A close-up photograph of several thick, light-colored wooden beams arranged in a structure, likely a roof or floor joist system. The background is slightly blurred, showing a gravel surface and some construction debris. A semi-transparent purple rectangular box is overlaid on the center of the image, containing white text.

**Análisis comparativo del potencial de
la madera laminada y el hormigón
prefabricado en torno al impacto
medioambiental de la construcción. Quito, 2022.**

Kevin Israel Bejarano Aguirre

Bejarano, A. Kevin, I. (2022).

Análisis comparativo del potencial de la madera laminada y hormigón prefabricado en torno al impacto mediambiental de la construcción. Quito, 2022.

Universidad Indoamérica - Quito



Universidad Indoamérica

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
“CARRERA DE ARQUITECTURA”**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE LA MADERA
LAMINADA Y EL HORMIGÓN PREFABRICADO EN TORNO AL
IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION.**

QUITO, 2022

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor(a)

Bejarano Aguirre Kevin Israel

Tutor(a)

Raul Marcelo Villacis Ormaza, M. Arch.

QUITO - ECUADOR

2023

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN

Yo, BEJARANO AGUIRRE KEVIN ISRAEL, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE LA MADERA LAMINADA Y EL HORMIGÓN PREFABRICADO EN TORNO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION. QUITO, 2022". como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al sistema de Biblioteca de la Universidad Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UI).

Los usuarios del RDI-UI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios especificos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 06 días del mes de Marzo de 2023, firmo conforme:



.....
BEJARANO AGUIRRE KEVIN ISRAEL

C.I. 1004715536

Dirección: Av. Atahualpa y Hualcopo Duchicela

Correo: kevin99bejarano@gmail.com

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 06 de Marzo de 2023



.....
BEJARANO AGUIRRE KEVIN ISRAEL
C.I. 1004715536

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE LA MADERA LAMINADA Y EL HORMIGÓN PREFABRICADO EN TORNO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION. QUITO, 2022” presentado por BEJARANO AGUIRRE KEVIN ISRAEL para optar por el título de Arquitecto., CERTIFICO Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 06 de Marzo de 2023

.....
VILLACÍS ORMAZA RAÚL MARCELO, M. Arch.
C.I. 1312200106

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL POTENCIAL DE LA MADERA LAMINADA Y EL HORMIGÓN PREFABRICADO EN TORNO AL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCION. QUITO, 2022 , previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 03 de Marzo de 2023

.....
ARQ. JOSÉ RAMÓN LEYVA GUZMÁN
C.I. 1756756902

.....
ING. JORGE PONCE TAMAYO
C.I. 1757008436

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación, se lo dedico a Dios principalmente por haberme permitido seguir la carrera que deseaba, sin problema alguno me permitió cumplir uno de mis tantos objetivos en la vida, concluyendo de tal manera esta etapa con la finalización del proyecto de grado que sin su amparo esto no podría haber sido posible.

A mis padres, quienes desde el día uno me apoyaron y creyeron en mí sin importar los inconvenientes y circunstancias de la vida, por ser un pilar fundamental con su amor y su paciencia sobre todo inculcándome el ejemplo del esfuerzo y trabajo duro que se han vistos reflejados en este trabajo de titulación como una meta más cumplida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición me brindó esta oportunidad de iniciar y culminar con salud esta etapa más junto a mi familia, por estar presentes y velar por mi bienestar para que todo esto se lleve a cabo.

Agradezco a mis padres ya que sin su apoyo incondicional esto no fuera posible, quienes me enseñaron el significado de trabajo duro con su ejemplo, a mis familiares que estuvieron presentes conmigo no solo durante esta etapa sino a lo largo de mi vida formándome como persona.

A la Universidad Indoamérica por abrirme las puertas permitiéndome aprender de todos y cada uno de sus docentes que me forjaron durante todo este tiempo para de tal manera culminar con mis aprendizajes, a mi tutor Marcelo Villacís quien con sus conocimientos y paciencia se pudo efectuar este proyecto de fin de carrera.

RESUMEN EJECUTIVO

Analizando el tema de investigación, se planteó una revisión literaria mediante herramientas como: papers, artículos científicos y libros que ayudaron a obtener información necesaria para embarcar y conocer el tema de estudio, en donde mediante un análisis se optó por un estudio cuantitativo que mostro las principales variables como: huella ambiental, huella hídrica, eficiencia estructural, costos y confort que son las más destacadas sobre el impacto ambiental que genera entre los distintos materiales a comparar.

Las variables de estudio van de la mano junto a su metodología para aplicarlas en la investigación, el cual se escogió la metodología de tal manera que se adecue a cada tema y materiales, que ayude a obtener resultados cuantitativos y que la investigación vaya orientada a la cotidianidad de la zona de estudio (Quito-Ecuador).

Para la huella de carbono se planteó medir el consumo de CO₂ que genera cada uno de los materiales por lo que se utilizó la herramienta EC3, que permite seleccionar entre una variedad de materiales constructivos y nos arroja 4 datos de la huella de carbono como: valor máximo-mínimo, valor conservador, valor alcanzable.

Para la huella hídrica se tomó en cuenta un manual para medir la huella verde, azul y gris que posteriormente se lo calcula con el volumen de cada material para conocer su consumo total hídrico.

En cuanto a confort se lo realizó mediante encuestas tanto a empresas y consumidores para conocer la aceptación y conocimiento de cada uno de los materiales.

Para los costos se analizó los valores de obra tanto directos-indirectos, los rubos y rendimientos de cada actividad durante la construcción, lo que nos llevó a realizar un APU (análisis de precios unitarios) para conocer costos o pre-supuestos.

Por último, se adjuntaron todos los datos de las variables para así concluir con un gráfico final en donde se compara y contrasta los resultados de la muestra: huella ambiental-hídrica, costos, confort y duración de la obra de los distintos materiales para de esta manera conocer el impacto ambiental de cada material de la investigación.

DESCRIPTORES: Impacto ambiental, madera laminada, hormigón prefabricado.

ABSTRACT

Analyzing the research topic, a research line was proposed through tools such as papers, scientific articles, and books that helped to obtain the necessary information to know the topic; where, through analysis, it opted for a quantitative study that showed the main variables such as environmental footprint, water footprint, structural efficiency, costs and comfort that are the most prominent on the environmental impact generated between the different materials to be compared.

The study variables go hand in hand with their methodology to apply them in the research, which methodology was chosen in such a way that it is adapted to each topic and material. It helps to obtain quantitative results, and the research is oriented to the daily life of the study area (Quito-Ecuador).

For the carbon footprint, the CO₂ consumption generated by each of the materials was measured using the EC3 tool, which allows us to select from a variety of construction materials and gives us 4 carbon footprint data such as maximum-minimum value, conservative value, and achievable value.

For the water footprint, a manual was used to measure the green, blue, and gray footprint, which is then calculated with the volume of each material to determine its total water consumption.

In terms of comfort, this was done through surveys to both companies and consumers to comprehend the acceptance and knowledge of each material.

For the costs, it was analyzed the direct-indirect work values, the items, and the yields of each activity during construction, which led us to perform a UPA (unit price analysis) to know an approximation of the work.

Finally, all the variables data were attached to conclude with a final graph showing: the environmental-water footprint, costs, comfort, and work duration of the different materials to know the environmental impact of them of the research.

KEYWORDS: Environmental impact.

ÍNDICE CONTENIDOS

1. ETAPA 1 • CONOCIMIENTO PREVIO

1.1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	24
1.2. JUSTIFICACIÓN	26
1.3. OBJETIVOS.....	27
Objetivo general.....	27
Objetivos específicos.....	27

2. ETAPA 2 • APLICACIÓN METODOLÓGICA

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	28
2.1.1. MARCO CONCEPTUAL.....	38
2.1.1.1. Huella Ecológica.....	38
2.1.1.2. Huella Hídrica.....	40
2.1.1.3. Eficiencia estructural.....	42
2.1.1.4. Costos en la construcción.....	43

2.1.2 ESTADO DEL ARTE.....	46
2.1.2.1. Caso de estudio 1.....	48
2.1.2.2. Caso de estudio 2	50
2.2. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA.....	52
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
2.3.1. HUELLA AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN.....	54
2.3.1.1. Análisis Madera Laminda.....	54
2.3.1.2. Análisis Hormigón Armado.....	55
2.3.2. HUELLA HÍDRICA.....	57
2.3.2.1. Análisis Madera Laminada.....	58
2.3.2.2. Análisis Hormigón Armado.....	59
2.3.3. EFICIENCIA ESTRUCTURAL.....	60
2.3.4. COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN	61
2.3.4.1. Análisis Hormigón Prefabricado.....	62
2.3.4.2. Análisis Madera Laminada.....	65
2.3.5. CONFORT EN ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS.....	67
2.3.2.1. Encuestas al Consumidor.....	68
2.3.2.2. Encuestas al sector Constructor.....	70
3. ETAPA 3 • DIFUSIÓN DE RESULTADOS	
3.1. RESULTADOS.....	72
3.1.1. HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA.....	74
3.1.2. HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA.....	75
3.1.3. CONFORT Y COSTOS.....	77
3.2. REFLEXIONES FINALES.....	78
3.3. RECOMENDACIONES.....	79

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
5. ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Materialidad de viviendas en Ecuador.....	24
Fig. 2. Datos estructurales de viviendas en Ecuador.....	24
Fig. 3. Materialidad de viviendas en Ecuador (tabla).....	28
Fig. 4. Datos estructurales de viviendas en Ecuador.....	29
Fig. 5. Características del pino.....	30
Fig. 6. Madera lamiada vertical.....	31
Fig. 7. Madera lamiada horizontal.....	31
Fig. 8. Madera lamiada horizontal.....	32
Fig. 9. Madera laminada horizontal.....	32
Fig. 10. Proceso de fabricación de madera laminada.....	33
Fig. 11. Proceso de verter en los moldes.....	36
Fig. 12. Proceso desmontaje del molde.....	36
Fig. 13. Tareas preliminares en un proyecto.....	43
Fig. 14. Obras varias en un proyecto.....	44
Fig. 15. Costos varios en un proyecto.....	45
Fig. 16. Costos directos.....	46
Fig. 17. Costo o gastos indirectos (gastos generales).....	47
Fig. 18. Cargos de Sede Central (gastos generales).....	47
Fig. 19. Metodología de estudio.....	52
Fig. 20. Metodología de la huella de carbono.....	54
Fig. 21. Resultado CO2 Madera Laminada.....	55
Fig. 22. Herramienta EC3-Hormigon Prefabricado.....	55
Fig. 23. Resultado CO2 Hormigón Prefabricado.....	56

Fig. 24. Los 3 niveles de resolución de la HH.....	57
Fig. 25. Calculo de la HH de la promoción inmobiliaria.....	58
Fig. 26. Consumo hídrico de la madera laminada.....	59
Fig. 27. Consumo hídrico de la hormigón prefabricado.....	59
Fig. 28. Modulo de hormigón prefabricado base 6m x 6m.....	61
Fig. 29. Fachadas Laterales Izquierda-Derecha.....	62
Fig. 30. Fachadas Frontal-Posterior.....	62
Fig. 31. Modulo hormigón prefabricado base 6m x 6m.....	62
Fig. 32. Isometría hormigón prefabricado.....	63
Fig. 33. Colocación de los perfiles de aluminio galvanizado.....	63
Fig. 34. Colocación de los 5 tipos de paneles.....	63
Fig. 35. Medidas de los 5 tipos de paneles.....	63
Fig. 36. Costos de hormigón prefabricado (tabla).....	64
Fig. 37. Predimensionamiento de madera laminada.....	65
Fig. 38. Isometría de madera laminada.....	65
Fig. 39. 3D madera laminada.....	65
Fig. 40. Tabla Costos de madera laminada.....	66
Fig. 41. Tabla de comparación de materiales.....	66
Fig. 42. Tabla postura de la empresa.....	68
Fig. 43. Tabla tipo de edificación.....	68
Fig. 44. Tabla materiales estructurales.....	69
Fig. 45. Tabla barrera de adopción.....	69
Fig. 46. Sistema madera laminada.....	70
Fig. 47. Madera laminada para futuros proyectos.....	70

Fig. 48. Fuente de información.....	71
Fig. 49. Fuente de información.....	71
Fig. 50. Variable Huella de Carbono y Huella Hidrica.....	74
Fig. 51. : Resultados comparativos de Huella de Carbono y Huella Hidrica entre materiales.....	75
Fig. 52. Confort industria + costos + confort consumidor entre sistemas constructivos.....	77

ETAPA 1
CONOCIMIENTO PREVIO

1.1 Introducción al problema de estudio

La fabricación de edificaciones en la actualidad se basan en conocimientos tradicionales lo que se han venido doblgando a través de los años, sobre todo en Quito-Ecuador en donde la tasa de materialidad de viviendas y edificaciones son muy elevadas, esto se debe a varios factores tanto: agilizar el tiempo de construcción, bajos costos, seguridad y sobre todo el desconocimiento de uso, de uso de un nuevo material no tan nuevo que es LA MADERA que ha existido hace varios años y que no ha sido tan aprovechado pero que brinda excelentes resultados en cuanto resistencia ya que es muy versátil a la hora de su uso (Vera, 2017).

A la hora de la construcción los materiales más empleados son los que conocemos comúnmente en la actualidad como lo son: el bloque y ladrillo, el cual abarcan la mayor cantidad de construcciones en la ciudad por lo que se ha hecho un análisis a continuación (INEC, 2016).

Según datos obtenidos contamos con un porcentaje alto en cuanto a la materialidad de paredes con: 61.6% Bloques, 35.1% Ladrillo, 1.3% Prefabricada, 0.7% Madera, 0.1% Adobe (INEC, 2016).

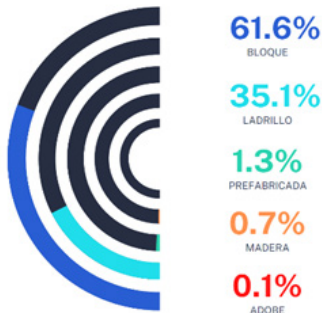


Figura 1 en base a datos INEC: Materialidad de viviendas en Ecuador. Elaboración: Autoría Propia.

En cuanto a datos estructurales contamos: 91.8% Hormigón Armado, 5.6% Metálica, 0.6% Pilotes de Madera y 2% Otros (Vera, 2017).

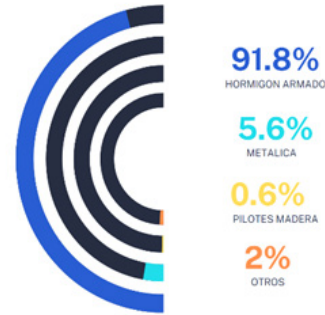


Figura 2 en base a INEC: Datos estructurales de viviendas en Ecuador. Elaboración: Autoría Propia.

Los porcentajes vistos anteriormente son muy altos considerando la época en la que nos encontramos, donde la contaminación ambiental es el principal factor del calentamiento global, todo a favor del resultado de uso de materiales tradicionales ya que no nos proyectamos en futuro con materiales eco-amigables, sino que nos mantenemos con los mismos materiales habituales que fueron creados en una época en donde la importancia del ambiente era nula.

A igual que no se observaba las consecuencias en ese momento, sino las pudimos notar a lo largo de los años cuando la contaminación llegó a su límite, siendo el hormigón uno de los principales materiales contaminantes de la actualidad, produciendo grandes cantidades de CO₂ antes, durante, después de su fabricación y uso, aportando de una manera desenfrenada la emisión de gases de efecto invernadero, sin tomar en cuenta el porcentaje de agua que va destinado para este material y su producción (Haro Estrella, 2021).

En la actualidad se ha visto afectado el ambiente por culpa del hormigón y sus derivados, ya que por desconocimientos de algunas alternativas en cuanto a materiales la zona constructora se ha visto obligada a buscar materiales que sustituyan al hormigón para tratar de frenar su uso y empezar una nueva etapa en donde las construcciones no afecten al ambiente, por lo que el material ideal para este cambio es la “madera” (Vélez Aspiazu & Coello Espinoza, 2017).

La madera se podría considerarla como el único material renovable, que se lo cultiva naturalmente y que porta una ventaja que es la eliminación del CO2 del ambiente, sin dejar a un lado que su producción consta de un porcentaje muy bajo de energía a comparación de otros materiales habituales a la hora de la construcción (Haro Estrella, 2021).

Al ser un material alternativo cuenta con una variedad de ventajas como lo son: eliminar el CO2 de la atmosfera, reducir emisiones de carbono logrando grandes resultados ambientales.

Por lo que se consideró que la madera se encuentra en un nivel superior de las materiales tradiciones como lo son: el acero y el hormigón el cuales aportan con demasiado CO2 afectando el ambiente de una manera muy considerable (Vélez Aspiazu & Coello Espinoza, 2017).



1.2. Justificación

Justificando los datos y resultados obtenidos durante el transcurso de la investigación se plantea aportar de una manera considerable el uso de la madera en distintas etapas del área de construcción, mediante datos veraces que proporcionen el conocimiento suficiente para que este material de bajo impacto pase a primer plano y sea uno de los más importantes a la hora de pensar en arquitectura, no solo por ser un material renovable sino también por aportar con grandes ventajas como su resistencia y estar al mismo nivel o superior de ciertos materiales que no aportan a la huella de carbono (Vélez Aspiazu & Coello Espinoza, 2017).

En cuanto a estructuras la madera es muy fuerte y resistente, llegando a ser comparada con el acero y hormigón, el cual presenta una relación resistencia/peso 20% más alta que el acero estructural y de 4-5 veces mayor que el hormigón no reforzado en compresión (Haro Estrella, 2021).

Otro punto a recalcar es el acero en la construcción tiende a expandirse cuando se calienta, lo que produce debilitar o colapsar la estructura, mientras que la madera sufre lo contrario, cuando es expuesta a temperaturas considerables se seca y se vuelve aún más resistente (Vélez Aspiazu & Coello Espinoza, 2017).

Haciendo de este material una de las mejores opciones del mercado, el cual deje en el pasado al hormigón y sus derivados, percatándonos también de la conservación ambiental y poniendo como prioridad el cuidado del planeta mediante este material renovable (Vélez Aspiazu & Coello Espinoza, 2017).



1.3 Objetivos

Objetivo general

Analizar el impacto ambiental que genera la madera laminada y el hormigón prefabricado para establecer una comparativa para conocer el consumo energético que ocasiona en el área de la construcción.

Objetivos específicos:

Determinar variables que ayuden a comprender las principales afectaciones ambientales y establecer una comparativa entre los materiales propuestos.

Analizar las variables que se planteen respecto a cada material para conocer el contraste que existe entre cada uno de ellos.

Aplicar métodos de obtención de resultados a través de: softwares inteligentes, simuladores, innovación, para de tal manera conocer cuál mitiga el impacto ambiental.



2.1. Fundamentación teórica

La Madera y su uso Estructural en la Arquitectura Latinoamericana

Los bosques de América Latina cubren más de la mitad de la superficie terrestre de los cuales son destinados para las distintas industrias tanto madereras como no madereras que impulsan cierto porcentaje que mueve la economía algunos países (LAFC, 2017).

No solo impulsan a ciertas empresas, sino que consigo mueven muchas de las industrias globales por ende están obligados a manejar bosques sostenibles que ayudan a su conservación para de esta manera volverlo un recurso renovable destinado para la Agenda 2030 por el cual se están pensando en varios factores para llevarlo a cabo (Quiroga, 2017).

Una de las causas del cambio climático es provocado por sector forestal debido a las emisiones asociadas con el cambio de uso de suelo lo que afecta a los bosques su productividad y calidad para sus distintos derivados (LAFC, 2017). Ante todo, esto que produce/afecta al ambiente se ha pensado en la reforestación y un mejor manejo del área forestal para así frenar el cambio climático y pensar en una manera más sostenible para seguir haciendo uso de este recurso.

América Latina posee bosques que abarcan grandes hectáreas que según los datos podemos determinar que América Latina posee recursos forestales. “El área total de bosque de la región asciende a 935,5 millones de

hectáreas, lo cual corresponde al 46,4% de la superficie total en la región. Esto equivale al 23,4% del área total de bosque en el mundo” (LAFC, 2017). Los porcentajes de carbono son muy excesivos por lo que se debe hacer algo por frenar tal totalidad de toneladas si queremos que exista un cambio climático.

La madera procede de recursos forestales (bosques nativos y plantaciones forestales) que son renovables si se manejan bajo el concepto de sustentabilidad; de lo contrario, se degrada y elimina (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

Además, los bosques primarios contienen una amplia gama de especies forestales potencialmente productoras de madera, de las cuales solo se ha estudiado un número limitado y se dispone de información para permitir su uso en la industria de la construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014).

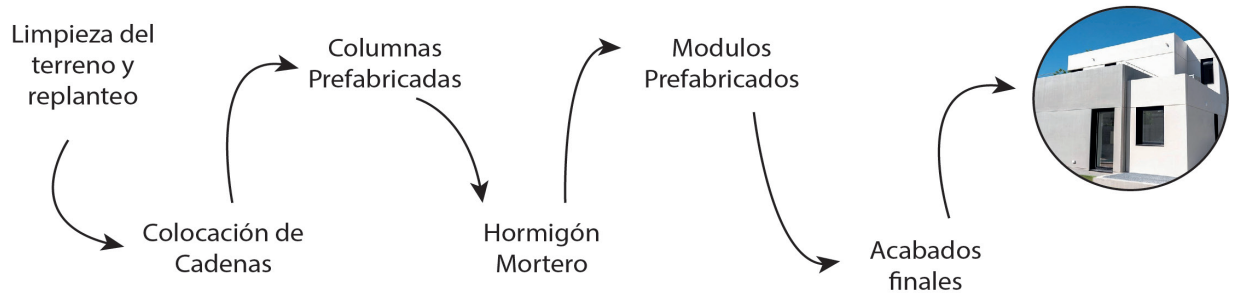
Subregión	Existencias de carbono en la biomasa viva (millones de toneladas)			Cambio en las existencias de carbono (millones ton/año)		Existencias de carbono en la biomasa viva (t/ha)	
	1990	2005	2015	1990-2005	2005-2015	1990	2015
Cono Sur	6.936	6.587	6.230	-23,3	-35,7	96,3	100,5
Amazonia	104.171	98.525	96.551	-376,4	-197,4	121,3	123,8
Mesoamérica	4.545	4.085	3.907	-30,7	-17,8	47,0	45,3
Caribe	462	649	636	12,4	-1,3	92,1	88,4
América Latina y el Caribe	116.114	109.846	107.324	-417,9	-252,2	112,4	114,6

Figura 3 en base a datos INEC: Materialidad de viviendas en Ecuador. Elaboración: INEC

Los materiales a tocar a continuación son dos muy distintos, pero con grandes cualidades similares o superiores entre sí que se desempeñan en el área de la construcción por sus grandes ventajas/desventajas a la hora de ser empleados, por el cual, en esta investigación los conoceremos más detalladamente desde su inicio hasta su puesta en obra (Sevilla Allende, 2018).

Como primer material tenemos al hormigón prefabricado que ha sido muy empleado en los últimos años por sus características de facilitar una obra, y por otro lado tenemos la madera que de por sí ya se utilizaba en la construcción antiguamente y el cual ha ido evolucionando de tal manera que si se le da un “trato distinto” esta puede cambiar totalmente sus propiedades tal y como proporcionarnos un material de mayor resistencia como lo es la madera laminada.

PROCESO CONSTRUCTIVO CON HORMIGON PREFABRICADO



PROCESO CONSTRUCTIVO CON MADERA LAMINADA

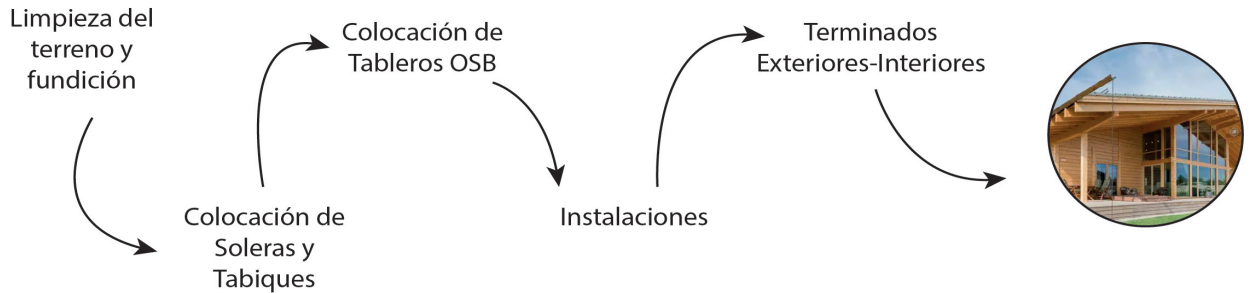


Figura 4 en base a datos INEC: Datos estructurales de viviendas en Ecuador.
Elaboración: Autoría Propia.

La madera laminada es un material versátil, hecho de bloques de madera, con pegue sus extremos y superficies de tal manera hacer una pieza paralela al eje elemento. (Sevilla Allende, 2018).

La madera se mejora gracias a la clasificación de la materia prima en función de su solidez y de la homoge-

neidad de las sucesivas capas. Según el tipo de laminado distinguimos dos tipos: madera laminada horizontal, en la que los planos encolados son perpendiculares a la dimensión mayor de la sección transversal, y la madera laminada vertical, en la que el encolado es perpendicular a la dimensión menor (Sevilla Allende, 2018).

CARACTERÍSTICAS DEL PINO

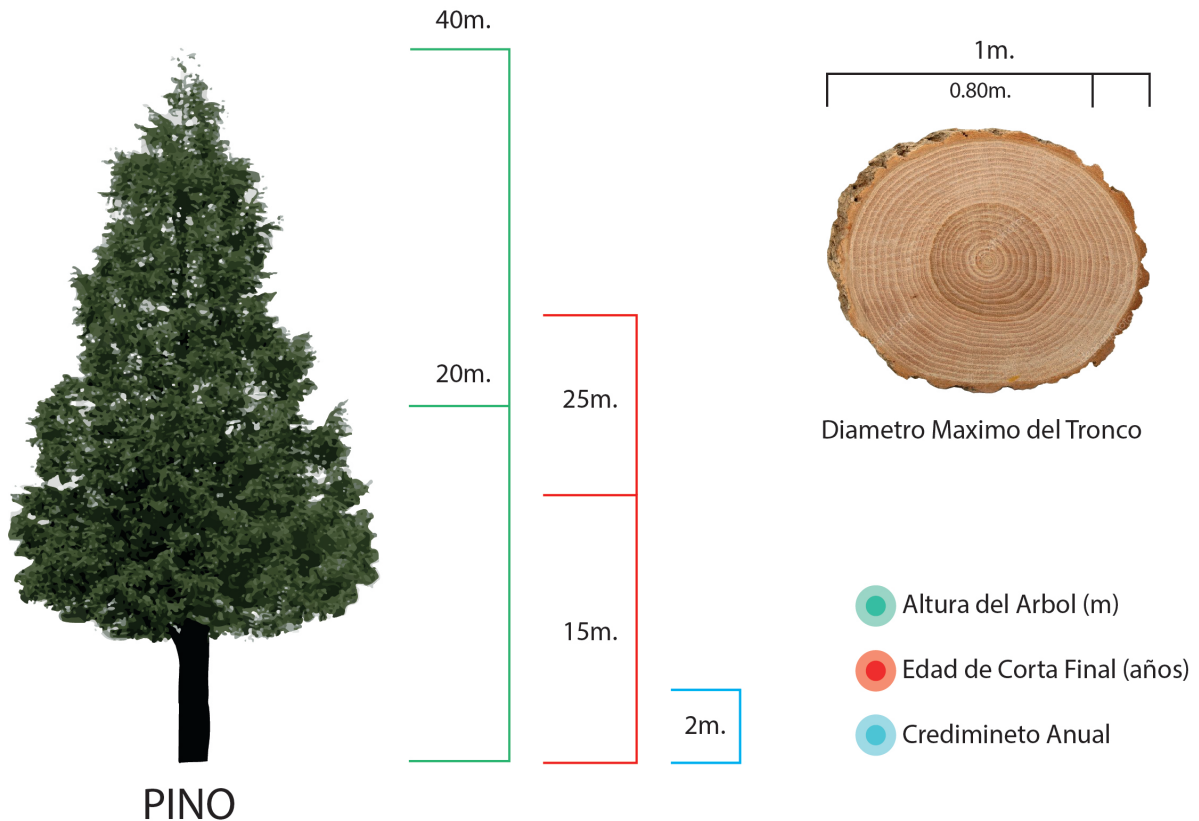


Figura 5: Características del pino.
Elaboración: Autoría Propia.



Figura 6: Madera laminada vertical.
Elaboración: (Sevilla Allende, 2018).

La principal virtud de la madera laminada encolada frente a las uniones mecánicas de las láminas que se realizaban inicialmente mediante bridas o pernos, es que ofrece una mejor respuesta estructural al prestar una mayor rigidez (Miralles, 2019).

Según (Miralles, 2019) el uso de las uniones dentadas ha permitido que se pudieran sanear todos los defectos previos de las piezas, compitiendo con la construcción tradicional en madera aserrada, eliminando sus principales defectos. La combinación de pequeñas láminas de madera, contrapeando las fibras de las mismas con los adhesivos de unión, le confieren unas óptimas características de flexión y de compresión, la resistencia a los agentes químicos, su respuesta por aumento de temperatura, su alta resistencia al fuego y su estabilidad dimensional, confieren a este material virtudes únicas.

La madera laminada, se fabrica uniendo un determinado número de piezas de madera encolada, deben unirse de forma que sus fibras sean paralelas al eje del elemento lo



Figura 7: Madera laminada horizontal.
Elaboración: (Sevilla Allende, 2018)

cual esta unión de piezas se realiza con adhesivos a base de urea formaldehído, urea resorcinol y urea melanina, todos ellos tienen dos componentes y son de curado en frío (Forest Service & Products Laboratory, 2010).

De los adhesivos, el de urea formaldehído suele ser el más usado y el más económico, además es resistente a rehumidificaciones temporales y se puede utilizar en talleres cuando no haya temperaturas menores de diez grados (Miralles, 2019).

En Europa se usa más como adhesivo la urea resorcinol, también porque aguanta mejores usos de la madera en exterior, pero requiere una temperatura superior de trabajo en los talleres y es más caro que el de urea formaldehído (Miralles, 2019).

La urea melanina es muy resistente a la humedad, pero no lo es tanto como el de resorcinol, se utiliza sobre todo porque no deja marcas oscuras como puede ocurrir con el resorcinol (Forest Service & Products Laboratory, 2010).

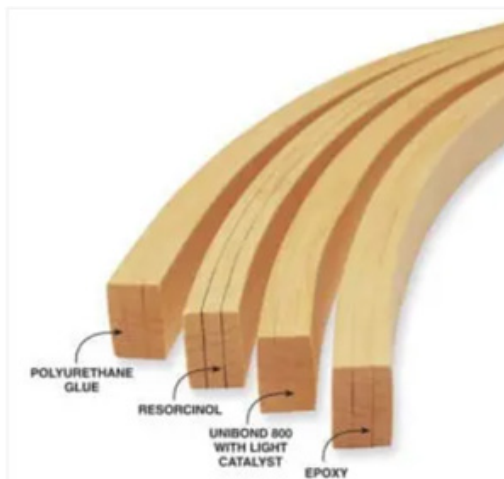


Figura 8: Madera laminada horizontal.
Elaboración: (Sevilla Allende, 2018)

Los listones de madera de pino se unen para hacer madera laminada suele estar entre los 20 y los 45 mm de grosor lo cual logra la máxima estabilidad y evitar la contracción y expansión de la madera, las tablas se ensamblan de modo que los anillos de crecimiento formen ángulos opuestos a la superficie (Miralles, 2019).



Figura 9: Madera laminada horizontal.
Elaboración: (Miralles, 2019)

Para la fabricación de madera laminada no suelen mezclarse especies si no se quiere reducir la capacidad de estabilidad que ofrece, esto suele hacerse sólo si la madera laminada se va a instalar o usar en zonas secas o donde va a haber mínimos cambios de humedad (Forest Service & Products Laboratory, 2010).

Si se mezclasen especies y se produjeran cambios en el contenido de humedad, la madera laminada sufriría tensiones y dependiendo de los coeficientes de las especies utilizadas las tensiones de la madera podrían separar las piezas que forman la madera laminada, en el caso de querer usar dos especies diferentes deberían unirse especies cuyos coeficientes de contracción no varíen más de un 25% entre ellos (Forest Service & Products Laboratory, 2010).

Mediante uniones tipo finger joint permite la producción de vigas y columnas a gran escala mediante el uso de máquinas automatizadas permite realizar juntas tipo finger cortan las piezas de madera, las conectan y adhesivas juntas a gran presión, produciendo unas juntas resistentes y duraderas, capaces de transmitir grandes cargas comparables a la madera natural con la misma sección transversal(Forest Service & Products Laboratory, 2010).

PROCESO DE FABRICACION DE LA MADERA LAMINADA

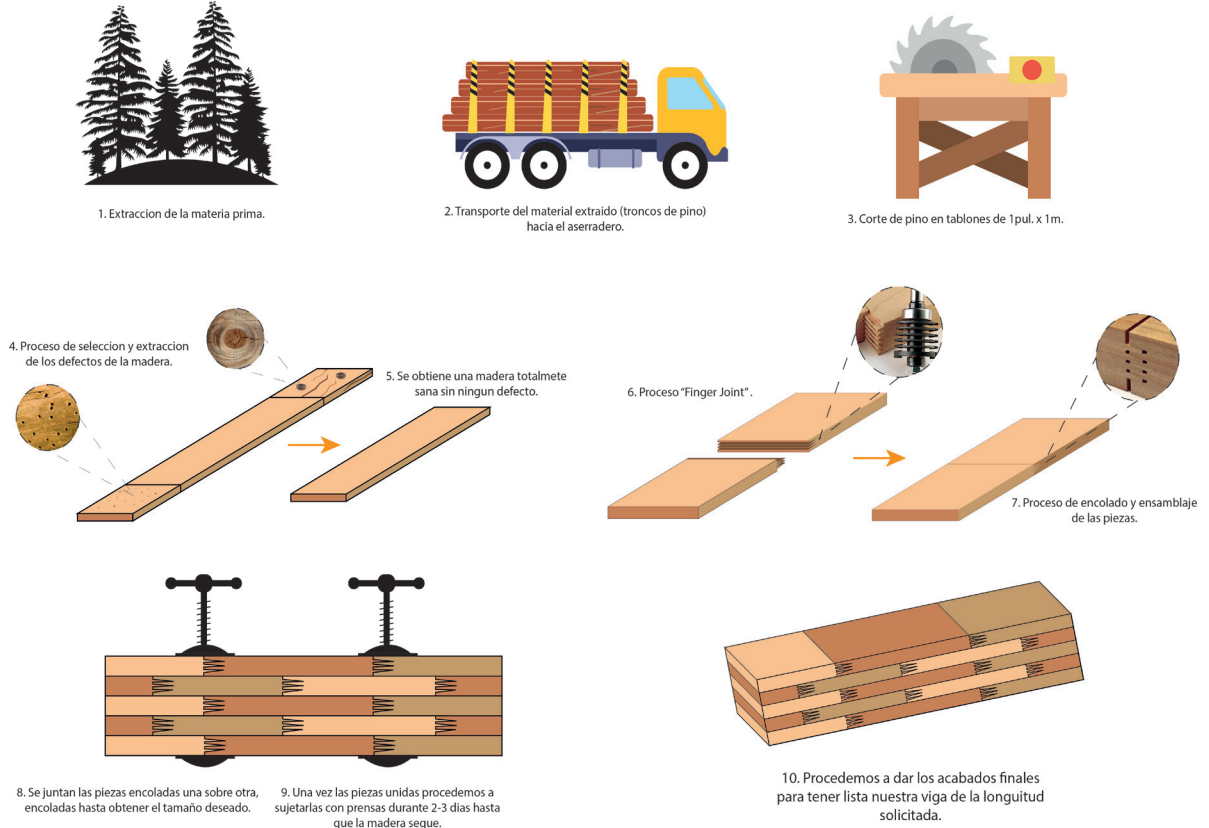


Figura 10: Proceso de fabricación de madera laminada.

Elaboración: Autoría propia

Ventajas:

- El pegamento permite la unión de listones cortos y estrechos que, cuando se unen de manera efectiva, pueden formar elementos estructurales de cualquier grosor, largo, ancho y forma ilimitada (Pérez Galaz, 1992).

- La madera laminada puede cubrir grandes luces sin usar paredes internas, columnas y otros elementos necesarios hechos de otros materiales, lo que le permite ahorrar dinero (Miralles, 2019).

- Las vigas de madera laminada ofrecen varias ventajas sobre las vigas de acero. Son más livianos, fáciles de instalar con la construcción residencial convencional y tienen una mejor relación costo-valor de instalación (APA – The Engineered Wood Association, 2010).

- La madera es un elemento decorativo en sí mismo, capaz de iluminar estancias y ofrecer una variedad de acabados que casan con todo tipo de arquitectura (Miralles, 2019).

- La madera laminada es un producto de madera estructural que permite tiempos de construcción rápidos ya que es prefabricada y la mayoría de los componentes se entregan listos para ensamblar y rápidos de ensamblar(APA – The Engineered Wood Association, 2021).

- El coste del proceso de producción por pieza es menor en términos de consumo de energía en comparación con la misma pieza hecha de un material diferente (Miralles, 2019).

Desventajas:

- Dificultades de transporte en el diseño y fabricación de piezas largas. La fase de transporte requiere restricciones de longitud y anchura. Este es un aspecto que debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar y calcular este tipo de estructuras (Sevilla Allende, 2018).

- Los elementos de gran longitud y extremada curvatura son difíciles de procesar y transportar, lo que repercute en el precio final de los elementos de madera laminada (Pérez Galaz, 1992b).

- Como material compuesto, su sección transversal no tiene propiedades uniformes, ya que existen algunos espacios entre diferentes placas debido a las diferentes propiedades de sus materiales de conexión (como los adhesivos). Por lo tanto, está sujeto a la delaminación, que es un tipo de falla de este material y otros compuestos (Sevilla Allende, 2018).

- Debido a consideraciones de acabado, acabado y construcción, la tasa de pérdida durante la producción es bastante alta, alrededor del 33% al 50% en madera y adhesivos (Pérez Galaz, 1992b).

- Su producción requiere de equipamientos y maquinarias especiales. Debido a que el equipo es caro es necesario conocer el proceso y contar con una mano de obra especializada(Pérez Galaz, 1992c).

Hormigón Prefabricado y su Uso en la Arquitectura Moderna

Los paneles prefabricados son elementos de hormigón armado para uso interior o exterior. Estos elementos actúan verticalmente y resisten fuerzas horizontales transmitidas en su plano y pueden ser portantes o arriostrados. Los paneles brindan soporte continuo mediante punzonado que trabaja solo en compresión, cuentan con sistemas de anclaje que facilitan la conexión con otros paneles y la transferencia de fuerzas del suelo y de tracción (INDAGSA, 2022).

Actualmente, debido a la (muchas veces negativa) presencia humana en el planeta, se han realizado esfuerzos para encontrar nuevas alternativas con propiedades reciclables, por lo que el presente estudio propone la introducción de un material a base de materiales reciclados (Prieto Jiménez, 2014).

Es el más simple y fácil. Se utiliza para pequeños detalles, como cornisas o molduras, cuya geometría otorga inercia al elemento. Está formado por un casco de 10 mm de espesor reforzado con nervaduras del mismo material que actúan como vigas huecas y garantizan una rigidez total. Su peso oscila entre 30 y 45 kg/m² según el acabado superficial y el tamaño de los

paneles, con un tamaño máximo de hasta 6 m² y una longitud máxima de 3 m (ANDECE, 2019).

Se fabrican también con un espesor máximo de 10 cm, normalmente con una altura de 2,5 a 4,0 m, con longitudes variables y, tras analizar sus propiedades mecánicas, pueden contener las tuberías necesarias para acceder a los equipos sin sufrir daños (INDAGSA, 2022).

El sistema se adapta a las condiciones climáticas locales, utilizando el peso ligero y la perforación de los paneles de fachada, como objetivo adicional, tanto la variabilidad de la fachada como de interiores se consigue con varios paneles diferentes y sus combinaciones, que permiten una fácil instalación en obra (Palmarola, 2012).

El método usual para la producción de losas prefabricadas de hormigón consta de los siguientes pasos:

1. Limpieza de moldes y control dimensional.
2. Aplicar agente desmoldante o retardador de superficie.
3. Coloque las herramientas en la plataforma.
4. Montaje de piezas básicas.
5. Colocar armaduras y elementos de anclaje y elevación.
6. Se realiza la disposición de agujeros, ranuras

y tuberías.

7. Énfasis y oración vibrante. conservación de vapor.
8. Vertido y levantamiento.
9. En su caso, tratamiento superficial en fábrica.
10. Fábrica apilada verticalmente.
11. Transporte al lugar de instalación.

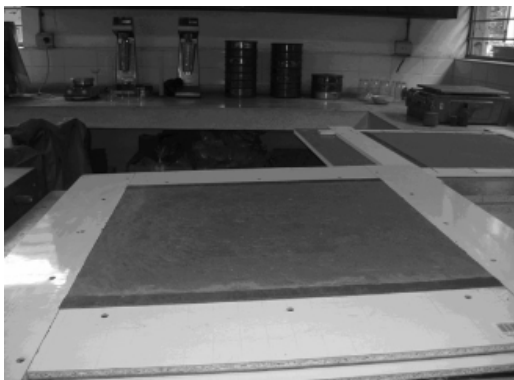


Figura 11: Proceso de verter en los moldes .
Elaboración: (Quinchía et al., 2007)

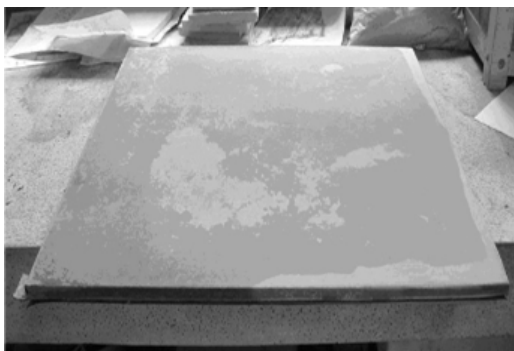


Figura 12: Proceso desmontaje del molde.
Elaboración: (Quinchía et al., 2007)



Figura 13: Proceso de secado.
Elaboración: (Quinchía et al., 2007)

Los elementos que componen el sistema estructural son:

- Paneles portantes interiores: Son las losas de hormigón armado destinadas a elementos interiores, portantes, autoportantes o de fijación. Estos paneles corren verticalmente y están preparados para recibir losas y prefabricados del mismo taller o losa (ANDECE, 2019).
- Paneles para muros exteriores portantes: Paneles de hormigón armado para muros exteriores portantes. Estos paneles corren verticalmente y están listos para recibir losas al igual que los paneles interiores (ANDECE, 2019).

En los últimos años, la producción de paneles ha ido en una dirección completamente diferente, aunque la tendencia general es hacia unidades más grandes y pesadas. Los proyec-

tos de paneles prefabricados, requieren una estrecha colaboración entre los diseñadores y los expertos en prefabricados para evitar errores importantes (Santa Rodríguez, 2008).

Ventajas:

- La principal ventaja de los prefabricados es que tiene una alta resistencia mecánica, especialmente resistencia a la flexión y al impacto. Esto permite piezas ligeras con el mismo o mejor rendimiento (ANDECE, 2019).

- Máximo rendimiento y flujo de trabajo, economización de material (cemento, áridos, aditivos, hierro), sin uso de encofrados, mano de obra reducida ya que no se necesita una gran cuadrilla (Caballero Vinueza, 2004).

- Después de ser transportada al sitio de construcción, puede ser ensamblada, cerrada y poner en funcionamiento en unos pocos días (Muri Cedeño, 2015).

- Piezas prefabricadas más uniforme, hormigón más denso manteniendo un buen control de calidad (Novas Cabrera, 2010).

- Reducción de los desechos de construcción una vez que los paneles prefabricados lleguen al sitio de construcción, se reducirá la cantidad de desechos generados en el sitio de construc-

ción al momento de montaje (Muri Cedeño, 2015).

- Si el residente lo desea, la casa prefabricada puede ser completamente desmantelada y trasladada a otro lugar elegido (Muri Cedeño, 2015).

Desventajas:

- El material en si no permite la ejecución de proyectos en altura ya que al fabricarse piezas de mayor tamaño para que estas soporten las cargas se volverían paneles más pesados y difíciles de transportar (Santa Rodríguez, 2008).

- Transporte para su uso y montaje representa un costo adicional ya que son planchas grandes y pesadas lo que involucra un gran vehículo para su desplazamiento (Novas Cabrera, 2010).

- Precisión en las conexiones para que su estática no se desplome (Novas Cabrera, 2010).

- Cierta rigidez de proyecto, que requiere coordinación entre diseñadores y especialistas en producción industrial (Santa Rodríguez, 2008).

- Cabe destacar la fuerte dependencia de la subcontratista creada en el proyecto. Algunos problemas quedarán fuera del ámbito de la dirección de obra, y las contingencias o dificul-

tades que en ellos surjan serán propias de la empresa de que se trate (Perdomo & Ruocco, 2015).

2.1.1. DEFINICION DE VARIABLES

Las siguientes variables que se van a tocar a continuación se han analizado y relacionado entre los distintos temas de estudio, como las mas fundamentales a considerar en el entorno del impacto ambiental abordando temas del análisis por donde está dirigida la investigación.

HUELLA ECOLOGICA

A medida que avanzan los años, se plantea que el espacio de construcción irá creciendo, por ello, se plantea que la emisión de huella de carbono aumente a nivel mundial. Por tal razón, todos aquellos que intervienen en el proceso de construcción han de tomar decisiones informadas e inteligentes que permitan obtener información relevante sobre el uso de materiales.

De este modo, el EC3 (Embodied Carbon in Construction Calculator) que está destinado al ámbito de la construcción tiene como finalidad facilitar el acceso a información sobre datos de emisión de carbono de cada material usado en el campo mencionado, y pues a partir de este se tomen mejores decisiones a la hora de crear edificaciones en un cierto espacio.

En este sentido, el EC3 según el autor Carbon Leadership Forum (2019) “alienta a los proyectos a establecer un “presupuesto de carbono” durante el diseño que luego se puede administrar a través del “control de cantidad” de materiales y los esfuerzos de adquisición, que luego se validan durante el proceso de construcción” (p.2). En definitiva, una buena aplicación del EC3 en la construcción ayuda a cumplir con los objetivos de reducir las emisiones de carbono en un proyecto como también a tomar las mejores decisiones en la adquisición de proveedores.

El EC3 es considerada como una base datos que otorga información importante a la construcción por lo que su acceso es abierto a todo público (Carbon Leadership Forum. 2019). Cabe destacar que esta herramienta recoge información principalmente de materiales de estructura (madera, hormigón, etc.), recintos (aluminio, vidrio, etc.) y acabados (alfombras, azulejos de techo, etc.).

Cabe destacar que la herramienta no es aquella que da la decisión final, sino que al brindar información de suma relevancia ayuda a que un proyecto de construcción busque las alternativas más razonables y así el equipo llegue a conclusiones que permitan tomar la decisión correcta.

Uso de la herramienta EC3: un caso de uso estructural

De acuerdo a Carbon Leadership Forum (2019) la herramienta EC3 está compuesta por 6 etapas, mismas que inicia desde el concepto hasta finalizar con el cierre del proyecto. A continuación, se menciona cual es la funcionalidad de cada etapa.

Etapa 1: Fase de concepto

Es la etapa donde se analiza y se toma la decisión en lo que refiere a la reutilización de la edificación o acudir a una nueva construcción, por lo que aquí también se conoce el consumo del carbono.

Es considerado como un momento crítico porque a partir de esta etapa se procede a establecer definitivamente el programa del proyecto como también el presupuesto y los objetivos a conseguir a lo largo del proceso (Carbon Leadership Forum, 2019). Desde este hecho, en la selección del material de construcción se debe tener en cuenta de donde proviene, el cómo se hizo y si cumple con el concepto de diseño, por lo que podría generar un cambio en la huella de carbono. Por tanto, la herramienta EC3 dentro de esta etapa es usada para considerar los límites de material.

Etapa 2: Fase de diseño esquemático

El gestionar un presupuesto es esencial dentro de un proyecto, ya que a partir de este el equipo de diseño alcanzará los objetivos planteados. En este sentido, la cantidad de material, factores de costos y el carbono incorporado son el centro de esto, por lo que deben rastrearse, medirse y evaluarse juntos (Carbon Leadership Forum, 2019).

Dentro de este marco, la información dentro de la herramienta EC3 llega a ser relevante, ya que rastrea datos de cantidad de materiales desde un modelo Revit. Al finalizar el diseño esquemático se da a conocer de manera completa las cantidades estimadas para el proyecto.

Etapa 3: Desarrollo de Diseño y Documentos de Construcción

En medida que va avanzando el diseño del proyecto se ha de ir haciendo constancia de las estructuras que se han usado como también la cantidad de carbono incorporado, así mismo generar informes donde se establezcan los hitos claves del proyecto (Carbon Leadership Forum, 2019). Por ende, la herramienta EC3 en esta etapa tiene la capacidad de organizar los materiales del proyecto y a partir de ahí dar seguimiento de las cantidades en las diferentes etapas del proyecto, por lo que este ayuda a

generar informes de tendencia en medida que va avanzando el diseño.

Etapa 4: Licitaciones y Adquisiciones

La herramienta EC3 toma mayor relevancia en esta etapa, puesto que “Con la adopción de la herramienta EC3, los proveedores de materiales sabrán qué variables se están revisando y rastreando en el momento de la licitación” (Carbon Leadership Forum, 2019, p. 7). A partir de esa información se ineditica a proveedores que ofrezcan materiales con menor contenido de carbono y se considere las mejores compensaciones al momento de atribuirse al proyecto.

Etapa 5: Construcción

La etapa de construcción requiere de un trabajo en equipo, ya que a partir de aquí se toma cuenta a todas las decisiones aceptadas en las etapas anteriores para que de tal manera se garantice el cumplimiento del proyecto (Carbon Leadership Forum, 2019). Añadiendo, es aquella etapa donde se ha de rastrear, confirmar la cantidad de y asignación de carbono incorporadas en el proyecto.

Etapa 6: Cierre de proyecto

En la etapa de cierre de proyecto se analiza

y verifica el uso del carbono, por ende, se lo analiza con profundidad para que se siga mejorando en futuros proyectos. La herramienta EC3 permite la generación y recopilación de información de proyectos construidos, por lo que, si esta base de datos sigue creciendo, ha de permitir que en un futuro se tome mejores decisiones en referencia a la construcción de edificaciones como también generar beneficios al ámbito de la construcción (Carbon Leadership Forum, 2019).

HUELLA HIDRICA

La huella hídrica es considerada como el principal indicador del consumo y así mismo de la contaminación que se genera en el agua dulce y que es palpable de manera directa como también indirectamente. Su utilidad ha hecho que su uso sea global, puesto que es un indicador apropiado de los recursos del agua dulce.

Dentro de este orden de ideas, la función principal de la huella hídrica es determinar el volumen de agua utilizada para generar cierto producto. Por otro lado, este es considerado como indicador multidimensional porque también demuestra los volúmenes por fuentes de agua como también por volúmenes de contaminación (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2016). En este sentido, al ser multidimensional

posee variables, mismas que ayudan a entender la materia a estudiar, por ello, se dividen en la huella hídrica azul, huella hídrica verde y la huella hídrica gris. A continuación, se explica cada variable.

Huella hídrica Azul

Esta refiere al consumo de los recursos hídricos azules mismos que se pueden encontrar en la superficie o de manera subterránea a lo largo de la producción de un producto. En este sentido, cuando se habla de consumo se está señalando al desgaste o pérdida de agua de la masa de agua disponibles ya sea en acuíferos subterráneos o la misma superficie (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2016). Se habla de pérdida cuando el agua se llega a evaporar, es dispuesta al mar, no se incorpora al producto o cuando este no regresa al mismo periodo en el que inició. En tal sentido, Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen (2016) afirman que “La huella hídrica azul mide la cantidad de agua disponible en un determinado período que se consume (es decir, que no se devuelve a la misma cuenca hidrográfica)” (p.23). Es así como la huella hídrica azul determina una medida del volumen de agua disponible que ha sido consumida por el humano. En este contexto, se determina que la unidad de la huella hídrica azul es el volumen de agua por unidad de tiempo, aunque también puede ser por unidad de producto.

Huella hídrica Verde

Esta huella refiere al total consumo de los recursos del agua verde, es decir, agua de lluvia que no se pierde por filtro o riego bajo. De este modo, Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen (2016) afirman, “El agua verde se refiere a la precipitación sobre la tierra que no provoque escorrentía o se sume a las aguas subterráneas, pero que se mantenga en el suelo o su superficie o la vegetación” (p.26). Por ende, se considera a la huella hídrica verde como el volumen de agua de lluvia que se consume durante la producción.

Huella hídrica Gris

De acuerdo con los autores Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen (2016) establecen que “La huella hídrica gris se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes más allá de las concentraciones naturales del lugar y la calidad del agua” (p.7). Es decir, que esta huella hídrica refiere al volumen que se necesita de agua para reducir las emisiones contaminantes, por lo que, su finalidad principal es ser un indicador que determine que, entre menos cantidad de contaminación, es mejor.

De esta manera, para el cálculo de esta huella hídrica se requiere de las normas ambientales

de calidad de agua como también las de agua potable, las de riego de calidad o normas de emisión.

EFICACIA ESTRUCTURAL

En el ámbito de la construcción se maneja una diversidad de materiales, los cuales con el tiempo se han convertido en tradicionales para aquellos que están involucrados en este campo. A raíz de este hecho se conoce que existen materiales de construcción que consumen altos niveles de energía al momento de su fabricación, por lo que esto no solo refiere a una masiva inversión económica sino también a una energética. En tal sentido, Arriaga (1995) menciona que “A pesar del elevado costo y la creciente escasez de la energía, el camino hacia una energía intensiva aumenta en lugar de disminuir” (Sección Materiales y Energía, párrafo 4). En este sentido, se considera que estos altos consumos de energía por parte de ciertos materiales de construcción continúe por algún tiempo, sin embargo, en los últimos años se ha considerado a la madera como una de las alternativas razonables, debido al compromiso que este tiene con el medioambiente y así mismo con la parte económica.

En este contexto, la madera es un material de construcción que a diferencia de otros materia-

les consume menos energía al momento de su fabricación, por lo que brinda más soluciones al ahorro económico y de energía (Arriaga, 1995). Es importante reconocer que años atrás el conseguir madera era bastante complicado y caro por el hecho de que los árboles de donde se obtiene se demoran en crecer, sin embargo, en la actualidad conseguirlo ya no es un problema puesto que los avances en la ciencia y tecnología ha permitido que se dé un crecimiento acelerado de lo que se llama “maderas comerciales”.

En este sentido, la madera hoy en día es uno de los materiales que se puede conseguir con facilidad y que además es amigable con el ambiente dado que usa otros procesos para su fabricación y, por ende, ha buscado reducir los niveles de consumo en maquinaria, dinero y energía. Por tal razón, el autor Arriaga (1995) señala “Estos avances suponen importantes desarrollos para la construcción y en relación con la situación energética mundial” (Sección Materiales y Energía, párrafo 9). Es así como diversos estudios han demostrado que las ventajas energéticas de la madera frente a otros materiales de construcción son totalmente diferentes y marcan un antes y después dentro de este ámbito.

VARIABLE DE COSTOS

Un proyecto de construcción sigue un proceso claro y conciso para su éxito, por ende, el confeccionar un listado de presupuesto en el

que se incluye una variedad de tareas permite que la obra esté totalmente organizada y llegue a las metas planteadas. Por tal razón, las tareas indispensables en una obra se mencionan en la Figura 13.

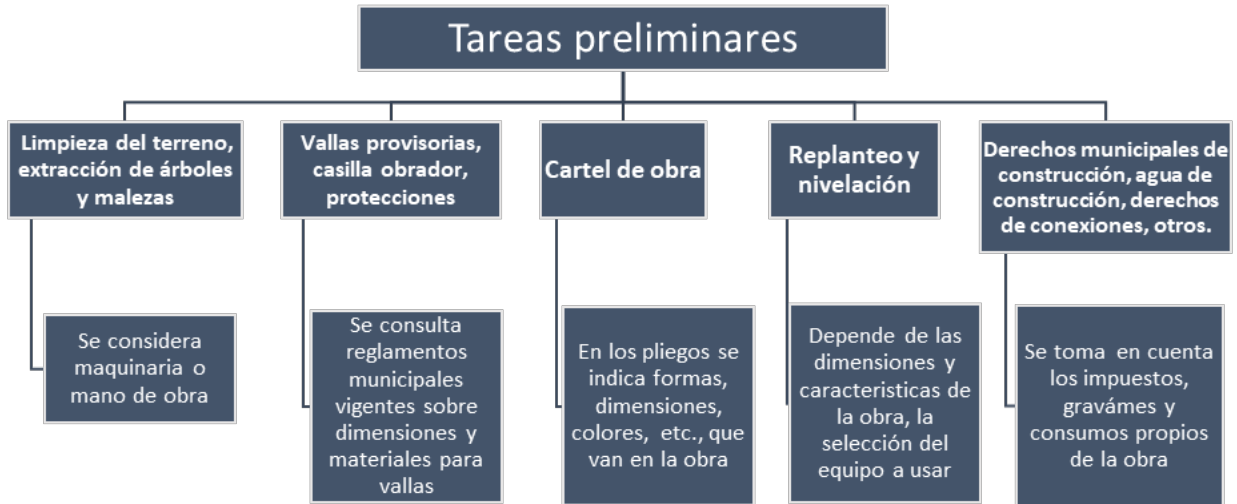


Figura 13: Tareas preliminares en un proyecto.
Elaboración propia. Fuente: Macchia (2009).

Dentro de este marco, se considera que un proyecto de construcción en ocasiones se puede añadir a lo que se denomina “obras varias”, por lo que estas pueden ir desde la limpieza periódica

y final de obra como también planos conforme a obra, liquidación de medianeras, observe la Figura 14.

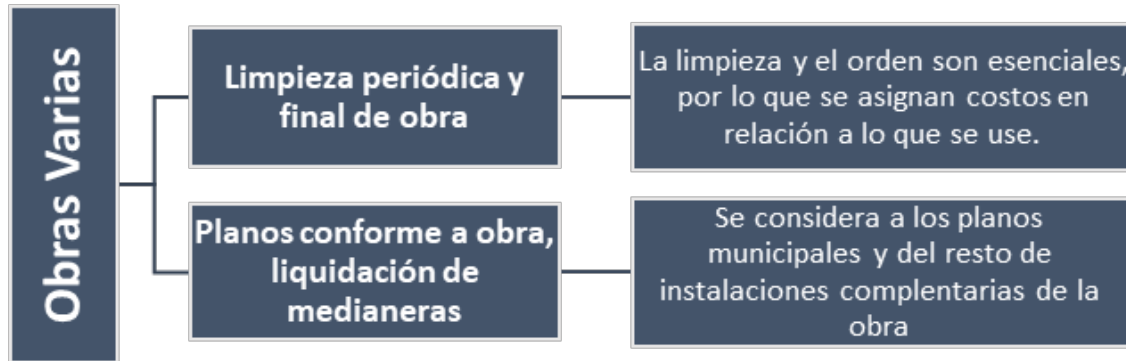


Figura 14: Obras varias en un proyecto.
Elaboración propia. Fuente: Macchia (2009).

Presupuestos por análisis de precios

El presupuesto de una obra debe ser calculado con rigor científico, por tanto, en ocasiones y en relación del tipo de obra que se esté ofertando, el mejor método es el “análisis de precio”. En tal sentido, su elaboración es compleja pero su ventaja es que ofrece una elaboración y organización clara y completa. El autor Macchia (2009) determina, “El método por análisis de precios, será la base o punto de partida para la organización posterior y el seguimiento de la obra durante su ejecución” (p.137).

El presupuesto no solo ofrece valores a un trabajo determinado, sino que también permite la obtención de datos o parámetros importantes para la ejecución de la obra, por ello véase la Figura 15.



Figura 15: Costos varios en un proyecto.
Elaboración propia. Fuente: Macchia (2009).

Rubros e ítems de una obra

Los rubros e ítems de una obra se determinan por medio de una metodología, la cual, ayuda a descomponer tanto en partes físicas y elementales al proyecto de construcción, por ello, son conocidas como “visibles” (Macchia, 2009). Sin embargo, estas partes no son del todo la repre-

sentación de una obra, ya que en ella intervienen otras partes que “no están visibles”, por tanto, es necesario tomar en cuenta todo para determinar el valor final de una obra. En este contexto, el computista presupuestista debe manejar dos listados de ítems, tanto el de presupuesto “visible” y el de los ítems que no son “visibles”.

Estructura del precio de venta, para valorizar una obra o trabajo

El precio de venta de una obra se establece por medio de dos pasos importantes de acuerdo al autor (Macchia, 2009), por lo que el primero refiere a determinar el costo de la obra y el segundo paso a calcular el coeficiente de “pase”.

Determinar el costo de la obra

Según Macchia (2009) determina que, “Esto se basa en el estudio pormenorizado de la documentación, efectuando el listado de rubros e ítems, computamos y “costeamos”, por el método de los análisis de precios (toda la obra)” (p.138).

Calcular el coeficiente de “pase”

Se establece que todo lo que interviene en la obra, ya sea de manera indirecta o directa se debe analizar, por lo que una vez hecho se determina el “pase” y se lo aplica con el costo, para así obtener la venta (Macchia, 2009).

En este sentido el proceso a seguir es simple, ya que solo es cuestión de seguir el orden de dicho proceso. Por ende, el valor de costo se encuentra compuesto por el costo de materiales, subcontratistas, mano de obra directa, con-

sumibles, equipos directamente afectados, así mismo por los gastos del obrador, de la dirección de la empresa, las ayudas de los gremios, transporte, viajes, representación técnica, seguros y garantías para la obra, entre otras consideraciones.

Determinación del Costo de Obra

Es importante mencionar que para determinar el costo de la obra se debe seguir un proceso, por tal razón, el autor los divide desde costos directos hasta cargos de sede central. A continuación, se menciona a cada uno de ellos.



Figura 16: Costos directos.
Elaboración propia. Fuente: Macchia (2009).

Costo o gastos indirectos (gastos generales)

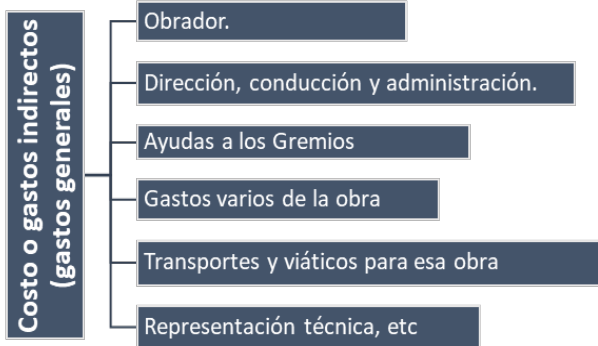


Figura 17: Costo o gastos indirectos (gastos generales).
Elaboración propia. Fuente: Macchia (2009).

Cargos de Sede Central (gastos generales)



Figura 18: Cargos de Sede Central (gastos generales).
Elaboración propia. Fuente: Macchia (2009).

Determinación del Coeficiente de Pase (Proporcionales)

Venta, Presupuesto Final

Se considera que las etapas previstas en el presupuesto indicadas y descriptivas son las que más representan y se encuentran ordenadas, ya que para otros autores esta se la desarrolla de otras maneras.

Dentro de este orden de ideas, se aclara que los gastos son erogaciones que toda entidad debe afrontar para mantener su actividad en el mercado y así mismo este se encuentra estrechamente relacionado con la contabilidad (Macchia, 2009). Por otro lado, se determinó que los costos es todo aquello que deriva a los gastos de cada producto por lo que esto puede ser fijos o variables.

Costos Directos

Un proyecto de construcción tiene un proceso totalmente organizado que debe seguirse con claridad y precisión, por ende, el presupuesto es una parte importante que debe cumplirse en su totalidad. En este sentido, dentro del presupuesto de la obra se encuentran los costos directos, que de acuerdo al autor Macchia (2009) estos se vinculan directamente con el proyecto, ya que sin estos no se puede ejecutar la obra.

A continuación, se da a detalle todo aquello que interviene en los costos directos para la realización de una obra.

Los materiales

Son los elementos más importantes para ejecutar y así mismo definir el valor de la obra. De esta manera, se considera que el cálculo se lo hace por medio de un cómputo métrico. Se destaca que para que se determine el precio verdadero de los materiales se debe tener en cuenta de donde provienen, por lo que también es importante considerar que el valor de los materiales vaya como “Neto sin IVA” (Macchia, 2009). Adicionalmente, se debe tener en cuenta la cobranza de la entrega de los materiales hasta el lugar de la obra como también analizar con detenimiento si los materiales no se ven afectados por ciertas situaciones que ocurren dentro del mercado y la economía de cada país.

Materiales importados

La compra de materiales importados se lo hace bajo ciertas condiciones comerciales, entre las más sonadas y que se representan por siglas son “CIF, FOB, FAS, etc.”, las cuales, se encuentran compuestas por términos y condiciones de envío hacia el lugar de destino. Sin duda alguna

Macchia (2009) señala que una vez obtenidos los valores y que se haya analizado las diferentes maneras de comercializar, se procede a agregar a los materiales los impuestos o tasas necesarias de acuerdo a lo estipulado por la Aduana de cada país.

Materiales nacionales

En la compra de materiales nacionales se realiza una investigación de mercado local en la que se recoja información sobre costos de los diferentes insumos a usarse en la obra (Macchia, 2009). Así mismo los precios de estos materiales van con “Neto sin IVA”. Dentro del análisis de la compra de materiales nacionales se determina que la compra se la puede hacer directamente con el fabricante de tal modo que se obtendrían valores menores, sin embargo, este hecho puede irse a favor o en contra de la ejecución de la obra, ya que a veces el obtener precios bajos no siempre es conveniente.

Mano de obra

En un proyecto de construcción siempre se ha de requerir de la mano de obra, por lo que la determinación de la cantidad de este se lo hace a base de algunos factores relacionados con las decisiones que tome la Industria de la Construcción (Macchia, 2009). Es importante seña-

lar que la mano de obra se contrata de acuerdo a las necesidades del proyecto, por lo que en este caso es el computista presupuestista que debe evaluar cuidadosamente esta situación. Evidentemente, en el ámbito de la construcción este se escoge a partir del rendimiento por lo que se toma en cuenta la calidad e idoneidad de los operarios que vayan a realizar el trabajo designado.

ETAPA 2
APLICACIÓN METODOLÓGICA

2.2 ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA

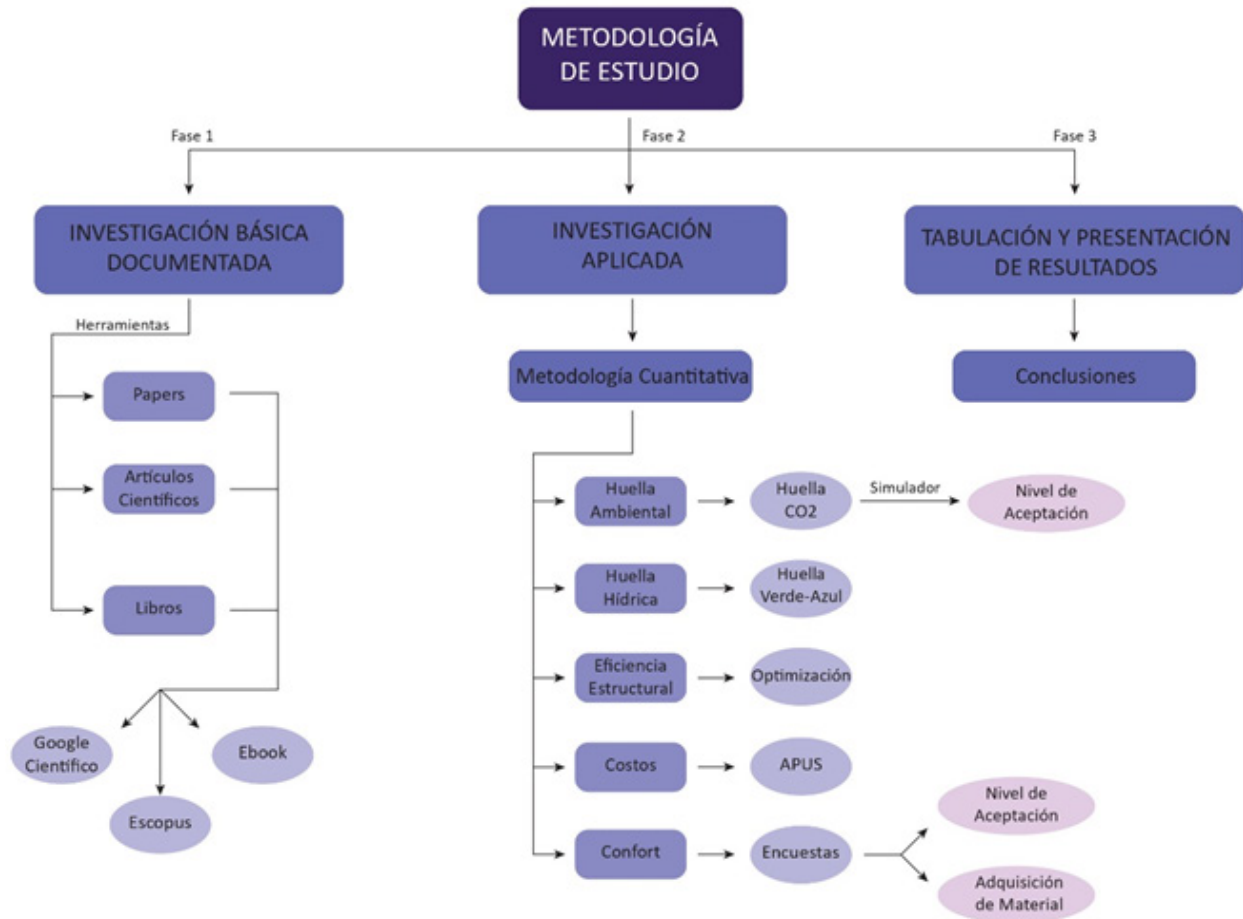


Figura 19: Metodología de estudio
Autor: Autoría Propia, 2022

La metodología se desarrolló en distintas fases en las que se verá reflejada la investigación a igual que sus resultados, empezando por la primera fase de la investigación básica documentada, la segunda fase la investigación aplicada, por último, la fase tres de tabulación y presentación de resultados.

Según (Hernández Sampieri, 2014), la metodología cuantitativa es secuencial y probatorio, lo que de tal manera nos ayuda a obtener resultados numéricos para llegar a un resultado con mayor exactitud.

La Fase 1 consta de la Investigación Básica Documentada en donde con las distintas herramientas como: papers, artículos científicos y libros que podemos encontrar en la red podemos tener acceso a distintos y varios repositorios como: Google Científico, Escopus, Ebook, entre otros. El cual mediante estas herramientas de búsqueda nos ayudaran a encontrar la problemática e información para que de esta manera desglosar el tema y encontrar variables para así partir con fundamentos nuestra investigación.

Los datos que necesitamos buscar para nuestra investigación deben ser puntos exactos que vengan de estudios ya antes realizados y con resultados eficaces para poder replicarlo en nuestra investigación por ende recurriremos a

la búsqueda de: papers, artículos científicos y libros, que nos proporcionara análisis relacionados al caso de estudio.

La Fase 2 consta de la Investigación Aplicada donde mediante la metodología cuantitativa se definió las siguientes variables.

La Huella Ambiental

Es una variable muy importante a considerar ya que dentro ella existe factores que lo engloban y afectan el medio ambiente. Dentro de la H.A. se encuentra la Huella de Carbono, engloba los estudios y Análisis de Ciclo de Vida, Aprovisionamiento Responsable y la Energía Incorporada que los materiales en el área de la construcción generan.

La Huella Hídrica

La enfocaremos en la: Cadena de Suministros y Escasez de Agua, el cual nos ayudaremos del software “Symapro” y “Ecoinvent” para determinar el consumo hídrico como: huella verde y huella azul de cada material.

Eficiencia Estructural

Analizaremos las propiedades físico-mecánicas mediante un Análisis de Compresión y con la ayuda de Ensayos de Laboratorios podremos concluir la resistencia de los materiales de estudio.

Costos

Mediante esta variable se obtendrán métodos que ayuden a conocer: salarios, rendimientos y rubros para posteriormente la realización de un APU.

Confort

Se tomará a una muestra para el desarrollo tanto del Nivel de Adaptación como Adquisición de material mediante una encuesta el cual mediante resultados su aceptación.

La fase 3 está conformada por la réplica de los estudios de caso en donde se ha tomado distintas metodologías para la obtención de resultados en base al tema de estudio con la relación de Tabulación de Resultados, que mediante conclusiones podemos llegar al resultado final del análisis comparativo entre los dos materiales que generan impacto ambiental.

2.3.1.METODOLOGIA DE HUELLA DE CARBONO

La herramienta EC3 permite conocer la cantidad de emisión de carbono que producen los materiales en el área de la construcción, generando de tal manera un gráfico que permite visualizar la cantidad en KgCO₂ por cada m³. La herramienta EC3 anima a los proyectos a crear un presupuesto de rendimiento de car-

bono, que luego puede gestionarse mediante el “control de cantidades” de materiales y los esfuerzos de adquisición, que posteriormente se validan durante el proceso de construcción (EC3, 2018)

Como estrategia se planea incluir la herramienta EC3 en las prácticas actuales de diseño y construcción. Lo cual de una manera determinada organiza por fases el proyecto que puede utilizarse para cumplir con objetivos estructurales en base a la reducción de carbono incorporado en cada proyecto. Su estrategia es mejorar los datos en una fase crítica tomando decisiones a la hora de comprar distintos materiales (EC3, 2018)

2.3.1.1. Para poner en práctica la herramienta seguimos los siguientes pasos para madera laminada:

1. Seleccionar el principal material wood (Madera).
2. Escoger su categoría (mass timber).

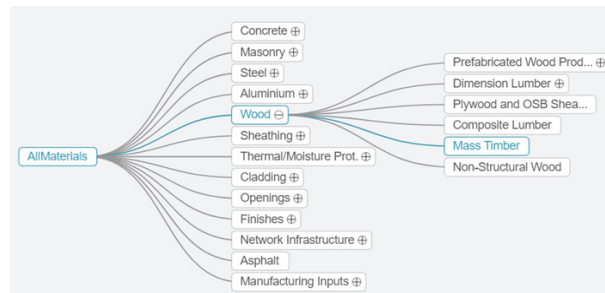


Figura 20: Metodología de la huella de carbono
Autor: Basada en la calculadora EC3, 2022

3. Seleccionamos “next”.
4. Seleccionamos las especificaciones acordes al material analizar.

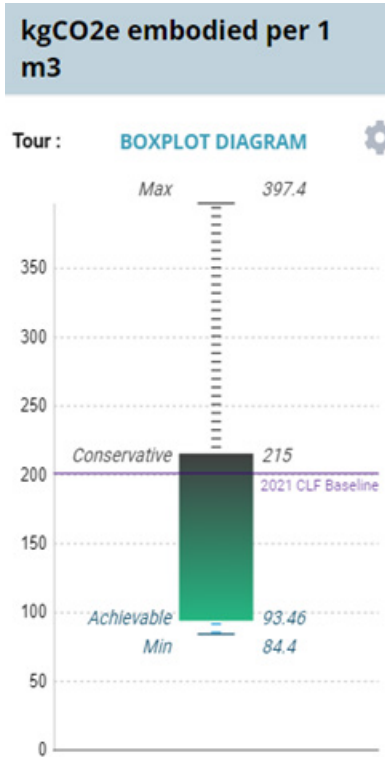


Figura 21: Resultado CO2 Madera Laminada
Fuente: Basada en la calculadora EC3, 2022.

5. Clic en “search”
- Una vez generado el grafico se analiza el resultado, la madera laminada posee 93.46 kgCO2 por cada m3, es una cantidad considerable a comparación de otros materiales que exceden

su producción de CO2 durante su fabricación.

2.3.1.2. Hormigón Prefabricado:

1. Seleccionar el principal material concret (hormigón prefabricado).
2. Escoger su categoría (ready mix).
3. Seleccionamos “next”

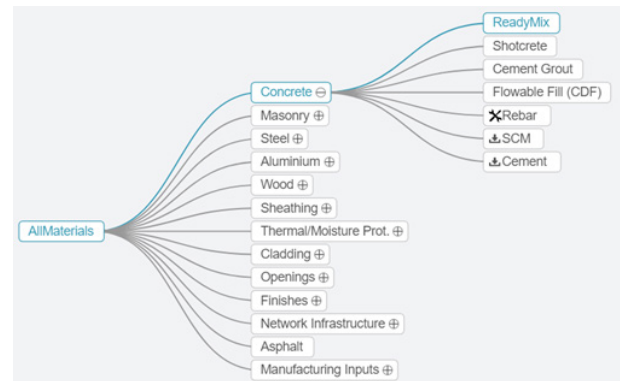


Figura 22: Herramienta EC3-Hormigon Prefabricado
Fuente: Basada en la calculadora EC3, 2022.

4. Seleccionamos las especificaciones acordes al material analizar.
5. Clic en “search”

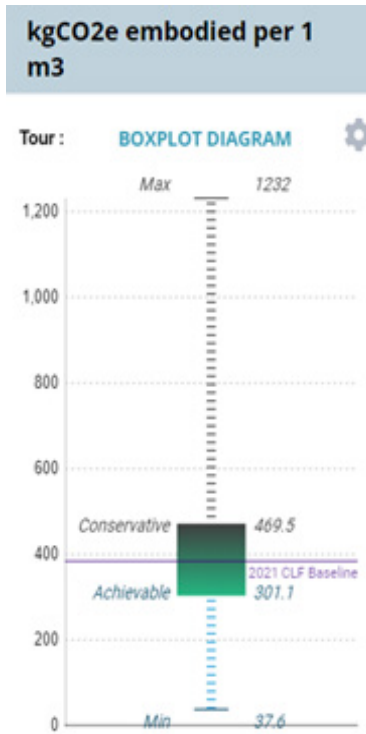


Figura 23: Resultado CO2 Hormigón Prefabricado.
Fuente: Basada en la calculadora EC3, 2022.

Analizamos el resultado del hormigón prefabricado y posee una producción de 469.5kgCO₂, es un valor demasiado alto ya que detrás de su elaboración existe varios factores que provocan el incremento del CO₂ en el material.

2.3.2. METODOLOGIA HUELLA HÍDRICA

Para el manual de la Water Footprint Network (Organismo encargado de reportar la huella hídrica y brindar apoyo técnico para su evaluación), el proceso de evaluación de la HH se puede dividir en cuatro pasos fundamentales:

1. Definición del objetivo y alcance del análisis.
2. Contabilidad de la HH, seleccionando la metodología apropiada según el ámbito de aplicación elegido.
3. Análisis de la sostenibilidad social, ambiental y económica de la HH evaluada.
4. Formulación de respuestas que permitan minimizar los impactos detectados

La mayoría de los estudios se centran solo en las dos primeras fases de la evaluación de HH porque tienen las características más descriptivas, la tercera es crítica si es necesario para explicar los posibles efectos y la cuarta permite la corrección de efectos y efectos detectados (Universidad Autónoma de Madrid, 2019).

Como se mencionó anteriormente, HH es un indicador multidimensional que puede estimar la cantidad de agua dulce consumida por las actividades humanas según la fuente y la cantidad de agua dulce contaminada por varios procesos (Universidad Autónoma de Madrid, 2019).

La utilización del método de cálculo de HH se puede aplicar a procesos, productos, grupos de personas o consumidores, industrias o empresas, o áreas geográficas como regiones o países. Para cada caso concreto se debe determinar la escala espacial y temporal y los límites y resolución del análisis, que en todo caso depende del alcance y del tipo y calidad de la información disponible (Hoekstra, Arjen, 2010).

	Resolución espacial	Resolución temporal	Fuente de información	Objetivo
Nivel A	Escala Global	Datos anuales	Información bibliográfica disponible o bases de datos internacionales sobre consumo de agua y contaminación en procesos y producciones.	Sensibilización; identificación de los principales componentes que intervienen en la HH global; proyecciones sobre el consumo de agua a nivel global.
Nivel B	Nacional, regional o cuenca hidrográfica	Datos anuales o mensuales	Igual que la anterior pero adaptada a las características de la zona. Estadísticas nacionales o regionales.	Identificación de los principales componentes de la HH; variabilidad espacio-temporal de la HH; información de base para la identificación de "hotspots" y toma de decisiones.
Nivel C	Pequeñas cuencas o estudios a escala de campo	Datos mensuales o diarios	Datos empíricos o mediciones en campo sobre consumo de agua y contaminación.	Información de base para llevar a cabo análisis de sostenibilidad de la HH; formulación de estrategias concretas para disminuir la HH y los impactos locales asociados.

Figura 24: Los 3 niveles de resolución de la HH.
Fuente: Hoekstra et al. (2011)

Para esta herramienta sea realizado una hoja de cálculo en donde se puede ingresar datos del material en litros/kg obtenidos a través de

la WFN y posteriormente la tabla arroja los resultados del consumo de la HH.

Materiales	Peso materiales		Huella hídrica verde + azul			Huella hídrica TOTAL (verde + azul + gris)		
	(1) Kg	(2) %/ total	(3) litros / Kg	(4) litros por material	(5) %/ total	(6) litros /Kg	(7) litros por material	(8) %/ total
Cemento	3.600.551	10,75%	2,17	7.813.196	2,23%	212,2	763.928.912	21,98%
Yeso	165.143	0,49%	2,17	358.361	0,10%	212,2	35.038.409	1,01%
Yeso laminado (Pladur)	542.562	1,62%	27,68	15.016.164	4,29%	212,2	115.115.386	3,31%
Prefabricados Hormigón	1.033.895	3,09%	1,57	1.625.076	0,46%	41,5	42.893.920	1,23%
Acero	929.228	2,77%	11,83	10.992.764	3,14%	2281,8	2.120.339.780	61,00%
Arena/grava	19.861.275	59,27%	1,38	27.408.559	7,84%	1,4	27.815.702	0,80%
Baldosas	256.398	0,77%	0,88	225.184	0,06%	1,4	370.105	0,01%
Ladrillos	1.844.691	5,51%	0,88	1.620.120	0,46%	1,4	2.662.772	0,08%
Vidrios	63.982	0,19%	5,89	376.856	0,11%	1.305,9	83.553.820	2,40%
Maderas	169.390	0,51%	1.649,9	279.475.262	79,91%	1.649,9	279.475.262	8,04%
Agua	4.831.754	14,42%	1	4.831.754	1,38%	1,0	4.831.754	0,14%
Total 11 Mats.	33.298.869	99,38%	10,50	349.743.296	100%	104,4	3.476.025.821	100%
Resto Mats	209.212	0,62%	10,50	2.197.392		104,4	21.839.421	
TOTAL PROMOCION VILLAVERDE	33.508.082	100%	10,50	351.940.688	100%	104,4	3.497.865.241	100%

Figura 25: Calculo de la HH de la promoción inmobiliaria.
Fuente: (FUAM, 2019)

2.3.2.1. Selección del material y la cantidad de los litros/Kg base que proporciona la WFN, tanto de la huella hídrica (verde+azul) y la huella hídrica total (verde+azul+gris) en la tabla de Excel:

MADERA LAMINADA							
DESCRIPCIÓN DE LA OBRA		PESO DE MATERIALES		Huella Hídrica verde + azul		Huella Hídrica total	
Cimentación		Cantidad	Kg	litros/kg	litros por material	litros/kg	litros por material
Plintos		4	506	4,55	2302,3	214,6	108587,6
Estructura							
Columnas		4	162,4	0	0	0	0
Vigas		4	336	0	0	0	0
						TOTAL	108587,6

Figura 26: Consumo hídrico de la madera laminada.

Fuente: José Gutiérrez

La madera laminada presenta consumo hídrico mínimo muy imperceptible, debido a que su puesto en obra no lo necesita porque es un material de uso directo, a diferencia de sus plintos que son de cemento y que si necesita agua en su momento de puesto en obra para que se lleve a cabo el hormigón.

2.3.2.2. Hormigón prefabricado:

HORMIGON PREFABRICADO							
DESCRIPCIÓN DE LA OBRA		PESO DE MATERIALES		Huella Hídrica verde + azul		Huella Hídrica total	
Estructura		Cantidad	Kg	litros/kg	litros por material	litros/kg	litros por material
Panel T1		48	1,35	1,57	2,120	41,5	56,025
Panel T2		4	1,61	1,57	2,528	41,5	66,815
Panel T3		4	2,52	1,57	3,956	41,5	104,58
Panel T4		4	3,7	1,57	5,809	41,5	153,55
Panel T5		12	0,19	1,57	0,298	41,5	7,885
Sopor. Acero		24	67,25	11,83	795,5675	2281,8	153451,05
						TOTAL	153839,91

Figura 27: Consumo hídrico de la hormigón prefabricado.

Fuente: José Gutiérrez

En cuanto al hormigón prefabricado presenta gran consumo de agua debido a que es un material que para su fabricación necesita de una reacción de cemento-agua para que posteriormente se dé como tal, por eso la HH es muy elevada en este material.

2.3.3. METODOLOGIA EFICIENCIA ESTRUCTURAL

Una simple comparación del peso muerto de los sistemas de construcción pesados tradicionales (vigas de madera y hormigón prefabricado) con la madera ligera revela una gran diferencia en la relación resistencia/peso. El peso propio de la estructura de madera laminada es siete veces menor que el de los sistemas tradicionales de servicio pesado. En losas, la estructura pesa casi tanto como la carga que lleva, mientras que en los tableros no suele pesar más del 20% de la carga que lleva. Aún más sorprendente es la eficiencia energética de los sistemas de construcción de madera en comparación con otros materiales de construcción (Arriaga, 1995).

Podemos suponer que la madera puede ser uno de los materiales más efectivos en un sentido estrictamente estructural. Para grandes luces y cargas bajas, las estructuras de madera son varias veces más ligeras que las estructuras de acero o de hormigón. Una de las dificultades de trabajar con madera en el pasado es que los árboles tardan demasiado en crecer y la madera se seca lentamente y es costosa. Hoy en día, esto ya no es un problema (Arriaga, 1995).

En el pasado, la madera requería un largo y costoso proceso de secado en interiores que con-

sumía mucha energía. Como resultado de investigaciones recientes, ahora es posible secar tableros de corcho en 24 horas a un costo muy bajo. Estos logros reflejan importantes avances en la reconstrucción y en relación con la situación energética mundial (Arriaga, 1995).

Anteriormente, la madera requería un proceso de secado interior largo y costoso que requería mucha energía. Como resultado de investigaciones recientes, ahora es posible secar tableros de corcho en 24 horas a un costo muy bajo (Arriaga, 1995). Estos resultados representan un avance significativo en la reconstrucción y en relación con la situación energética global (Arriaga, 1995).

La madera alcanza un peso de 29 kg/m, superior al peso del acero de 15 kg/m. Por lo general, cuando se compara la madera con el acero, la madera es más liviana, en esta comparación los resultados se invierten porque los bordes de la viga son iguales para ambos materiales, más en línea con el piso de acero (Arriaga, 1995).

Finalmente, como se muestra en la figura, la resolución de madera tiene un consumo de energía y emisiones de CO₂ 12 veces menor que el acero, 15 veces menor que el hormigón y 52 veces menor que el aluminio (Sáenz De Miera & Muñoz Rodríguez, 2009).

2.3.4. METODOLOGIA DE COSTOS

La variable costo es importante hacer énfasis en un Análisis de Precios Unitarios (APU), es un modelo matemático muy simple que estima valor-costo por unidad de medida en base de una partida donde se toma en cuenta tanto costos directos e indirectos a emplear en la ejecución de una partida (Macchia, 2009).

Costos Directos son las partidas principales analizar lo que sería:

- Mano de Obra se encarga de bordear lo que son salarios del personal encargado a ejecutar ciertas acciones dependiendo de cada partida.
- Materiales se determina valor monetario necesario para adquirir una unidad de material tomando en cuenta los precios actuales del mercado.
- Equipos se trata del valor por hora de la maquinaria a emplear en cada partida como herramientas o equipo pesado.

Costos indirectos son los que no están relacionados con el proyecto el cual son terceras personas las que prestan el servicio, también se toma en cuenta gastos de oficina, administración (Macchia, 2009).

Para realizar el análisis de precios unitarios del material hormigón prefabricado hemos desa-

rollado un módulo base de 6m x 6m del cual partiremos para su costeo.

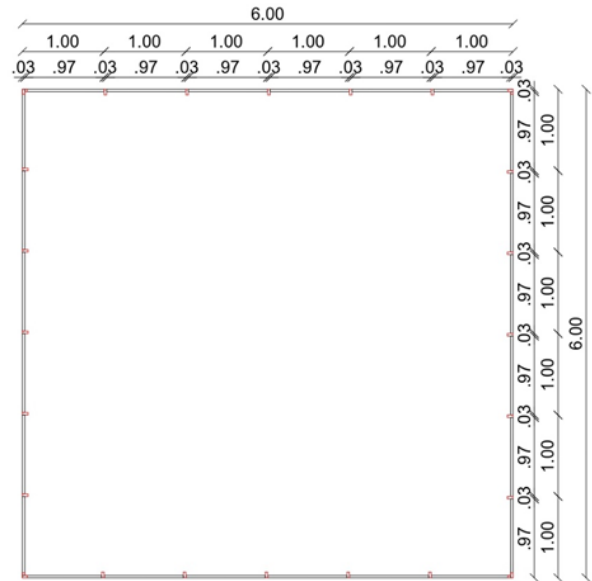


Figura 28: Modulo base 6m x 6m
Fuente: Autoría Propia

En el cual también emplearemos paneles de hormigón prefabricado de 5 tipos, que van sujetos mediante perfiles de aluminio galvanizado de (70ml x 40ml) diseñados especialmente para el grosor de los paneles (30ml) para las paredes exteriores.

Modulo 3D de (6m x 6m) de montaje de paneles prefabricados y perfiles de aluminio galvanizado.

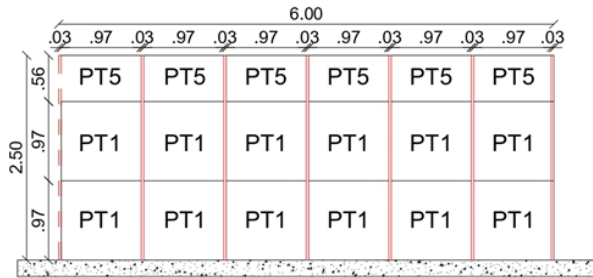


Figura 29: Fachadas Laterales Izquierda-Derecha.
Fuente: Autoría Propia

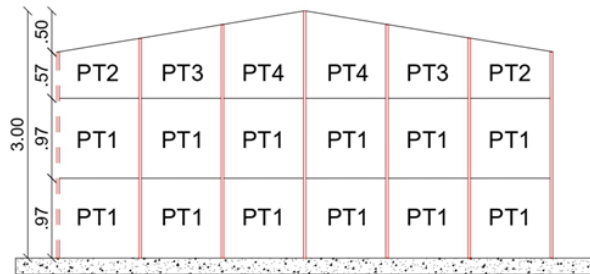


Figura 30: Fachadas Frontal-Posterior.
Fuente: Autoría Propia

Para este análisis de costos unitarios entre los dos materiales: Hormigón prefabricado y madera laminada, por lo cual se predimensiono módulos tipo de 36 m². acoplándose a la distinta morfología del material como lo veremos a continuación:

2.3.1.1. HORMIGÓN PREFABRICADO

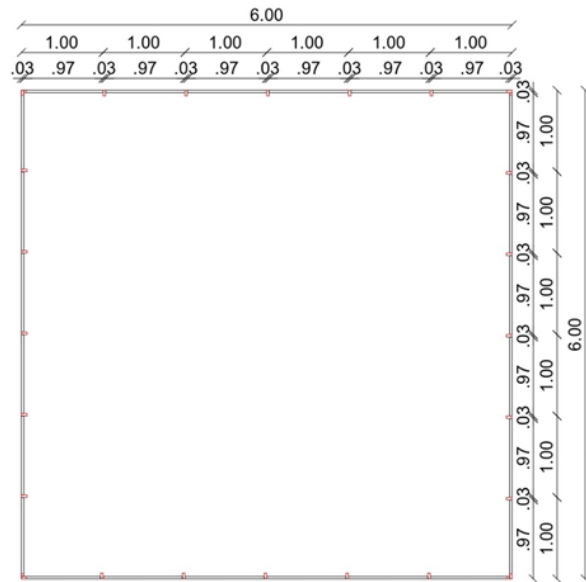


Figura 31: Módulo base 6m x 6m
Fuente: Autoría Propia

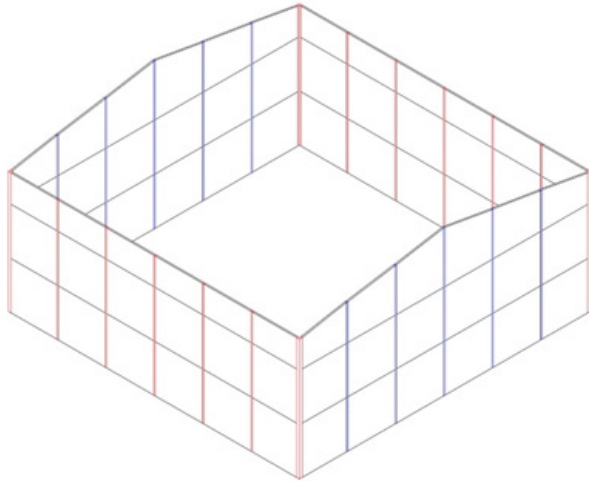


Figura 32: Isometría
Fuente: Autoría Propia

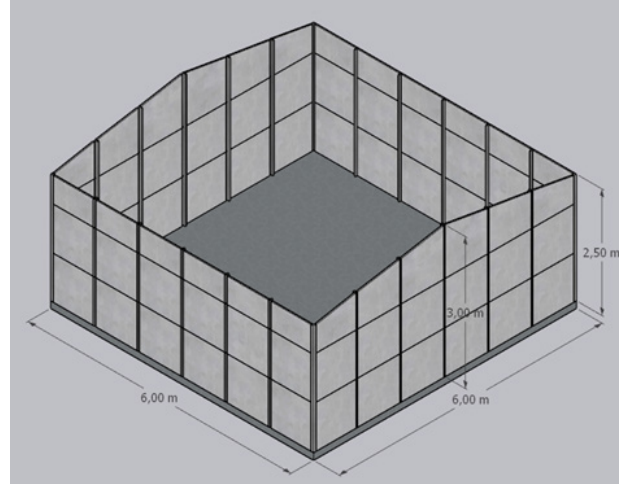


Figura 34: Colocación de los 5 tipos de paneles.
Fuente: Autoría Propia

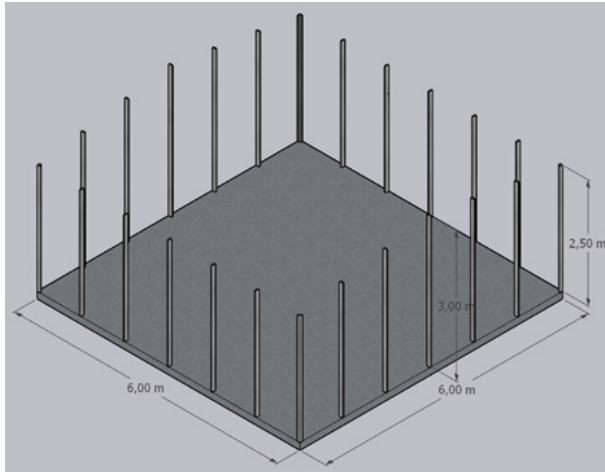


Figura 33: Colocación de los perfiles de aluminio galvanizado.
Fuente: Autoría Propia

Medidas panel:

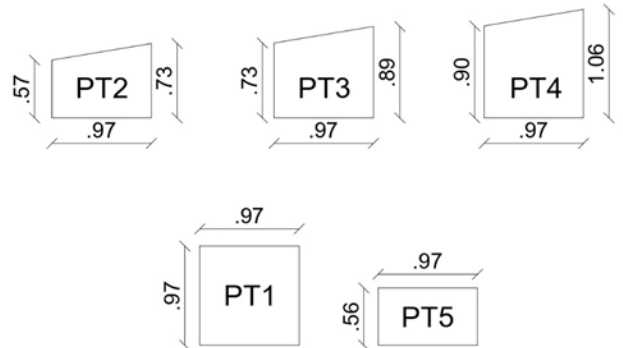


Figura 35: Medidas de los 5 tipos de paneles.
Fuente: Autoría Propia

Hormigón Prefabricado					
	Medidas	Cantidad	Costo Unidad	Costo Total	Obras Preliminares
Panel Tipo 1	0,97x0,97x0,03	48	6,3	302,4	2159,88
Panel Tipo 2	0,57x0,97x0,73x0,03	4	8,5	34	
Panel Tipo 3	0,73x0,97x0,89x0,03	4	8,5	34	
Panel Tipo 4	0,90x0,97x1,06x0,03	4	9,5	38	
Panel Tipo 5	0,56x0,97x0,03	12	5	60	
Total				468,4	2159,88
Total, Final				2628,28	

Figura 36: Costos de hormigón prefabricado.
Fuente: Autoría Propia

2.3.1.2. MADERA LAMINADA

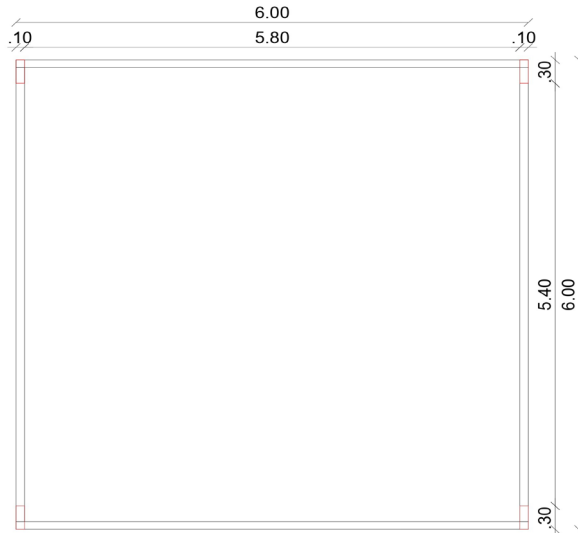


Figura 37: Predimensionamiento de madera laminada.
Fuente: Autoría Propia

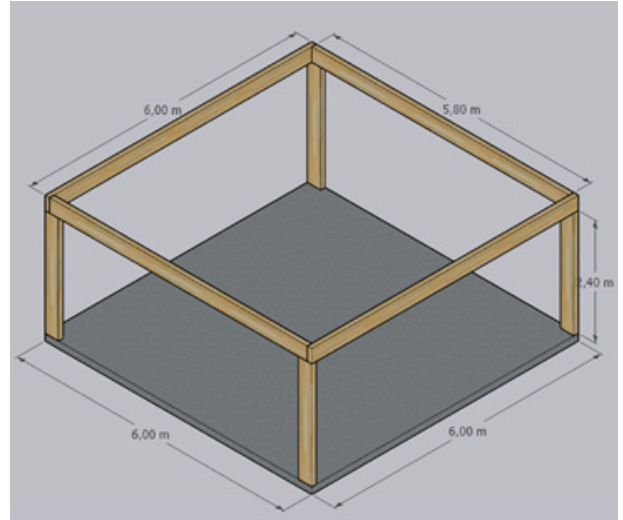


Figura 39: 3D madera laminada.
Fuente: Autoría Propia

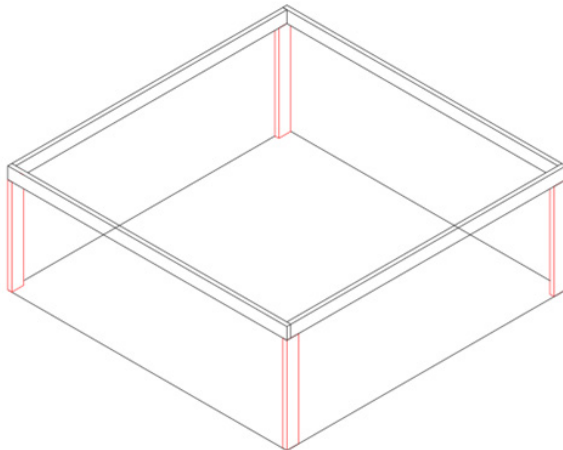


Figura 38: Isometría de madera laminada.
Fuente: Autoría Propia

Madera Laminada				
	Medidas	Cantidad	Costo	Obras Preliminares
Columna	0,35x0,10x2,80	2	133,83	366,05
Viga 1	0,35x0,10x6,00	2	143,03	
Viga 2	0,35x0,10x3,00	4	281,09	
Total			557,95	366,05
Total, Final			924,00	

Figura 40: Tabla Costos de madera laminada.
Fuente: Autoría Propia

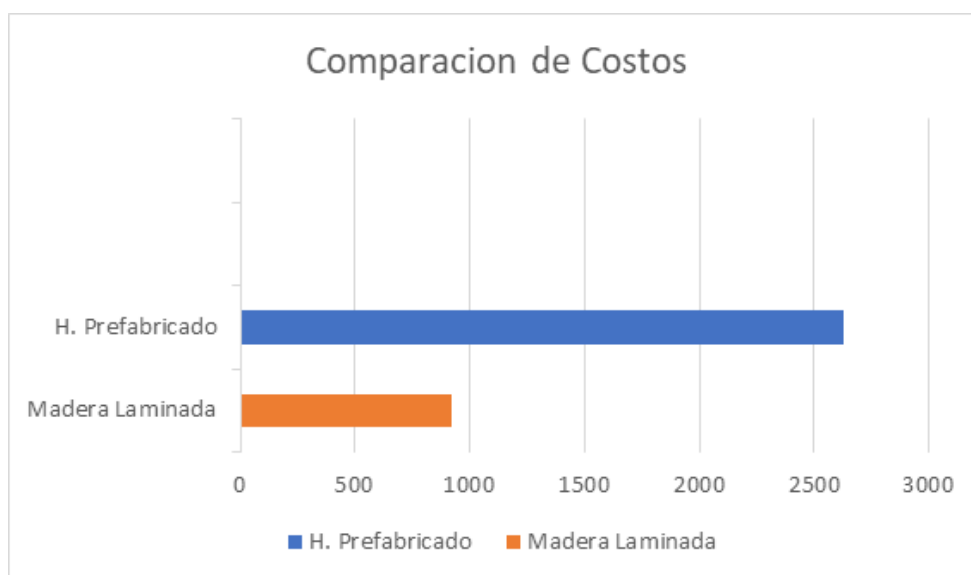


Figura 41: Tabla de comparación de materiales.
Fuente: Autoría Propia

2.3.5. METODOLOGIA DE CONFORT

Análisis de las actitudes de los consumidores hacia los materiales de madera laminada como materiales de construcción El objetivo de este enfoque es explorar diferentes áreas de investigación de mercado, como el análisis de la demanda de los consumidores. Por lo tanto, este análisis permitirá a los constructores saber cómo desarrollar estrategias para posicionarse en el mercado.

Por lo tanto, se presenta un análisis que compara diferentes materiales mediante el mapeo de preguntas de investigación previas. El bajo nivel de consumo de madera en la construcción ecuatoriana puede estar relacionado con prerrequisitos negativos de durabilidad, robustez y estabilidad, aislamiento acústico, etc. El objetivo de este estudio es comprender la actitud de los consumidores de madera hacia tres aspectos importantes, utilizando un cuestionario de encuesta:

1. Cualidades según importancia de la madera como material de construcción
2. Aceptación de la madera como material de construcción
3. Las ventajas de la madera en la construcción.

Cuestionario 1. ¿Bajo qué condiciones usted escogería el lugar dónde vivir?

2. ¿En qué medida está usted de acuerdo con la siguiente afirmación? La madera como principal material de construcción.

3. En su opinión, ¿Cree usted que la madera tiene ventajas sobre otros materiales?

Se presentan 3 tablas como resultado parcial de la encuesta :

Total, de consumidores encuestados: 7

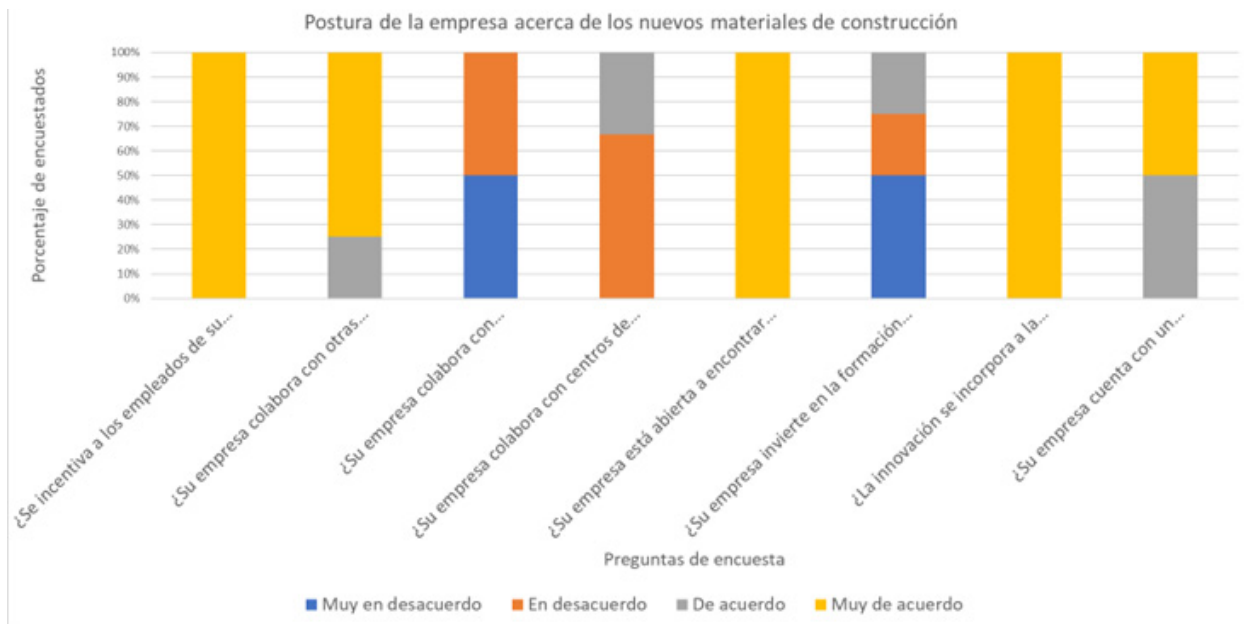


Figura 42: Tabla postura de la empresa.
Fuente: Autoría Propia

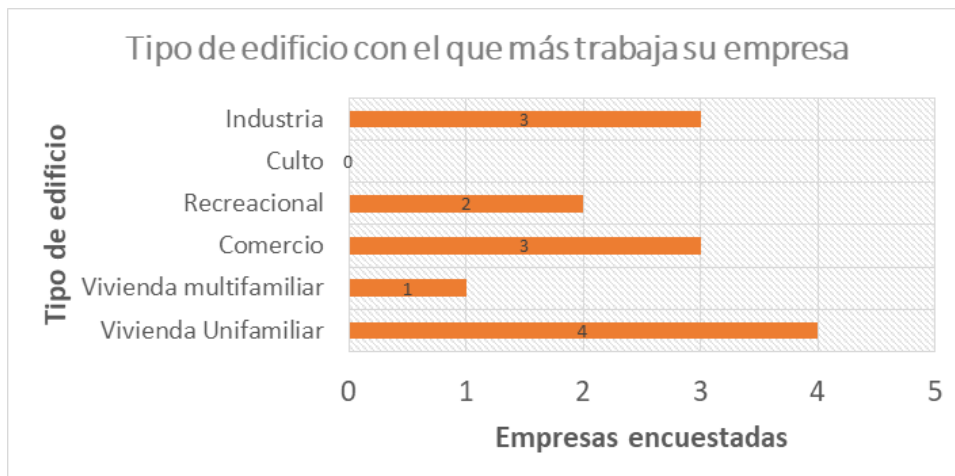


Figura 43: Tabla tipo de edificación.
Fuente: Autoría Propia.

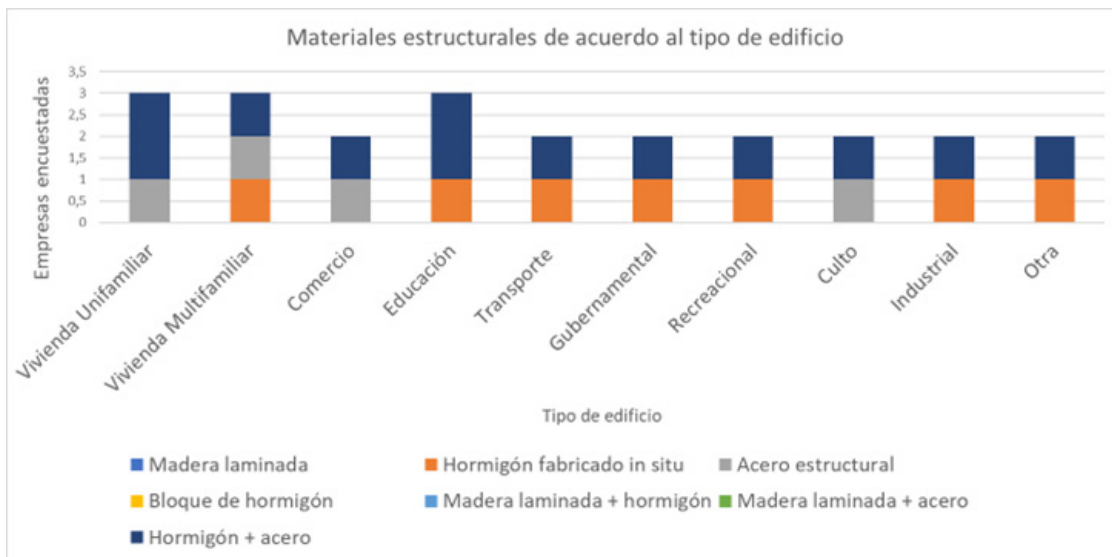


Figura 44: Tabla materiales estructurales.

Fuente: Autoría Propia.

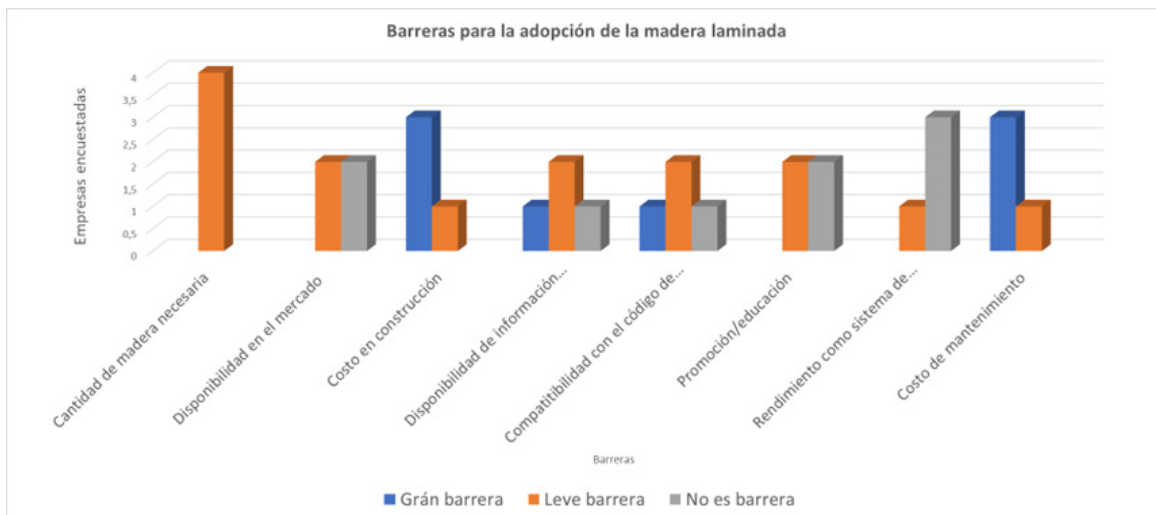


Figura 45: Tabla barrera de adopción.

Fuente: Autoría Propia.

¿Se requiere el sistema de madera laminada?

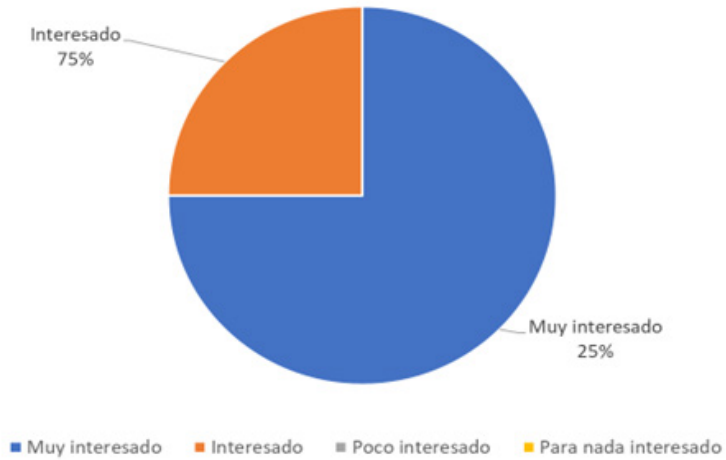


Figura 46: Sistema madera laminada.
Fuente: Autoría Propia.

¿Madera laminada para futuros proyectos?

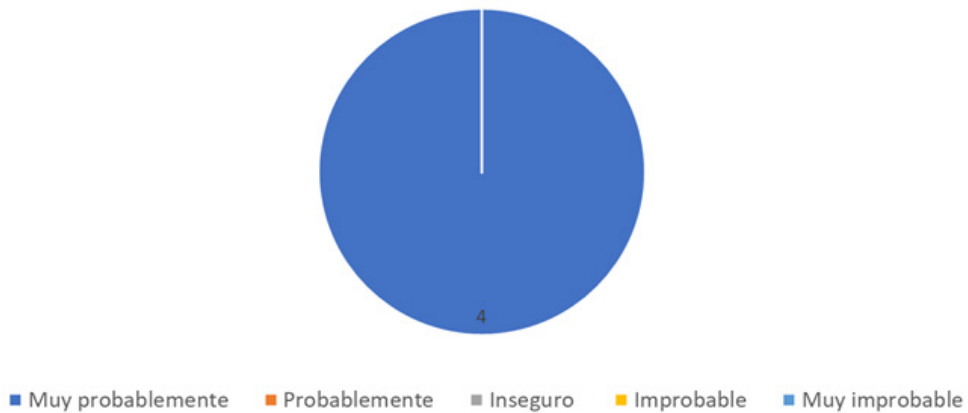


Figura 47: Madera laminada para futuros proyectos.
Fuente: Autoría Propia.



Figura 48: Fuente de información.
Fuente: Autoría Propia.

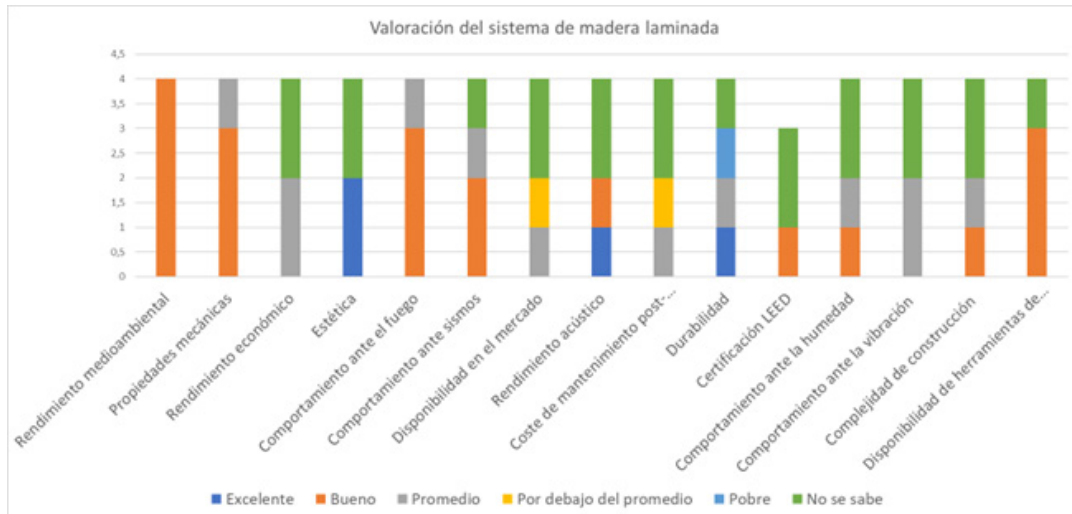


Figura 49: Fuente de información.
Fuente: Autoría Propia.

ETAPA 3
DIFUSIÓN DE RESULTADOS

3.1.1. HUELLA AMBIENTAL + HUELLA HÍDRICA DE MADERA LAMINADA

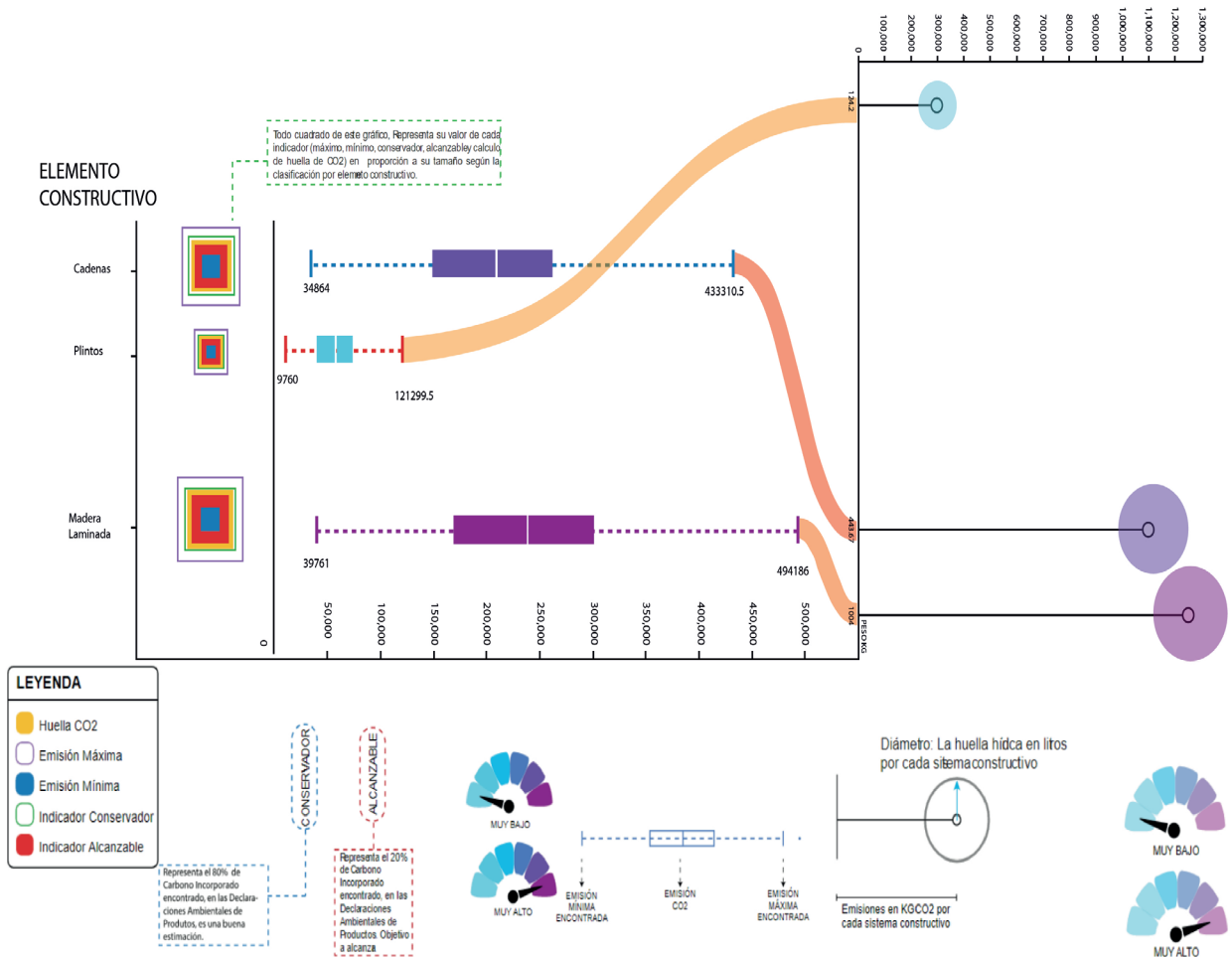


Figura 50: Variable Huella de Carbono y Huella Hídrica
Fuente: Autoría Propia

3.1.2. HUELLA AMBIENTAL + HUELLA HÍDRICA ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

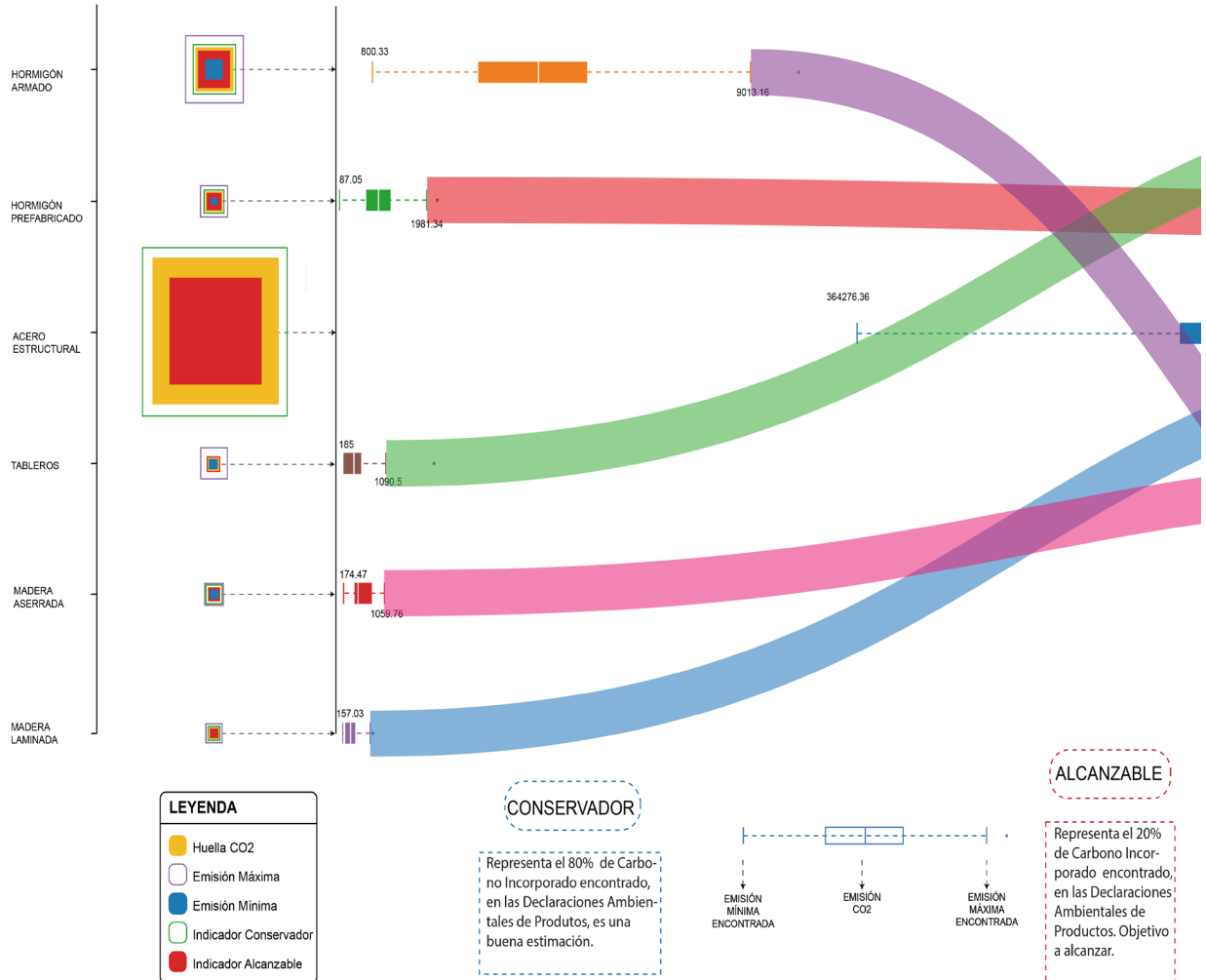
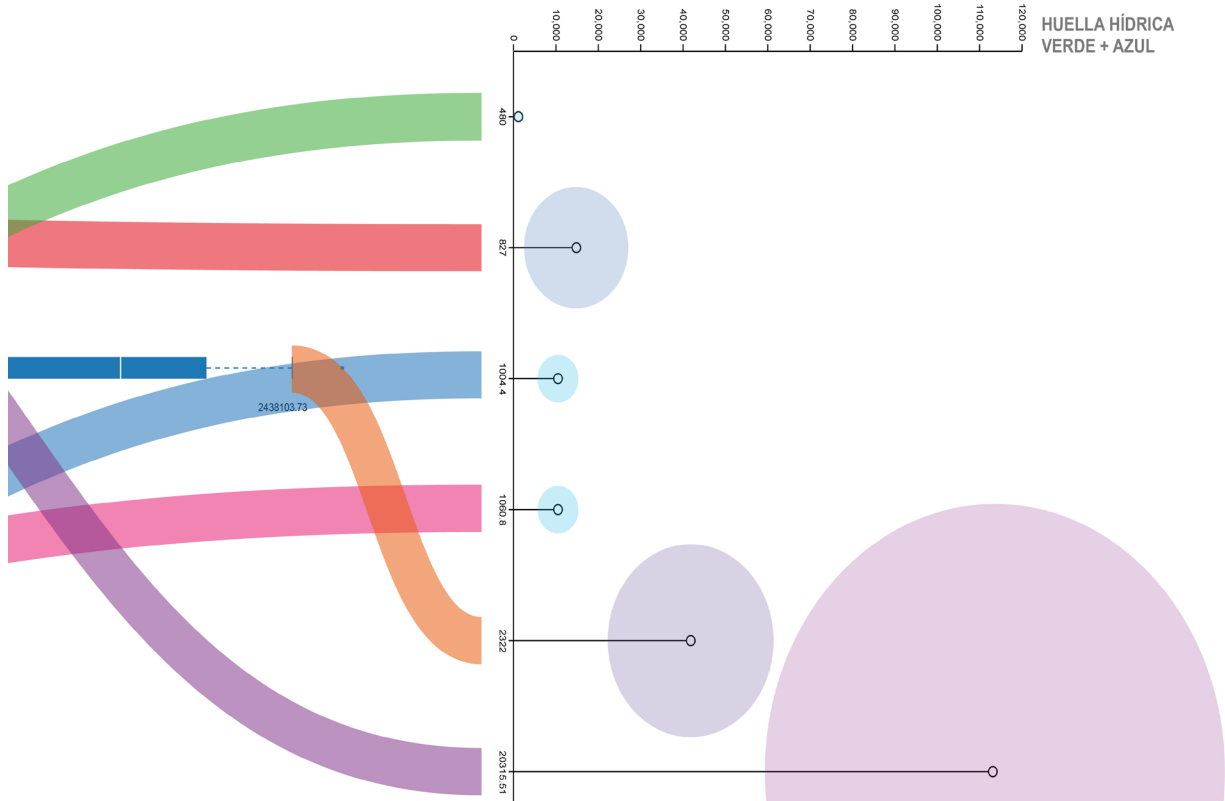
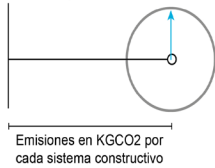


Figura 51: Resultados comparativos de Huella de Carbono y Huella Hídrica entre materiales.
Fuente: José Gutiérrez, 2023.

HUELLA HÍDRICA VERDE + AZUL



Diámetro: La huella hídrica en litros por cada sistema constructivo



3.1.3. CONFORT INDUSTRIA + COSTOS + CONFORT CONSUMIDOR ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

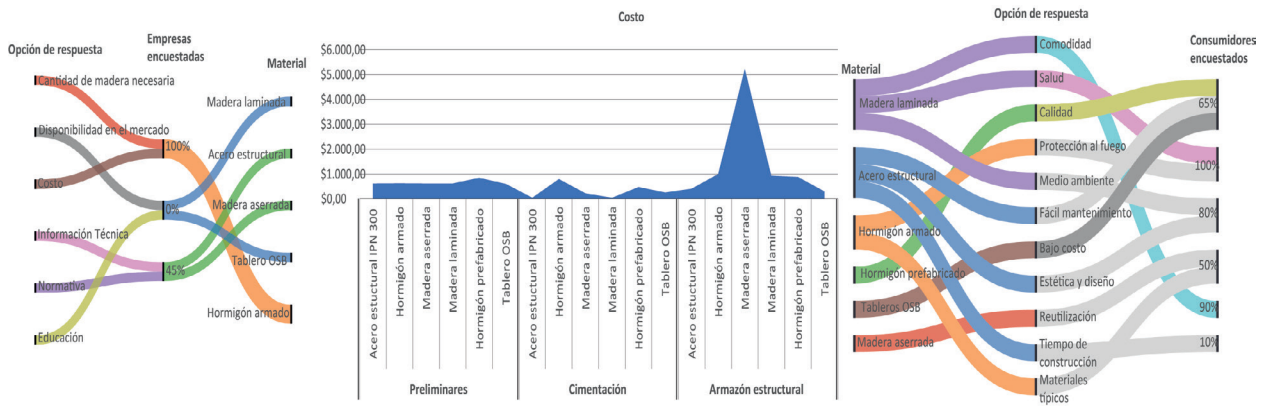


Figura 52: Confort industria + costos + confort consumidor entre sistemas constructivos.

Fuente: Juan Acosta, 2023.



3.2. REFLEXIONES FINALES

- La madera laminada se ha presentado como un material apto para la construcción en el entorno de Quito-Ecuador, superando las fases de las distintas variables que se presentó al inicio como: huella de carbono, se evidencio que la producción de CO2 emitida por la madera laminada es casi nula debido a que este material absorbe el carbono, a comparación de otros materiales que siguen produciendo CO2 después de su fabricación y puesta en obra, de esta manera contrarrestando la contaminación ambiental por lo que la madera laminada se vuelve una de las mejores alternativas en la actualidad.

- En la huella hídrica evidenciamos que la madera laminada presenta escaso consumo hídrico a comparación de otros materiales que presentan cantidades excesivas desde su fabricación hasta su puesta en obra, mientras que la madera laminada no hace uso de agua en ninguna de sus fases como la extracción, fabricación y puesto en obra

- En cuanto eficiencia estructural se ha demostrado que la madera laminada soporta grandes cargas, lo que permite realizar viviendas de baja altura (3-4 pisos), en base a la normativa colombiana de la construcción que ha permiti-

do guiarnos para esta investigación ya que en nuestro país no existe normativa como tal.

- Se evidencio que la madera laminada también cuenta como una alternativa más económica de hasta un 40% menos, reduciendo de igual manera la mano de obra a diferencia de otros sistemas constructivos, volviéndolo un material más accesible para adquisición y construcción.

- Se encuestado a empresas y a clientes, y tuvo un gran nivel de aceptación en cuanto a confort la madera laminada presenta varias características como: diversidad acabados, confort térmico, es reciclable, brinda una sensación más natural, duradero, buenas propiedades estructurales, adaptabilidad, buen aislante termo-acústico, lo que lo vuelve un material muy aceptado a la hora de construir.



3.3. RECOMENDACIONES

- Dejar detrás el tradicionalismo, empezar a innovar y experimentar con nuevos materiales que sean “amigables con el medioambiente” ya que estamos actualmente en una época en donde ya existe la tecnología para brindar nuevas alternativas ecológicas para hacer frente al impacto ambiental.
- Empezar a observar en los diferentes entornos que nos rodean, y si en tal parte del mundo surge un nuevo material hacer la respectiva investigación para tratar de adaptarlo a nuestro sitio ya que en la actualidad el impacto ambiental es un tema muy fuerte y pesado sobre todo en el área de la construcción que se lleva un gran porcentaje en contaminación ambiental, por tal manera conocer las nuevas alternativas para aportar minuciosamente a la contaminación ambiental.
- Un material tan bueno como lo es la madera laminada se ha estado desempeñando muy bien en la zona constructiva, sobre todo en Quito-Ecuador ya se está empleando con dicho material de una forma empírica debido a que no existe como tal una normativa que brinde las especificaciones correctas del material, por lo que se opta a importar información del extranjero para intentar “adecuarlo” a nuestro

entorno.

- Como último punto se recomendaría a los arquitectos y diseñadores tomar muy en cuenta los materiales con los que están trabajando y de tal manera conozcan más a fondo lo que implica ambientalmente su extracción para cada uno de ellos en el área de la construcción, brindando de esta manera nuevas alternativas sustentables y con buenos resultados para los usuarios.



4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDECE. (2019). FACHADAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN. <https://www.andece.org/wp-content/uploads/2019/10/Gu%C3%A- Da-T%C3%A9cnica-Fachadas-prefabricadas-de-hormig%C3%B3n.pdf>
- APA – The Engineered Wood Association. (2010). Guía de Productos de Glulam. https://www.apawood.org/Data/Sites/1/documents/americalatina/ex_l440_la.pdf
- APA – The Engineered Wood Association. (2021). Selección y Especificación de Madera Contralaminada (CLT). <https://www.apawood.org/Data/Sites/1/documents/americalatina/ex-x300-la.pdf>
- Arriaga, F. (1995). Eficacia estructural y energética de la madera como material de construcción. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2649_10095.pdf
- Caballero Vinueza, O. S. (2004). SISTEMA DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3346/4/8373.pdf>
- EC3. (2018). Herramienta de cálculo del carbono incorporado en la construcción (EC3). <http://hdl.handle.net/1773/41885>
- Forest Service, U., & Products Laboratory, F. (2010). Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. <https://www.kopperspc.com/pdfs/wood-handbook.pdf>
- Haro Estrella, L. (2021). Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador Informe 2021. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Factor-de-emision-de-CO2-del-Sistema-Nacional-Interconectado-de-Ecuador-Informe-2021-2.pdf>
- Hernández Sampieri, R. (2014). LIBRO_ INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA_ HERNANDEZ SAMPIERI. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Meconnen, M. (2010). Manual de Evaluación de la huella hídrica.
- INDAGSA. (2022). PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN. https://www.aenor.com/Producto_DAP_pdf/220303_DAP_Indagsa_rev_1.pdf

- INEC. (2016). Encuesta de Edificaciones 2016 (Permisos de Construcción). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2016/2016_EDIFICACIONES_PRESENTACION.pdf
- LAFC. (2017). COMISION FORESTAL PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE. 1–12. <https://www.fao.org/3/bt191s/bt191s.pdf>
- Macchia, J. L. (2009). Cómputos, Costos y Presupuestos. https://www.academia.edu/42835862/C%C3%B3mputos_Costos_y_Presupuestos
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). ESTRUCTURAS DE MADERA. <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec8.pdf>
- Miralles, E. (2019). Estructura de madera laminada - Promateriales. <https://www.yumpu.com/es/document/view/25524792/estructura-de-madera-laminada-promateriales>
- Muri Cedeño, D. (2015). PROYECTO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11898/1/DARWIN%20MURI%20%28BIBLIOTECA%29.pdf>
- Novas Cabrera, J. (2010). SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS APLICABLES A LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN PAÍSES EN DESARROLLO. https://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf
- Palmarola, H. (2012). DE ABSTRACTO A CONCRETO. <https://www.scielo.cl/pdf/arq/n82/art03.pdf>
- Perdomo, V., & Ruocco, F. (2015). PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: Análisis de Sistemas Aplicados a Vivienda. <http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/11/TESINA-PERDOMO-RUOCCO.pdf>
- Pérez Galaz, V. A. (1992a). Manual 11: Manual de madera laminada (Primera parte). <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/6647>
- Pérez Galaz, V. A. (1992b). Manual 11: Manual de madera laminada (Segunda parte). <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/6647>
- Pérez Galaz, V. A. (1992c). Manual 11: Manual de madera laminada (Tercera parte). <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/6647>
- Prieto Jiménez, S. (2014). Panel prefabricado

de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado, destinado a vivienda de interés social. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/download/622/537/1905>

Quinchía, A. M., Valencia, M., & Giraldo, J. M. (2007). USO DE LODOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA PAPELERA EN LA ELABORACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n8/n8a02.pdf>

Quiroga, R. (2017). Contexto regional: situación y medición de los bosques en ALC. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/2017-12-1.1_contexto-regional-situacion-bosques.pdf

Sáenz De Miera, G., & Muñoz Rodríguez, M. Á. (2009). La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio. www.realinstitutoelcano.org

Santa Rodríguez, R. J. (2008). PANELES PREFABRICADOS PARA FACHADA CON HORMIGÓN DE ALTAS PRESTACIONES. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/2002/2/Tesis.pdf>

Sevilla Allende, R. (2018). LA MADERA LAMINADA EN LA ARQUITECTURA. https://oa.upm.es/54403/1/TFG_Sevilla_Allende_Ramon.pdf

Universidad Autónoma de Madrid. (2019). ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE UNA PROMOCIÓN RESIDENCIAL. https://eventos.uam.es/_files/_event/_33229/_editorFiles/file/Informe_UAM-ViaCelere_WEB.pdf

v

Vélez Aspiazu, E. E., & Coello Espinoza, L. E. (2017). Impactos ambientales producidos por la construcción de vivienda a gran escala en la ciudad de Guayaquil Environmental impacts produced by the construction of large-scale housing in the city of Guayaquil Impactos ambientais produzidos pela construção de moradias em larga escala na cidade de Guayaquil. 3, 1066–1085. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.3.jun.1066-1085>



5. ANEXOS

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE	Modulo hormigon prefabricado				
GRUPO :	General				
RUBRO:	LIMPIEZA DEL TERRENO		UNIDAD:	m ²	
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
HERRAMIENTA MENOR (5%)					0,05
SUBTOTAL M					0,05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Costo Hh	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peon	2,00	3,51	7,02	0,133	0,93
SUBTOTAL N					0,93
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Guantes	u	3,00	1,50	4,50	
SUBTOTAL O				4,50	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL P				0,00	
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)	
				5,48	
				INDIRECTOS 18%	
				0,98	
				COSTO TOTAL DEL RUBRO:	
				6,46	

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE	Modulo madera laminada				
GRUPO :	General				
RUBRO:	VIGAS Y COLUMNAS DE MADERA	UNIDAD:	ml		
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
HERRAMIENTA MENOR (5%)					0,11
SUBTOTAL M					0,11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	Costo Hh	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil	1,00	3,55	3,55	0,2	0,71
Peon	2,00	3,51	7,02	0,2	1,40
SUBTOTAL N					2,11
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Viga madera laminada de 0,30 x 0,10 x 6,00	u	6,00	39,00	234,00	
Pernos	lb	1,00	2,00	2,00	
SUBTOTAL O				238,00	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL P				0,00	
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)	
				238,22	
				INDIRECTOS 18%	
				42,87	
				COSTO TOTAL DEL RUBRO:	
				281,09	

PRESUPUESTO MODULO

PROYECTO: Módulo Hormigon Prefabricado

AUTOR:

FECHA: /12/2022

AREA DE CONSTRUCCIÓN: 36 m2

CODIGO	DETALLE DE (Rubro o Partidas)	UNIDAD	PRECIO \$ UNITARIO\$ (Incluido)	VOLUMEN DE OBRA	COSTO TOTAL
1	LIMPIEZA - EXCAVACIONES - RELLENO (OBRAS PRELIMINARES)				
1.1	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	6,46	49,00	316,54
1.2	REPLANTEO Y NIVELACION SIN EQUIPO TOPOGRAFICO	m2	10,75	49,00	526,75
2	CIMENTACIONES				
2.1	HORMIGON SIMPLE DE REPLANTILLO 10 cm	m3	93,42	1,34	125,18
2.2	ENCOFRADO CON TABLAS DE MONTE PARA CADENAS	m2	16,26	17,89	290,89
2.3	HORMIGÓN SIMPLE CADENAS F' C= 210 KG/M2.	m3	95,34	0,61	58,16
3	ESTRUCTURA				
3.1	PERFILES DE ALUMINIO GALVANIZADO (TIPO COLUMNA)	ml	14,72	28	412,16
4	MAMPONERIA				
4.1	PANELES DE HORMIGON PREFABRICADO (PT1 0,97x0,97cm)	m2	11,38	49	557,62
4.2	PANELES DE HORMIGON PREFABRICADO (PT2 2,97x0,97cm)	m2	6,97	49	341,53
			TOTAL		2628,83

PRESUPUESTO MODULO

PROYECTO: Modulo Madera Laminada

AUTOR:

FECHA: / /12/2022

AREA DE CONSTRUCCION: 36 m2

CODIGO	DETALLE DE (Rubro o Partida s)	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS (Incluido)	VOLUMEN DE OBRA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	LIMPIEZA - EXCAVACIONES - RELLENO (OBRAS PRELIMINARES)					
1.1	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m 2	6,46	36,00	1	232,56
1.2	REPLANTEO Y NIVELACION SIN EQUIPO TOPOGRAFICO	m 2	10,75	36,00	1	387,00
2	CIMENTACIONES					
2.1	EXCAVACION DE PLINTOS	m 3	54,79	0,55	4	12,05
3	ESTRUCTURA					
3.1	COLUMNAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 2,80	ml	133,83	0,98	2	26,23
3.2	VIGAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 3	ml	143,03	0,105	2	30,04
3.3	VIGAS DE MADERA 0,35 x 0,10 x 6	ml	281,09	0,21	4	236,12
				TOTAL		924,00



Quito, 2023