de estar presente en cualquier diseño que se realice, tratando de evitar cualquier discriminación que se puede hacer durante este proceso.

14 - VIDA SUBMARINA

Puede que no se produzca un impacto directo sobre la vida submarina, pero al igual que el impacto sobre el medio terrestre es totalmente inmediato y puede acabar dañando al mismo, este impacto sobre los ecosistemas puede acabar repercutiendo directamente la vida submarina.

16 - PAZ JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS

Para que este sistema pueda funcionar, es crucial una buena gestión por parte tanto de las industrias como de la administraciones, encargadas de la gestión de las ciudades y los bosques, por lo tanto para que este sistema pueda estar en balance tanto con el medio como con las ordenanzas es vital una colaboración armoniosa entre instituciones.

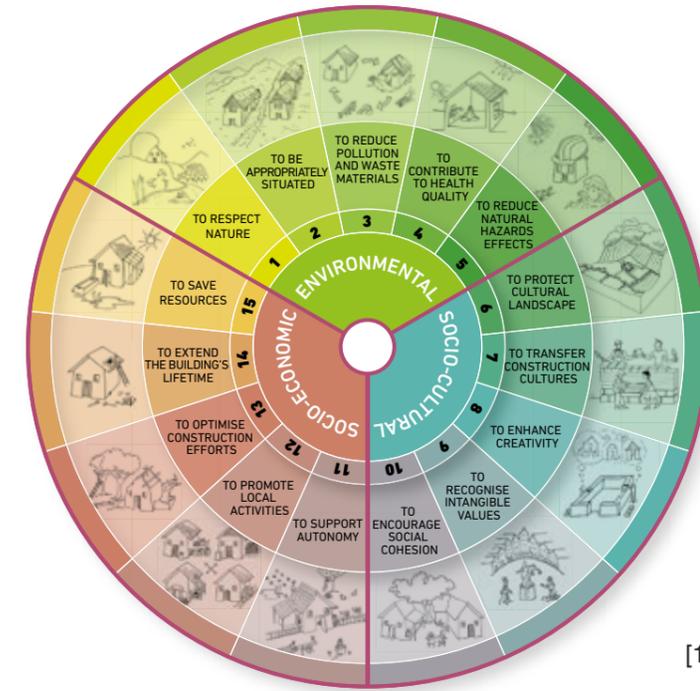
17- ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS

Al igual que con el objetivo anterior es fundamental una buena coordinación con los agentes involucrados en el proceso de control de los espacios necesarios, es indispensable la cooperación entre organizaciones dedicadas al empleo e innovación de este sistema estructural, con el fin de que esta información pueda ser difundida y transferida entre comunidades.

Más allá de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los ODS se establecen como un marco de referencia a la hora de abordar el concepto de la sostenibilidad, sin embargo no se deben considerar como guía exclusiva para alcanzar este fin, por un lado por el propio carácter estratégico y genérico de los mismos, para que puedan ser extrapolables a cualquier contexto y por otro lado hay conceptos que escapan a estos objetivos o no acaban de estar bien definidos y desarrollados, como puede ser el caso de la *Cultura* como cuarta dimensión, pese a que está incluida discretamente en alguna de las metas de los objetivos, hay algunos autores que defienden esta como un valor intrínseco a ser conservado, pues sin una base que incluya expresamente la cultura, los nuevos planteamientos carecen de medios para comprender, y mucho menos para aplicar, los cambios que promueven. La cultura tiene que ser un punto de referencia separado y "distinto" (Hawkes J, 2001). La importancia de los valores culturales y patrimoniales de las diferentes sociedades, son necesarios para que las futuras generaciones no sean privadas de estos valores. El saber de dónde venimos nos ayuda a descubrir adónde queremos ir. Nuestra memoria social y nuestros depósitos de conocimiento y comprensión son elementos esenciales de nuestro sentido de pertenencia. Sin un sentido de nuestro pasado, estamos a la deriva en un presente sin fin (Hawkes J, 2001).

En el marco de esta cuarta dimensión que se plantea y a semejanza del programa de las Naciones Unidas, el proyecto 'VerSus' de la Universidad de Gallecia y en colaboración con 4 universidades, entre ellas la UPV, busca ampliar el conocimiento sobre los principios fundamentales del patrimonio vernáculo, así como a explorar nuevas direcciones para integrar dichos principios en el diseño de una arquitectura eco-responsable (VerSus, 2014a). Establecen una serie de parámetros con los cuales poder evaluar la sostenibilidad desde esta perspectiva, estos indicadores al igual que los ODS se plantean de una manera estratégica con el fin de poder ser aplicados a los diferentes contextos de las naciones, estos indicadores también incluyen las dimensiones principales de sostenibilidad (medioambiental, social y económico), pero entre las que hacen especial hincapié en el valor patrimonial, se encuentran: *proteger el paisaje cultural, transmitir las culturas constructivas, fomentar la creatividad y reconocer los valores intangibles, entre otros* (Versus, 2014b).

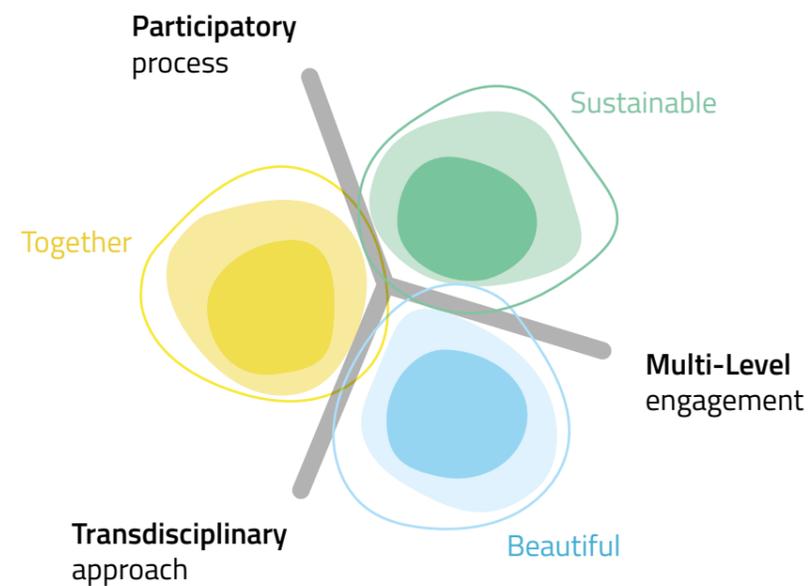


[19]

Por otro lado, es especialmente relevante en este análisis el concepto de sostenibilidad espacial, incluido en la Nueva Agenda Urbana del *Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Urbanos* (UN-Habitat), y aunque puede estar englobada dentro del ámbito social y medioambiental establecido en los ODS. Esta es definida como la capacidad de organizar las ciudades con el fin de que todos podamos tener acceso a los servicios básicos, y en este sentido el entramado ligero juega un papel principal como modelo de crecimiento y expansión. Una buena planificación espacial es esencial para mantener los asentamientos humanos en todo el mundo y garantizar que la urbanización y la expansión de la ciudad se gestionen adecuadamente, especialmente en un mundo en desarrollo en rápida expansión (PNUAH, 2020).

Al mismo tiempo con la gran repercusión y aceptación que han tenido los ODS, han aparecido desde otras entidades también nuevas formas de definir la sostenibilidad en los diferentes campos de interés como puede ser '*La Nueva Bauhaus*', la cual explora el concepto de sostenibilidad especialmente en el diseño de la arquitectura y también las ciudades, donde además de las ya mencionadas dimensión social y medioambiental, introducen otras cuestiones como puede ser

la estética, expresado como un valor que busca; activar, mejorando las oportunidades de interacciones sociales significativas y experiencias colectivas, y reforzando el sentimiento de pertenencia y enriqueciendo la vida conectando diferentes lugares y personas; conectar, mejorando el bienestar físico y mental de las personas teniendo en cuenta sus emociones, además de sus necesidades, y fomentando la conciencia del lugar y el patrimonio en toda su diversidad, al tiempo que adopta su propia estética; integrar, permitiendo la creación y la reinención de lugares, estilos de vida y comunidades con los que nos identificamos, integrando nuevos valores culturales y sociales, sobre todo a través de la experiencia significativa de un "nosotros" (NEB, 2020).



[20] Estas iniciativas, buscan llevar un paso más allá el concepto de sostenibilidad, enriqueciendo y ampliando el significado, y aunque son muchos y variados los programas que tratan de explicar y acotar la sostenibilidad, esto no está más lejos de la realidad pues las sociedades avanzan y las prioridades cambian, al mismo tiempo que no se puede valorar a las diferentes naciones con los mismos criterios sociales, medioambientales, económicos o culturas. Por ello estas estrategias han de servir de guía y referencia, sin embargo deberán de ser adaptadas al contexto de estudio y en constante evolución, para poder incluir todas aquellos nuevos parámetros que surjan en el futuro.

Análisis local. Entramado ligero en diferentes contextos

	Estados Unidos	Guinea Ecuatorial	República Democrática del Congo
<i>Índice de Desarrollo Humano (IDH) - 2021</i>	0,921	0,593	0,479
<i>Estimaciones población - 2023</i>	339.996.580	1.714.674	102.262.810
<i>Proyecciones población - 2050</i>	375.391.970	2.790.541	217.494.000
<i>Porcentaje de población urbana (%) - 2050</i>	89.2	82.8	63.8
<i>Superficie total (km²)</i>	9.147.420	28.050	2.267.050
<i>Superficie forestal (km²)</i>	3.097.950	24.484	1.261.552

ESTADOS UNIDOS

Principal caso de estudio esencialmente debido a la extensión del entramado ligero, en especial en el ámbito rural y suburbano, actualmente este sistema estructural corresponde con el 92% (NAHB, 2020) de las viviendas unifamiliares construidas en el país en 2021, continua formando una gran parte de la economía y de los puestos de trabajo a nivel nacional. Sin embargo, este crecimiento expansivo de las ciudades especialmente el suburbano, donde se emplea mayoritariamente este sistema ha llevado a condiciones de segregación espacial de ricos y pobres, segregación racial continuada, desequilibrios entre empleo y vivienda, desigualdades en los servicios públicos, decadencia y desinversión en los suburbios de primer anillo y más antiguos, [...] municipios, aumento del consumo de suelo per cápita, aumento de los kilómetros recorridos por vehículo per cápita, más superficies impermeables, disminución de la calidad del aire y del agua, aumento de las inundaciones, pérdida de hábitat animal y una pérdida general de compromiso cívico y capital social, (Dunham-Jones E, 2000) afectando por tanto al panorama social y medioambiental, por lo tanto es vital una gestión de estos crecimientos con el fin de promover modelos de mayor densidad, lo cual permite mejorar la infraestructura de comunicación con el fin de alcanzar una 'sostenibilidad espacial'.



[22]

Al mismo tiempo, este sistema también tiene gran relación con la cultura del propio país, (Field W, 1942) lo define como el la mejor prueba del espíritu americano, que se adapta con tanta rapidez a las nuevas condiciones mediante nuevos métodos, que la introducción de este nuevo estilo de construcción, y ha sido realmente la causa más eficaz de la rapidez con la que, en los tiempos modernos, surgen nuestros pueblos y ciudades. Es decir, es parte de la identidad de la nación como uno de los elementos fundamentales para su desarrollo, por lo tanto es vital poner en valor estas prácticas, tanto del '*Balloon-Frame*' como el '*Platform-Frame*', con el fin de que estas puedan ser preservadas.

Sin embargo, tras casi 200 años de historia del sistema estructural, podemos decir que no ha habido grandes innovaciones dentro del propio sistema, a excepción del cambio de '*Balloon-Frame*' al '*Platform-Frame*'. Al igual que Chicago en el siglo XIX supo cómo adaptarse e innovar a las necesidades del momento, en el panorama actual de Estados Unidos es necesario un cambio de las mismas características, adecuándose principalmente a las condiciones sociales y medioambientales del presente. La pregunta radica entonces si este sistema estructural tiene la posibilidad de readaptarse a estas nuevas circunstancias, y una de las principales cuestiones como hemos analizado, vital para una mejor organización de las ciudades, es la capacidad de desarrollar las ciudades con una mayor densidad, para poder alcanzar una mejor equidad espacial, permitiendo distribuir más fácilmente la infraestructura de comunicación y los servicios.

La capacidad estructural del propio sistema es limitada, impidiendo por lo tanto que pueda ser empleando exclusivamente este modelo para alcanzar estas densidades, esto no impide sin embargo que pueda ser integrado en otros tipos de estructuras que sí puedan alcanzar mayores alturas, como puede ser el hormigón o el acero e incluso madera ('*Cross-Laminated Timber*' o '*Glue-Laminated Timber*', entre otros), con ello buscando un modelo constructivo mixto, donde el entramado ligero pueda ser integrado como parte de la estructura secundaria, por ejemplo en las particiones o cerramientos. Posibilitando así que esta industria tan predominante en Estados Unidos, pueda ser reconducida hacia otro modelo de edificación más adecuado con las necesidades del momento.

Por otro lado es importante tener en cuenta que este sistema estructural ha sido tan exitoso, gracias en parte a la compatibilidad con el 'modelo americano de vida' o el 'sueño americano', por esto se ha de tener en cuenta que este forma parte de la identidad cultural del propio país, teniendo en sí un valor cultural e histórico en el desarrollo de la nación. Sin embargo debido a su uso cada vez más extensivo, esto ha demostrado la insostenibilidad del propio modelo cuando es empleado de una manera excesiva y sin un aparente control del crecimiento del mismo. En definitiva, es necesaria esta transición hacia otro patrón de crecimiento, en el cual el entramado ligero puede seguir tomando un papel relevante, gracias a lo fuertemente establecida que se encuentra la industria y una mano de obra totalmente especializada este tipo de construcción, pero es necesaria esta innovación especialmente en los contextos urbanos y suburbanos.



[23]

GUINEA ECUATORIAL

Se podría decir que Guinea Ecuatorial se encuentra en una situación relativamente opuesta, al ser una nación todavía en desarrollo, en la cual la introducción del entramado ligero puede tomar un papel relevante, favoreciendo el desarrollo económico al mismo tiempo que ayudando a afrontar los objetivos sociales y medioambientales. Por su ubicación geográfica, el país es rico en recursos naturales, uno de ellos la madera, esta disponibilidad del material local favorece la implantación de una industria basada en la manufacturación de estos elementos necesarios para la construcción con este sistema, por un lado fomentando la generación de empleos en todo el ciclo de producción, desde la recolecta del propio material, hasta la fase final de construcción con el mismo. Por otro lado, con el desarrollo de una industria local se puede al mismo tiempo mejorar el acceso a la vivienda asequible para todos los habitantes, al poder reducir los costes y evitar la dependencia de materiales de construcción importados.



[24]

Aunque en cierta medida esta industria ya es existente, no está ampliamente extendida, debido principalmente a que la materia prima es exportada directamente incluso antes de ser procesada. Al mismo tiempo, una de las principales cuestiones por la cual no se ha desarrollado más, es la desconfianza de emplear la madera como material de construcción, pues es considerado como un 'material pobre', además del desconocimiento de las capacidades del mismo, pese a la gran disponibilidad. Es por ello que pese a la existencia de las mismas piezas estructurales que en Estados Unidos (los montantes de 2x4) y una tímida industria preparada para trabajar con estos elementos, no se emplea comúnmente en

las estructuras de los edificios sino que se ha optado por otros sistemas como es el caso del hormigón. Por lo tanto una de las cuestiones principales es la concienciación acerca de las posibilidades de la madera como material estructural y al mismo tiempo con capacidad para afrontar los objetivos tanto sociales como medioambientales.

Sin embargo es importante tener en cuenta que la aplicación de este sistema puede llevar a la misma situación que EEUU en la actualidad, dependiendo del coche y con una gran extensión en el territorio, lo cual puede acabar teniendo sus contraefectos, siendo Guinea Ecuatorial un país con una superficie muy reducida y mayor parte de la misma ocupada por selva tropical, no siendo lo más idóneo por tanto esta propagación en el territorio. Para que este sistema estructural pueda ser sostenible en este contexto se puede emplear como un modelo de transición, al igual que involuntariamente ocurrió en el contexto de Chicago en el siglo XIX, es decir aprovechar en un comienzo las ventajas del mismo sistema estructural para fomentar la economía, al mismo tiempo que ampliar la formación de mano de obra en la construcción y como resultado de este proceso proveer de viviendas asequibles y de calidad, mejorando las condiciones sociales. Para que este proceso pueda finalmente acabar siendo más sostenible ha de ser incorporado en un desarrollo urbano dinámico, como se recomienda en la Nueva Agenda Urbana, permitiendo la incorporación de otros modelos constructivos, con el fin de aumentar la densidad, una vez que se haya desarrollado la economía y las condiciones sociales.



[25]

REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO



[26]

Pese a un contexto similar al de Guinea Ecuatorial, social, económico, geográfico e incluso político, la aplicación de este sistema estructural puede no ser la más conveniente e incluso llegar a ser perjudicial, principalmente debido a la gran expansión de población que se está y se proyecta que se producirá en los próximos años, por tanto siendo necesario un desarrollo urbano de mayor densidad y rapidez para poder afrontar este gran crecimiento. Aunque este sistema constructivo no parece el más idóneo para las grandes urbes, en especial Kinshasa que actualmente cuenta con más de 16 millones de habitantes, puede ser empleado en comunidades más reducidas e incluso en ámbitos rurales, con el fin de buscar un desarrollo económico y social por medio de este sistema estructural con la posibilidad de reducir al mismo tiempo la presión sobre las grandes ciudades, pero debido a la ausencia de una infraestructura de transporte y la gran extensión del propio país el desarrollo de esta industria puede ser más

complejo o inviable.

Con ello incluso siendo contextos nacionales muy similares su aplicación puede no ser la más adecuada, por ejemplo en función de cuestiones más específicas como puede ser el rápido crecimiento de la población en este caso, e incluso dentro del propio país las diferentes comunidades también pueden necesitar distintas estrategias, por ello es complicado determinar la viabilidad de este sistema estructural de una manera tan genérica, sin embargo gracias a las características del mismo puede tomar un papel relevante en país en desarrollo si las condiciones son las adecuadas, al mismo tiempo que puede servir como un modelo que puede integrarse en contextos más desarrollados, con una perspectiva diferente.

Y aunque es complicado analizar cómo se puede integrar el entramado ligero con el fin de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, si hay ciertas cuestiones independientes del contexto en el se que quiera plantear, siendo una de las principal la correcta gestión del propio medio, tanto en el desarrollo de las ciudades mediante un control la expansión y el crecimiento de las mismas para poder reducir el impacto sobre el territorio, en la misma línea, una buena gestión del medio natural, los bosques y aquella áreas de las cuales se vayan a tomar los recursos, la madera es un material renovable y una de las mejores herramientas que tenemos a nuestro alcance para poder absorber parte del CO₂ de la atmósfera, pero sin una correcta administración de la deforestación y la reforestación, en incluso la biodiversidad, el empleo de este material puede tener un impacto contraproducente, llegando a empeorar las condiciones medioambientales. Otra cuestión relevante es la relación con la industrialización pues este es uno de los pilares fundamentales para que este sistema pueda ser competente frente a otros, y si se logra un empleo eficiente de la misma es cuando se pueden alcanzar tanto los objetivos sociales como medioambientales. Con el fin de hacer frente a estas cuestiones es vital una buena gestión tanto por parte de la propia industria como desde la administración y una buena concienciación acerca de las oportunidades del entramado ligero.



06

CONCLUSIÓN
Entonces que...

En definitiva, a la pregunta del comienzo de si un sistema estructural, en este caso el entramado ligero o 'Platform-Frame', puede ser la clave para afrontar los retos que se presentan en los próximos años, la respuesta corta sería *depende*, depende de muchos factores que se han de tener en cuenta simultáneamente, como puede ser el contexto nacional, el nivel de desarrollo, las necesidades sociales, la disponibilidad de los recursos, entre otras. Es decir, pese a ser una decisión tan simple como elegir un sistema estructural esto conlleva unas grandes repercusiones tanto en la macro-escala de como la micro-escala, y estos efectos pueden variar mucho según los diferentes contextos de las naciones.

Si respondemos a esta misma pregunta de una forma más detallada, si que podemos decir que el entramado ligero puede tomar un papel relevante al dotar de oportunidades a países en desarrollo para que puedan alcanzar un desarrollo humano sostenible, ya sea gracias al empleo de madera como material de construcción a fin de reducir las emisiones de CO2 en la atmósfera o la posibilidad de reducir las desigualdades en cuanto acceso a una vivienda digna asequible, incluido todo ello dentro de un modelo crecimiento económico. Aunque para ello debe introducirse en un contexto donde las condiciones y necesidades se alineen con las ventajas y posibilidades de este sistema estructural. Por otro lado, en situaciones más desarrolladas donde se produce una mayor explotación de este sistema constructivo, puede llegar incluso a tener efectos adversos, incrementando las desigualdades sociales o aumentando el impacto sobre el medio ambiente, por lo tanto, en estos casos es necesaria una reinterpretación del propio sistema con el fin de que pueda ser incluido en otros modelos de crecimiento, integrando estas ventajas y características del entramado ligero en otros sistemas constructivos.

Y es que el empleo de la madera como material de construcción ofrece una serie de ventajas, siendo los bosques una de las principales *máquinas* de absorción de CO2, permitiendo que este organismo pueda funcionar en sintonía y armonía con el modelo productivo y económico, posibilitando crear un ciclo regenerativo y renovable de cual poder retroalimentarse. Sin embargo, para que este proceso pueda ser efectivo es realmente importante una buena gestión y control de estos mecanismos, prestando especial atención a los procedimientos de reforestación,

los cuales han de ser incluidos como parte del propio proceso de la construcción, con el fin de que la madera pueda ser considerado como un material renovable y no empeorando así los efectos sobre el medioambiente.

Relativa sencillez de montaje, esta es una de las principales características del entramado ligero, lo cual le permitió expandirse muy rápidamente y sobrepasar a los modelos constructivos anteriores, sin embargo para que pueda funcionar este sistema estructural dentro del marco de los objetivos de desarrollo sostenible, han de poder funcionar toda una serie de engranajes de escala y complejidad mucho mayores, como puede ser la gestión del medio natural y sus recursos, o una buena organización del propio desarrollo y crecimiento de las ciudades, esta parte invisible desde el punto de vista de la construcción es la que realmente permite que este sistema estructural pueda llegar a afrontar estos retos.

07

FUENTES

Bibliografía | Imágenes | Gráficos

BIBLIOGRAFÍA

- + Aranbarri, N. (2022): "Ciudades circulares, cohesivas y creativas, Por un desarrollo humano sostenible integral", Los libros de la catarata, Madrid.
- + Banco Mundial. (2022a): "Población urbana (% del total)" <<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2022&start=2022&view=bar>> (Accedido 23 Agosto 2023).
 - (2022b): "Población Urbana" <<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL?end=2022&start=2022&view=bar>> (Accedido 23 Agosto 2023).
- + Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (CMMAD). (1987): "Nuestro Futuro común", Nueva York, Organización de las Naciones Unidas.
- + Chicago: the Great Fire. (CGF) (2013). "Balloon frame housing construction". <<https://chicagothegreatfire.wordpress.com/chicago-the-good-life/building-construction/>> (Accedido 23 Agosto 2023).
- + Dunham-Jones, E. (2000): "Sprawl and Spectacle: Seventy-Five Percent", Harvard Design Magazine, Cambridge, MA.
- + Field, W. (1942): "A Reexamination into the Invention of the Balloon Frame". Journal of the Society of Architectural Historians, 2 (4): 3–29. doi: <https://doi.org/10.2307/901212>.
- + Gorte, W.R. (2009): "Carbon Sequestration in Forests", Congressional Research Service.
- + Hawkes, J. (2001): "The Fourth Pillar of Sustainability: Culture's essential role in public planning", Common Ground.
- + Larson, G.M. (2020): "The Post-Fire Building Code". <<https://thearchitectureprofessor.com/2020/05/16/chap-3-how-did-the-1871-fire-change-chicago/>> (Accedido 23 de Agosto 2023)
- + Lincoln Institute of Land Policy (LILP). (2018): "Housing Affordability in a Global Perspective"
- + Madariaga, A. (2022). "Ciudades circulares, cohesivas y creativas, Por un desarrollo humano sostenible integral", Los libros de la catarata, Madrid.
- + Malhotra, S.K. (1981): "Role of wood as construction material", Oktay Ural, Robert Krapfenbauer, Housing, Pergamon.
- + McNamara, R. (1972): Discurso ante la Junta de Gobernadores del Banco Mundial, Washington DC, 27 de Septiembre de 1972.
- + Meadows, Donella H, Dennis L Meadows, Jørgen Randers, and William W Behrens III. (1972): "The Limits to Growth : A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind". New York: Universe Books.
- + National Association of Home Builders (NAHB). (2022): "The Share of Wood-Framed Homes Increased in 2021". <<https://eyeonhousing.org/2022/07/the-share-of-wood-framed-homes-increased-in-2021/>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- + New European Bauhaus (NEB). (2022): "New European Bauhaus Compass".
- + Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015): "Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles".
 - (2016): "Nueva Agenda Urbana. Declaración de Quito sobre Ciudades y Asentamientos Humanos Sostenibles para Todos", Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III).
 - (2021): "Generating Power" <<https://www.un.org/en/climatechange/climate-solutions/cities-pollution>> (Accedido 23 Agosto 2023).
- + Peterson, F. W. (2008): "Homes in the heartland: balloon frame farmhouses of the upper Midwest". University of Minnesota Press.
- + Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (PNUAH). (2019): "The Global Housing Affordability Challenge: A more comprehensive understanding of the housing sector".
 - (2020): "Nueva Agenda Urbana Ilustrada", Centro Urbano.
 - (2022): "Envisaging the future of cities: World Cities Report 2022".
- + Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (1990): "Informe Desarrollo Humano 1990", Tercer Mundo Editores, Bogotá.
- + Serra, B & Díaz Segura, A & Merí de la Maza, R. (2017): "Estudio y aplicación del sistema balloon frame a la industrialización de la vivienda: el caso de las American System-Built Houses de Frank Lloyd Wright". Informes de la Construcción. 69. 190. 10.3989/ic.15.023.
- + Sprague, P.E. (1981): "The Origin of Balloon Framing". Journal of the Society of Architectural Historian, 40 (4): 311–319. doi: <https://doi.org/10.2307/989648>.
- + Turan, M. (2009). Reconstructing The Balloon Frame: A Study In The History Of Architectonics. Metu Journal of The Faculty of Architecture. 26. 175-209. 10.4305/METU.JFA.2009.2.10.
- + United Nations Environment Programme. (UNEP). (2021): "2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector". Nairobi.
- + VerSus. (2014a): "Versus. Lecciones del patrimonio vernáculo para la arquitectura sostenible"
 - (2014b): "Versus. Heritage for tomorrow".
- + Vlmckay (2020): "The Great Chicago Fire of 1871". <<https://vlmckay.wordpress.com/2020/05/28/the-great-chicago-fire-of-1871/>> (Accedido 23 Agosto 2023).
- + World Economic Forum (WEF). (2022): "What has caused the global housing crisis - and how can we fix it?". <<https://www.weforum.org/agenda/2022/06/how-to-fix-global-housing-crisis/>> (Accedido 23 Agosto 2023).

IMÁGENES y GRÁFICOS

- [Portada] Bryan Nash Gil: <https://www.bryannashgill.com/woodcuts/#/woodcuts/english-oak> (Accedido 7 de Septiembre).
- [1] Casper Starenda: <https://www.pexels.com/es-es/foto/fotografia-aerea-de-edificios-2224928/> (Accedido 1 Septiembre 2023).
- [2] Luis Quintero: <https://www.pexels.com/es-es/foto/ciudad-edificios-pueblo-paisaje-urbano-15778614/> (Accedido 1 Septiembre 2023).
- [3] Tom Cowey: <https://www.instagram.com/p/BC6LvBQ5yQ/> (Accedido 1 Septiembre 2023).
- [4] Man Standing in the Lumberyard of Seattle Cedar Lumber Manufacturing, Alfred Eisenstaedt: <https://artsandculture.google.com/asset/4QEZ6dOPhy3d9g> (Accedido 1 Septiembre 2023).
- [5] O'Brien M.J. (2010): "Preservation education and research. Volume Three, 2010", National Council for Preservation Education.
- [6] Charles "Teenie" Harris. (1953a): <<https://collection.carnegieart.org/objects/050340fd-7758-44d6-bfc7-708686e28665>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [7] Charles "Teenie" Harris. (1953a): <<https://collection.carnegieart.org/objects/18a-0b7aa-cf73-4fc4-b5d5-23efe89ed5bb>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [8] SmugMug (1951): <<https://lakewood-ca.smugmug.com/Other-1/Lakewood-History-Book-Gallery/i-Zx7tNqd>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [9] Lange, Dorothea, photographer. Small privately owned mill in the woods, recently discontinued. All the large mills in this area have cut out. Mission Creek, Boundary County, Idaho. General caption 49. United States Idaho Boundary County, 1939. Oct. Photograph. <https://www.loc.gov/item/2017774102/> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [10] Watson, Gaylord. City of Chicago. [New York: Gaylord Watson, 1871] Map. <https://www.loc.gov/item/2011593046/> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [11] The Chicago Fire, . Plate no. 3. Illinois Chicago, ca. 1892. Photograph. <https://www.loc.gov/item/2016647671/> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [12] SmugMug. (1950a): <<https://lakewood-ca.smugmug.com/Other-1/Lakewood-History-Book-Gallery/i-wNHQrZ9>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [13] SmugMug. (1950b): <<https://lakewood-ca.smugmug.com/Other-1/Lakewood-History-Book-Gallery/i-vQfgBmF>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [14] SmugMug. (1950s): <<https://lakewood-ca.smugmug.com/Other-1/Lakewood-History-Book-Gallery/i-tb7gDtX>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [15] Elaboración propia
- [16] Rifath @photoripey: <<https://unsplash.com/es/fotos/pPftEflZH-U>> (Accedido 5 Septiembre 2023)

- [17] K8: <<https://unsplash.com/es/fotos/Nu7Kr7w7O1c>> (Accedido 5 Septiembre 2023)
- [18] Rural Explorer: <https://unsplash.com/es/fotos/oWS_3i0Y5sl> (Accedido 5 Septiembre 2023).
- [19] VerSus (2014b): "Versus. Heritage for tomorrow".
- [20] New European Bauhaus (NEB). (2022): "New European Bauhaus Compass".
- [21] Elaboración propia.
- Índice de Desarrollo Humano (2021): <<https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2021-22sp1pdf.pdf>> (Accedido 5 Septiembre).
 - Estimaciones población (2023): <<https://ourworldindata.org/grapher/population-with-un-projections?tab=table&time=2023>> (Accedido 5 Septiembre).
 - Proyección población (2050): <<https://ourworldindata.org/grapher/population-with-un-projections?tab=table&time=2050>> (Accedido 5 Septiembre).
 - Porcentaje población Urbana (2050): <<https://data.unhabitat.org/pages/urban-population-and-demographic-trends>> (Accedido 5 Septiembre).
 - Superficies (país y forestal). (2020): <<https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2020/AF/home/overview/>> (Accedido 5 Septiembre).
- [22] SmugMug. (1950c): <<https://lakewood-ca.smugmug.com/Other-1/Lakewood-History-Book-Gallery/i-MJmDNVf/A>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [23] SmugMug. (1953): <<https://lakewood-ca.smugmug.com/Other-1/Lakewood-History-Book-Gallery/i-RBPG8p6/A>> (Accedido 2 Septiembre 2023).
- [24] Imagen propia.
- [25] Imagen propia.
- [26] Jeremiebe. (2023): <https://www.instagram.com/p/CqGUsV0M0IZ/?img_index=1> (Accedido 5 Septiembre).
- [27] Imagen propia.