



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DISEÑO DE MOBILIARIO MODULAR PARA ESPACIOS REDUCIDOS
UTILIZANDO REMANENTES DE CONSTRUCCIÓN

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN DISEÑO DE MUEBLES

PRESENTA:

ELISA RUT AVENDAÑO DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.D.E. JUAN CARLOS DURÁN S.

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, AGOSTO 2019

Para Berta

Todo lo que soy, y espero ser, se lo debo a mi madre.

A Dios porque de él viene el conocimiento y la inteligencia, porque con su bendición llena siempre mi vida.

A mi familia, a mi madre y mis hermanos, por sus oraciones, consejos y palabras de aliento que hacen de mí una mejor persona.

A Manuel por acompañarme en todos mis sueños y metas, sin tu apoyo y cariño esto no sería posible.

A mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito y por el amor brindado cada día.

A Raúl por compartir su tiempo, alegrías y conocimientos conmigo.

Al Dr. Agustín Santiago por su dirección, paciencia, entrega y valiosos consejos que permitieron alcanzar los objetivos de esta tesis.

Al M.D.E. Juan Carlos Durán Salazar principal colaborador de este proyecto, por confiar en mí, tenerme la paciencia necesaria, por compartir su conocimiento y por siempre motivarme a ser mejor.

A mis asesores al M.T.A.M. Armando Rosas, M.A.V. Alejandro Alberto Bravo, M.C. Víctor Manuel Cruz y al Dr. Owen Abdalláh Borrás Enríquez, por compartir sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis.

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad el aprovechamiento de los remanentes de construcción utilizándolos como materia prima en la fabricación de un mobiliario modular diseñado para espacios reducidos, con el fin social de contribuir con el medio ambiente a través del eco diseño, teniendo en cuenta la falta de alternativas para la reducción de estos residuos y las necesidades de los habitantes de viviendas con espacios reducidos, brindando una alternativa a ambas problemáticas al utilizar mobiliario modular que ahorre espacio y permita mayor amplitud con el propósito de apoyar a una mejora en la calidad de vida de sus habitantes, en este trabajo se propone un método para la recuperación de dichos residuos, seguido de una propuesta de diseño de mobiliario al cual se le aplicaron evaluaciones como: análisis de resistencia, usabilidad e impacto ambiental. Obteniendo como resultado a través de la implementación de remanentes de construcción en la fabricación de mobiliario modular la recuperación de un 12% de los residuos generados en obra menor; así como la disminución de contaminantes hasta en un 90% en el impacto ambiental generado en la huella de carbono, energía consumida, acidificación atmosférica y eutrofización del agua, en comparación con un producto elaborado con materia prima nueva.

Palabras claves

Construcción- residuos - eco diseño - medio ambiente - modular - mobiliario.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. ASPECTOS PRELIMINARES	9
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 OBJETIVO GENERAL	22
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.6 LIMITACIONES	23
1.7 DELIMITANTES	23
1.8 METODOLOGÍA	24
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	28
2.1 ANTECEDENTES DEL ECO DISEÑO	29
2.2 RUEDA DE LIDS DE VAN HEMEL	34
2.3 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	38
2.4 MÉTODO DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	44
2.4.1 MATERIALES ORGÁNICOS	47
2.4.2 MATERIALES METÁLICOS	50
2.5 ANTECEDENTES DEL MUEBLE	52
2.6 MUEBLES MODULARES	55
2.6.1 MODULUS	57
2.7 MUEBLES CON MATERIALES RECICLADOS	58
2.7.1 TEKÓ MUEBLES DE PLÁSTICO RECICLADO	59
2.7.2 SHIGERU BAN DISEÑOS DE PAPEL	60
2.8 ESTÉTICA DEL MUEBLE	61
2.9 ESPACIOS REDUCIDOS	63
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO	63
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL DISEÑO	67
3.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	68
3.2 CONCEPTO DE DISEÑO	73
3.3 MATRIZ DE EVALUACIÓN	79
3.4 PROCESO DE FABRICACIÓN PROTÓTIPO 1 MODELO A-2	81
CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN	85
4.1 ASPECTOS AMBIENTALES	86
4.2 ANÁLISIS ESTÁTICO	92

4.3	USABILIDAD.....	100
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO.....		106
5.1	ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	107
5.2	COMPARATIVA DE ASPECTOS AMBIENTALES.....	115
5.3	COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL.....	118
CONCLUSIÓN.....		125
REFERENCIAS.....		128
ANEXO.....		133

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Proyectos de Stefan Zwicky Fuente: [4].....	12
FIGURA 2	Battlo concept Fuente: [4].....	13
FIGURA 3	Ignacio Pérez-Jofre Santesmases y Donna Conlon Fuente: [4].....	13
FIGURA 4	Desechos de construcción en Huajuapán de León 2018 Fuente: propia.....	15
FIGURA 5	Porcentajes de RCD estimados por la CMIC. Fuente: [24].....	15
FIGURA 6	Residuos en vía pública. Fuente: propia.....	17
FIGURA 7	Paraísos Siniestros: vivienda de interés social en México. Fuente: [24].....	20
FIGURA 8	Coche Dymaxion. Fuente [8].....	30
FIGURA 9	Clásicos de Arquitectura: La Casa Dymaxion / Buckminster Fuller. Archdaily Fuente [8].31	31
FIGURA 10	Ejemplo Rueda estratégica de Van Hemel Fuente [36].....	34
FIGURA 11	Simbiosis industrial. Fuente [76].....	46
FIGURA 12	Cola de milano Fuente: [56]	48
FIGURA 13	Ensamble machihembrado fuente [56].....	48
FIGURA 14	Ensamble a media madera Fuente [56]	48
FIGURA 15	A media madera Fuente [56].....	48
FIGURA 16	Acoplamiento con galleta Fuente: [56].....	49
FIGURA 17	Acoplamiento con bisel Fuente: [56].....	49
FIGURA 18	Remaches Fuente: [38]	51
FIGURA 19	Tornillo- Tuerca Fuente: [38].....	51
FIGURA 20	Uniones forzadas. Fuente: [38]	51
FIGURA 21	Pasadores. Fuente [38].....	51
FIGURA 22	Soldadura eléctrica manual por arco Fuente: [38]	51
FIGURA 23	Chavetas Fuente: [38].....	51
FIGURA 24	Mueble modular. Fuente [54]	55
FIGURA 25	Mueble modular. Fuente [54].....	55
FIGURA 26	Mueble modular. Fuente [54]	56
FIGURA 27	Mueble modular. Fuente [54].....	56
FIGURA 28	Modulus Modelo 1.3. Fuente: [19].....	57
FIGURA 29	Línea t mobiliario urbano. Fuente: TEKO.....	59
FIGURA 30	Casa de papel. Fuente: Shigeru Ban Architects.....	60

FIGURA 31. Serie carta 1998 silla, taburete, Chaise Longue. Fuente: Shigeru Ban Architects.....	60
FIGURA 32. The Factory. Fuente [53].....	61
FIGURA 33. Ejemplo de estilo industrial fábrica adaptada a comedor, diseño elaborado por ARYS arquitectura e interiorismo. Fuente [34].....	62
FIGURA 34. Edificio Ermita, Ciudad de México. Fuente [50].....	63
FIGURA 35. Casas GEO Estado de México. Fuente [50].....	64
FIGURA 36. INEGI. Panorama sociodemográfico de Oaxaca 2015-2016. Fuente [81].....	65
FIGURA 37. Dimensión de estancias (mm). Fuente [32]	
FIGURA 38. Dimensión de comedores (mm). Fuente [32].....	71
FIGURA 39. Lámina galvanizada. Fuente [60].....	73
FIGURA 40. Cubierta. Fuente [58].....	75
FIGURA 41. Estribos. Fuente [58].....	77
FIGURA 42. Materiales orgánicos y metálicos. Fuente: propia.....	81
FIGURA 43. Ensamble de piezas. Fuente: propia.....	82
FIGURA 44. Pieza natural/ con acabado. Fuente: propia.....	83
FIGURA 45. Prototipo 1 terminado. Fuente: propia.....	84
FIGURA 46. Representación gráfica Rueda de LIDS prototipo 1.....	91
FIGURA 47. Estructura modular Fuente propia.....	92
FIGURA 48. Resultados de Tensión de von Mises. Fuente propia.....	96
FIGURA 49. Resultados de desplazamientos. Fuente propia.....	97
FIGURA 50. Resultados de deformación unitaria equivalente. Fuente propia.....	98
FIGURA 51. Factor de seguridad. Fuente propia.....	99
FIGURA 52. Comparativa de evaluación de usabilidad. Fuente propia.....	104
FIGURA 53. Detalle de conteras y plano general. Fuente propia.....	107
FIGURA 54. Bastidor de pino.....	108
FIGURA 55. Detalle de estructura.....	108
FIGURA 56. Sujeción con madera.....	109
FIGURA 57. Sujeción con alambre 1.....	109
FIGURA 58. Sujeción con alambre 2.....	109
FIGURA 59. Propuesta de recubrimiento A.....	110
FIGURA 60. Propuesta de recubrimiento B.....	110
FIGURA 61. Propuesta de recubrimiento C.....	111
FIGURA 62. Representación gráfica Rueda de LIDS comparativa prototipo 1 y prototipo 2.....	117
FIGURA 63. Huella de carbono (kg Co ₂ e).....	121
FIGURA 64. Energía total consumida (MJ).....	122
FIGURA 65. Acidificación atmosférica.....	123
FIGURA 66. Eutrofización del agua (kg PO ₄ E).....	124

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Clasificación y estimación de los RCD por la CMIC. Fuente: [24].....	16
TABLA 2 Medidas mínimas para espacios habitables Fuente: [32].....	21
TABLA 3 Composición física de los RC&D (% en peso) en México. Fuente [3].....	42
TABLA 4. Diversos metales de RC&D. Fuente: Reducción, reusó y reciclaje, SEDESOL 2005 Fuente [48].....	42
TABLA 5. Identificación de impactos ambientales Fuente: Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.....	43
TABLA 6. Tipos de madera para cimbra [52].....	47
TABLA 7 Historia del Mueble Fuente: [45].....	52
TABLA 8. Requerimientos espaciales a partir de las funciones, base en una vivienda. Fuente: Elaboración propia.....	69
TABLA 9. Requerimientos de uso, dimensiones. Fuente [57] [32].....	70
TABLA 10. Ejemplo de validación, fuente propia.....	80
TABLA 11. Matriz MET prototipo A-2. Elaboración propia.....	87
TABLA 12. Estrategias de eco diseño.....	88
TABLA 13. Evaluación de estrategias.....	90
TABLA 14. Propiedades del estudio. Fuente propia.....	93
TABLA 15. Propiedades del modelo. Fuente propia.....	93
TABLA 16. Sujeciones. Fuente propia.....	94
TABLA 17. Cargas. Fuente propia.....	94
TABLA 18. Información de malla. Fuente propia.....	95
TABLA 19. Fuerzas resultantes. Fuerzas de reacción. Fuente propia.....	95
TABLA 20. Resultados de Tensión de von Mises. Fuente propia.....	96
TABLA 21. Resultados de desplazamientos. Fuente propia.....	97
TABLA 22. Resultados de deformación unitaria equivalente. Fuente propia.....	98
TABLA 23. Ejemplo de test. Fuente propia.....	103
TABLA 24. Selección de alternativa. Fuente propia.....	112
TABLA 25. Comparativa entre la evaluación de estrategias del prototipo 1 y prototipo2.....	115
TABLA 26. Ejemplo de cálculo de energía consumida en la fabricación por piezas.....	119

CAPÍTULO 1. ASPECTOS PRELIMINARES

1.1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en México impulsa la producción y el empleo, tiene una importante función social ya que absorbe la mayor cantidad de mano de obra del país y está íntimamente ligada con el entorno económico y financiero por la cantidad de inversiones que se llevan a cabo. "Este sector utiliza insumos provenientes de otras industrias como acero, hierro, cemento, arena, cal, madera, aluminio, etc. por este motivo es uno de los principales motores de la economía del país ya que beneficia a 63 de las 69 ramas de la actividad productiva a nivel nacional"[3].

La industria de la construcción ha cambiado favorablemente en varios aspectos técnico-operativos, sin embargo, como cualquier actividad económica que emplea insumos en su labor, genera *residuos de construcción*, principalmente sólidos que contaminan al medio ambiente, afectando el suelo y niveles freáticos, además genera gastos excesivos de energía y emisiones de bióxido de carbono (CO₂) causadas por el excesivo transporte de los residuos. Por definición, los residuos de construcción "*son todo aquel material de desecho generado por la actividad de remodelación, excavación, demolición o construcción de una obra, tanto pública como privada*" [3].

La Cámara Mexicana de la Industria y la Construcción clasifica estos residuos atendiendo al tipo de materia prima del que estén fabricados [3].

- a) **Pétreos.** Estos residuos alcanzan hasta un 70% del total de residuos y son materiales como rocas, piedras y materia calcárea, incluidos los materiales aglutinantes (que se mezclan con agua para hacer una pasta), los cerámicos y vidrios; obtenidos de arcillas, barros y sílices sometidos a procesos de cocción en hornos a altas temperaturas.
- b) **Metálicos.** Materiales provenientes de metales dúctiles o maleables, ya sea en forma de láminas o hilos. Estos residuos representan un 15% de la cantidad total de desechos generados anualmente.
- c) **Orgánicos.** Generados por materia orgánica, ya sean maderas, resinas o sus derivados se desechan en 10% del total.
- d) **Sintéticos.** Son productos de procesos químicos de transformación, como los obtenidos mediante destilación de hidrocarburos o polimerización (plásticos), un ejemplo de estos

desechos son las tuberías de PVC, plafones, fachaletas entre otros, y ocupan un 5 % del total de estos desechos.

Estudios realizados por el *CIES (Centre d'Iniciatives per a l'Edificació Sostenible)* estiman el empleo de aproximadamente 2,5 toneladas de materiales por metro cuadrado construido en obra, además la cantidad de energía asociada a la fabricación de los materiales que componen una vivienda puede alcanzar, aproximadamente, un tercio del consumo energético de una familia de 4 integrantes, durante un periodo de 50 años (15,000 kw/h). Tan solo en México la producción de residuos de construcción y demolición supera la tonelada por habitante anualmente, siendo los residuos de la construcción los que generan un mayor impacto ambiental debido a que estos elementos se desechan en lugares no planificados como *vertederos* ilegales donde no se les da un correcto procesamiento o separación de materiales e incineración [2].

Una alternativa ante esta problemática es el diseño enfocado a reducir el impacto ambiental en un lugar con objetos y espacios, conocido como *Eco diseño [1]*, el cual tiene como objetivo principal mejorar el rendimiento medioambiental de los productos a lo largo de su Ciclo de Vida. Desde su creación en la etapa conceptual, selección, utilización de la materia prima, fabricación, embalaje, transporte, distribución, instalación, mantenimiento, uso y fin de vida.

Eco diseño significa que el medio ambiente ayuda a definir la dirección de las decisiones que se toman para la concepción y producción del diseño. Los objetivos principales del diseño ecológico son minimizar los residuos y reducir el consumo de energía y empleo de materiales en la sociedad para ajustarlos a niveles sostenibles, en donde el medio ambiente tiene el mismo "status" que otros valores más tradicionales como los beneficios, la funcionalidad, la estética, la ergonomía, la imagen o la calidad. Además permite reducir la degradación de los ecosistemas, el impacto directo en la salud del ser humano y el agotamiento de los recursos naturales [1].

En este sentido, han surgido diversas iniciativas relacionadas con el *eco diseño* para tratar de minimizar el impacto ambiental, como el reciclaje, el reúso y la transformación o tratamiento

de los desechos, creando productos con una idea ecológica la cual invita al consumidor a ser parte de esta iniciativa, volviéndose una tendencia en la actualidad.

La reutilización y el reciclaje de los residuos de la construcción es una de las estrategias fundamentales para alcanzar la sostenibilidad en este sector, para ello, el concepto de "residuo" debería tender a desaparecer y dar paso a la consideración de este tipo de materiales como un "recurso" [23]. Impulsando el desarrollo sostenible, es decir aquél desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones [9].

En lugares como Buenos Aires se realiza el "*Festival Drap Art*", para exhibir el arte a partir de desechos; en Alemania se lleva a cabo el "*Concurso Terma BafWeek*" en donde participan estudiantes de diseño de indumentaria y textil en la creación de una colección sustentable; en Japón el arquitecto Shigeru Ban diseña edificaciones a partir de tubos de cartón y materiales reciclados; en la ciudad de Puebla, México se ha implementado el reúso de contenedores como casa habitación o locales comerciales, entre otros [20] [79].

También algunas empresas, talleres y artistas han contribuido a la reducción de los materiales contaminantes con iniciativas como la reutilización o la transformación de dichos materiales para la elaboración de sus productos, por ejemplo, el interiorista Stefan Zwicky reutiliza elementos sobrantes de sus construcciones para la fabricación de elementos decorativos como cuadros y lámparas el cual se aprecia en la figura 1.



FIGURA 1 Proyectos de Stefan Zwicky Fuente: [4]

La empresa *Grillo Fontanería* formada por una familia de fontaneros que diseñan closets utilizando piezas de instalaciones hidráulicas. Mientras que en España, el taller de diseño conocido como *Battlo concept* promueve el diseño de líneas de mobiliario aplicando materiales para la construcción como se muestra en la figura 2 [4].



FIGURA 2 Battlo concept Fuente: [4]

En México el taller de experimentación *MDC muebles* diseña accesorios de decoración con concreto. Las empresas mexicanas *EYC* y *TEKO design* reciclan madera y plástico para muebles. Por otra parte los artistas plásticos Ignacio Pérez-Jofre Santesmases y Donna Conlon reutilizan los desechos como materia prima en sus obras un ejemplo de estas se muestra en la figura 3 [14].



FIGURA 3. Ignacio Pérez-Jofre Santesmases y Donna Conlon Fuente: [4]

También algunas Universidades alrededor del mundo se han dedicado a la investigación sobre el reciclaje y reutilización de desechos haciendo uso del eco diseño entre las cuales se encuentra la Universidad de Azuay en Ecuador, donde se llevan a cabo investigaciones sobre el reciclaje de aluminio para su implementación en el diseño de partes de mobiliario y la utilización de los desechos de madera para el diseño de accesorios del vestuario femenino.

Mientras que en la Universidad de Quito se realizan propuestas para la implementación de materiales reciclados en la construcción de residencias estudiantiles. De igual modo en la Facultad de Bellas Artes de Pontevedra en la Universidad de Vigo en España se realizan estudios sobre *arte actual* utilizando los desechos encontrados como forma de reciclaje artístico y en la Universidad Nacional Autónoma de México se llevan a cabo un estudio sobre las ventajas económicas y ambientales para el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en la zona metropolitana de la Ciudad de México [24].

En México se han impulsado muy pocas propuestas para brindar una respuesta a la problemática de la contaminación producida por la industria de la construcción [5]. Por este motivo, la presente investigación propone el uso de materiales de desecho de este sector, haciendo uso de la filosofía implementada por el eco diseño, la cual se enfoca entre otros puntos importantes a la reutilización y reciclaje de los desechos para alargar la vida útil de estos materiales, introduciéndolos a un nuevo Ciclo de Vida [1]. Para lo cual es necesario clasificarlos según sus características y determinar el tipo de tratamiento y su uso posterior, ampliando la gama de materiales en la industria del mueble, al aportar propuestas de diseño de mobiliario con materiales implementados en menor escala, contribuyendo a la reducción de la tala inmoderada ya que la madera es la materia prima más usada por este sector.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de la construcción en México es un sector relevante de la economía y siempre ha estado vinculada a la generación de empleo para el país, está sumamente relacionado con el entorno económico y financiero nacional e internacional. Sin embargo, como cualquier actividad económica que emplea insumos en su labor, los transforma y procesa, también genera residuos, principalmente sólidos, por ejemplo, escombros por demolición, materiales térreos producto de excavación, concretos, metales, entre otros materiales [3]; en la figura 4 se muestran remantes de construcción generados por demolición.



FIGURA 4. Desechos de construcción en Huajuapán de León 2018 Fuente: propia

Organizaciones como la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) se han preocupado por minimizar el impacto ambiental de dicha industria, proponiendo planes para el manejo de los residuos de la construcción y la demolición, con normativas y estrategias para recuperar o reciclar los residuos. Se estima que actualmente sólo el 4% de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se generan, son aprovechados (3% reciclados y 1% reúso) [24]. En la figura 5 se muestra una estimación de la caracterización de los RCD.

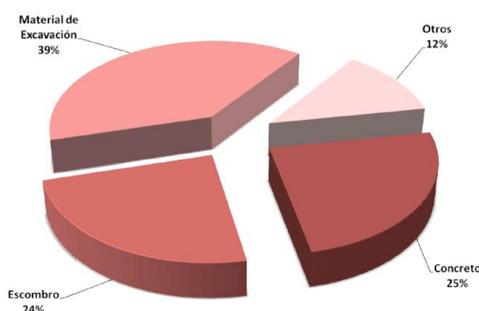


FIGURA 5. Porcentajes de RCD estimados por la CMIC. Fuente: [24]

En México algunos estados de la República han implementado estrategias para la recolección y el transporte de dichos residuos incluyendo algunos centros de acopio, transferencia e incluso sitios de disposición final. En la tabla 1 se presenta una clasificación y estimación de los RCD.

TABLA 1. Clasificación y estimación de los RCD por la CMIC. Fuente: [24].

Grupo	Subproducto	Porcentaje Incidencia	Participación (Miles Ton)
Material de Excavación	Material para Relleno.	39	2,381
Concreto	Concreto: Bases Hidráulicas, Concretos Hidráulicos, Adocretos, Adopastos, Bordillos, Postes de Cemento-Arena, Morteros.	24	1,482
	Asfalto: Carpetas Asfálticas.	0.3	15
Elementos Mezclados Prefabricados y Pétreos	Piedra, Block-Tabique, Tabicones Mortero, Adoquines, Tabicones, Tubos de Albañal, Mamposterías, Tabiques, Ladrillos.	24	1,456
	Yeso, Muro Falso Madera Cerámica Plástico Metales Lámina Vidrios	12	746
Otros	Papel y cartón		
RSU	RSU		
Residuos Orgánicos	Hojas, Ramas, Troncos y Raíces.		
Producto de Despalle			
Totales		100	6,080

En la Ciudad de México únicamente se cuenta con dos sitios oficialmente aprobados para la disposición final y transferencia de estos residuos, “*Concretos reciclados*” que es una planta privada de reciclado en donde se procesa apenas el 3% de esos residuos generados en la urbe, donde sólo se manejan concretos para producir agregados como gravas y arenas. El otro espacio es una estación de transferencia donde reciben los desechos para enviarlos a algunos de los 14 sitios autorizados en el Estado de México.

No obstante, la gestión en materia de residuos presenta serias deficiencias, ya que son pocas las entidades que cuentan con infraestructura para proporcionar un manejo adecuado para los desechos. La mayor parte de los residuos de construcción generados en las obras pequeñas son retirados por vehículos de carga privados, solamente el 5% del total es trasladado por los vehículos recolectores de residuos sólidos urbanos, y se estima que cerca del 10% de los residuos se disponen en suelo de conservación o vía pública [26], como se muestra en la figura 6.



FIGURA 6. Residuos en vía pública. Fuente: propia

Para el caso de obras públicas y privadas se estima que el 67% de sus residuos son transportados por vehículos de carga privados, sin embargo, tan solo el 20% se dispone en sitios autorizados y un 3% se recicla, disponiendo el resto para la nivelación de terrenos, rellenos sanitarios y de manera inapropiada en suelos de conservación o vía pública [26]. En el estado de Oaxaca en 2011 se estima el empleo de 74,650.23 ton/m² [26]. La disposición sin separación ni tratamiento, frecuentemente en sitios inapropiados, generan un impacto ambiental relevante, se han identificado diversos problemas ambientales y de imagen urbana que a continuación se mencionan [27]:

- Obstrucción de arroyos, cañadas y barrancas.
- Afectación al drenaje natural.
- Azolve de partes bajas e inundación de zonas aledañas en temporadas de lluvia.
- Afectación al medio físico urbano y medio ambiente.
- Contaminación de suelo, subsuelo y mantos acuíferos.
- Impacto visual del entorno.
- Contaminación del aire.

Para dar respuesta a la problemática que generan los residuos de construcción es necesario fomentar el reciclaje y aprovechamiento de los mismos, así como un cambio de cultura a nivel social, implementando estrategias que permitan reducir la degradación de los ecosistemas, el impacto directo al medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales (eco diseño) [2].

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la industria del mueble, se encuentra en un marco fuertemente competitivo, donde la sensibilidad social en materia ambiental es cada vez más fuerte, por ello se encuentra ante ciertos factores motivantes para la inclusión de los aspectos ambientales en sus actividades, sin embargo se detecta en el sector una falta de conocimiento y/o dificultad de acceso a la información y herramientas (tanto metodológicas como económicas) necesarias para lograr dicho objetivo. Esto se debe a que a nivel ambiental existe poca innovación en materiales y grandes barreras al empleo de alternativas más ecológicas como son materiales reciclados, composites, eliminación de ciertos acabados de elevada toxicidad, etc. [29].

La problemática anteriormente planteada, brinda una oportunidad para la implementación de una alternativa de materiales para la fabricación de mobiliario utilizando los residuos de construcción como materia prima.

En México, debido a los sismos ocurridos en el mes de septiembre del 2017, se generaron enormes cantidades de desperdicios de demolición y derrumbe; se tiene un reporte de al menos 38 inmuebles colapsados en la capital y con 3 mil 848 reportes de construcciones con algún grado de daño. Ante las miles de toneladas de estos desechos a causa del sismo, las autoridades no han manifestado detalladamente el trato que les darán ni la cantidad aproximada de los residuos generados [24].

Una de las zonas más afectados en la República Mexicana es Huajuapán de León en el Estado de Oaxaca, en donde se ha hecho la invitación a varias constructoras para recolectar y enviar los desechos de construcción generados de los sismos a plantas de tratamiento en la Ciudad de México, puesto que son lugares que se encuentran a gran distancia, provocan mayor costo de transporte, flujo vehicular, contaminación por emisiones al aire y ruido [29].

Hujuapán de León cuenta con un total de 69,839 habitantes, lo cual representa el 1.8% de la población del Estado, de los cuales 52.7% se encuentran en pobreza (45.5% pobreza moderada, 7.1% pobreza extrema); el 16.1% (10,891 personas) habitan en viviendas con mala calidad de materiales y espacio insuficiente, algunas de estas casas sufrieron afectaciones por los sismos; el promedio de los usuarios por casa habitación es de 4 integrantes [30].

La Organización Mundial de la Salud, en el documento “*Estrategia de la Vivienda Saludable*”, establece que en el ambiente de la vivienda un individuo pasa al menos 50% de su tiempo. Las condiciones de ésta pueden considerarse como factores de riesgo o agentes que afectan la salud de sus residentes [24]. El reporte describe que la vivienda influye favorablemente en los procesos restauradores de la salud e incentiva la actividad creadora y el aprendizaje, cuando sus espacios reúnen las condiciones óptimas y funcionales para los que fueron diseñados, sin embargo al encontrarse con viviendas que no cuentan con estas condiciones no se logran cumplir dichos procesos, un claro ejemplo de esto son las *viviendas de interés social prioritario*, las cuales se aprecian en la figura 7.



FIGURA 7. Paraísos Siniestros: vivienda de interés social en México. Fuente: [24]

En la actualidad se han implementado una serie de alternativas para aprovechar los espacios reducidos en las viviendas, mediante el diseño de interiores e implementación de mobiliario inteligente, mobiliario multifuncional o mobiliario modular, que logre dar una mayor comodidad, aprovechamiento y orden a estos espacios, ya que en muchos casos las viviendas están limitadas debido a la incorrecta distribución del espacio y al mal dimensionamiento del mobiliario al cual los usuarios tienen acceso.

Observando la falta de una alternativa para la reutilización de los residuos de construcción y la necesidad que tienen los habitantes de las viviendas con espacios reducidos, la presente investigación propone una alternativa para maximizar el aprovechamiento de los espacios reducidos mediante el diseño de muebles modulares con remanentes de construcción y de

esta manera brindar mayor amplitud en las viviendas contribuyendo a mejorar la calidad de vida de sus habitantes a través de mobiliario con costos accesibles, ecológico, con dimensiones especiales para su uso en estos ambientes debido a su modularidad, permitiendo así un lugar cómodo, ordenado y estético, que sea digno para el desarrollo íntegro de las personas; al mismo tiempo que se contribuye a la minimización del impacto ambiental provocado por la falta de tratamiento a dichos residuos.

Por lo cual se propone el diseño de un mueble modular para áreas de convivencia común como estancia, comedor y cocina, los cuales son espacios fusionados en las viviendas de interés social. Para obtener su funcionalidad se tomarán como referencias de distribución, dimensiones y diseño, las medidas mínimas para espacios habitables las cuales se muestran en la tabla 2. En la realización de la presente investigación se implementaron dos tipos de materiales; *metálicos (varillas, perfiles, láminas, mallas, tuberías, cableado, etc.)* y *orgánicos (madera y aglomerados)*.

TABLA 2 Medidas mínimas para espacios habitables Fuente: [32]

Espacio habitable	Área mínima (m ²)	Lado mínimo (m ²)
Estancia	7.29	2.70
Comedor	4.41	2.10
Recamara	7.29	2.70
Alcoba	3.60	2.00
Espacio auxiliar		
Cocina	3.30	1.50
Patio	1.96	1.40
½ baño	1.69	1.30
Lavandería	2.56	1.60
Patio lavandería	2.66	1.40
Espacios superpuestos		
Estancia - comedor	12.00	2.70
Estancia- comedor- cocina	14.60	2.70

El proyecto se realizará en la Ciudad de Huajuapán de León, en colaboración con algunos arquitectos y constructoras que llevan a cabo diversas obras, quienes están encargados de los proyectos de restauración de casas habitación en el centro histórico, de las demoliciones y construcciones nuevas de edificios comerciales en el centro de Huajuapán de León, estas empresas facilitarán la obtención de materia prima para este proyecto.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un mueble modular con remanentes de construcción haciendo uso de las estrategias del eco diseño para apoyar a la reducción de desechos contaminantes a través del reciclaje y a la optimización de los espacios en las viviendas de interés social prioritario.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los tipos de residuos de construcción a reciclar, a partir de los procesos de transformación.
- Elaborar bocetaje y propuestas preliminares según la clasificación de materiales y estrategias planteadas.
- Analizar las técnicas de producción para elaborar el prototipo.
- Fabricación de modelos de baja fidelidad.
- Realizar simulaciones de análisis estático a través de un modelo 3d utilizando SOLIDWORKS Simulation.
- Construcción de prototipos definitivos.
- Analizar el impacto ambiental relativo del mobiliario propuesto en comparación con el mobiliario fabricado con materia prima nueva, haciendo uso de la herramienta *rueda de LIDS*.

1.6 LIMITACIONES

Existen diversos factores que fueron limitantes para el presente proyecto, los cuales se enuncian a continuación:

- La naturaleza de los materiales sugirió las formas y procesos adecuados conforme a su comportamiento, para su implementación en el diseño de los muebles.
- El producto final empleando algunos tipos de materiales fue pesado y con una gama de acabados limitada debido a la composición de la materia prima.
- Algunos de los materiales necesitaron un tratamiento previo para su reúso, por lo tanto el tiempo de fabricación de los módulos en su etapa inicial incremento en comparación al mobiliario fabricado con materiales industrialmente. Este tiempo dependió del estado en el que se encontró el material al momento de su selección.

1.7 DELIMITANTES

- Se desarrolló el diseño de 2 módulos a partir de materiales *orgánicos* y *metálicos*.
- Se aplicaron pruebas de usabilidad a cada uno de los módulos según el tipo de función que desempeñe el mobiliario.
- Las dimensiones de los módulos estarán delimitadas por las medidas mínimas para espacios habitables establecidas en el Código de Edificación de Vivienda.

1.8 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto se consideró la utilización del método proyectual de Bruno Munari [22], que presenta un orden lógico donde se trazan guías para las acciones que se deben realizar a fin de llegar a la construcción del prototipo final, haciendo uso de la rueda de LIDS de Van Hemel como herramienta del eco diseño, la cual servirá como referencia para la investigación y como indicador de las estrategias que se deberán enfocar tanto a corto como a largo plazo en la concepción de los módulos. A continuación se describen las fases y estrategias a utilizar:

Fase 1. Definición del problema: consiste en la exploración de las condiciones y limitantes del proyecto para satisfacer las necesidades del usuario. En esta fase se llevó a cabo un análisis de la problemática generada a partir de los residuos de construcción, las afectaciones que genera, alternativas de uso que existen en la actualidad y su viabilidad.

Fase 2. Elementos del problema: Enlistado de problemas secundarios para una solución más completa. Recopilación de información de la situación frente a esta problemática en Huajuapán de León y las afectaciones que se desprenden del problema principal.

Fase 3. Recopilación de información: Información que sirvió para la comprensión y solución de la problemática. Esta fase se consideró la investigación in situ, visitas a obra, afectaciones de casas habitación, encuestas y recopilación de datos sobre la cantidad de residuos generados, clasificación de materiales, tipo de mobiliario indispensable para los usuarios en los espacios seleccionados, análisis de mercado, entre otros.

Fase 4. Análisis de datos: depuración de información. El análisis de todos los datos recogidos puede proporcionar sugerencias para el correcto desarrollo de la propuesta, y orientar la proyección hacia otros materiales, otras tecnologías, etc. En esta etapa se definió el tipo de tratamiento y uso para los materiales seleccionados dimensiones y métodos de recopilación de los desechos, procesos constructivos y herramientas para su posible fabricación.

Fase 5. Creatividad: Se consideraron todas las operaciones necesarias que se desprenden del análisis de datos y se realizó bocetaje de solución a la problemática tomando en cuenta la

información recopilada. En esta fase se llevó a cabo el diseño conceptual y experimental para la propuesta de los módulos, con base a las dimensiones mínimas y reducción del uso de materiales nuevos, acabados, herramientas y energía. Implementando la filosofía del Eco diseño en el producto a desarrollar a través de la herramienta *rueda estratégica*.

Fase 6. Materiales y tecnología: Uso de programas y materiales anteriormente investigados como apoyo para la solución del problema. La sucesiva operación consiste en otra pequeña recopilación de datos relativos a los materiales y a las tecnologías que el diseñador tiene a su disposición en aquel momento para realizar el proyecto. Se realizó modelación en 3d de las propuestas modulares y piezas en los diseños previos, seguido de la observación de los talleres y equipos con los que cuenta la universidad, en donde se llegó a una adaptación o implementación de equipo y herramienta para trabajar los materiales que se aplicaron en los módulos.

Fase 7. Experimentación: Pruebas con materiales diversos y tecnologías del área, definición de usos de materiales e instrumentos, fase de aportaciones de diseño y nuevos usos. Se llevó a cabo la fabricación de módulos para identificar la factibilidad de cada uno de ellos, la compatibilidad de los materiales con el diseño, tomando en cuenta la reducción del uso de materiales y las técnicas a utilizar para optimizar su producción.

Fase 8. Modelos: Con los datos obtenidos y sintetizados, se realizaron modelos a tamaño real de dos módulos para visualizar la optimización de la función del producto, generando un modelo para su uso en la etapa de verificación.

Fase 9. Verificación: Con el modelo se realizaron pruebas con el usuario potencial, colegas o profesionales del área y se toma nota de posibles errores. Se presenta el modelo a un determinado número de probables usuarios y se les pide que emitan un juicio sincero sobre el objeto en cuestión. Sobre la base de estos juicios, se realizó un control del modelo para ver si es posible modificarlo, siempre que las observaciones sean objetivas.

En esta etapa se llevará el módulo para verificar y analizar su uso en el sitio para el cual fue diseñado, para detectar errores o mejoras al producto, presentación previa para el análisis y aportación con especialistas en el área de investigación.

Fase 10. Dibujos constructivos: Correcciones de la verificación y realización de dibujos con especificaciones e indicadores para desarrollar los prototipos de alta fidelidad de los módulos.

Fase 11. Solución: Presentación del prototipo de alta fidelidad, diseño definitivo.

La rueda estratégica o rueda de Lids de Van Hemel

El uso de la rueda de estrategias de Van Hemel como una herramienta en el proceso del eco diseño, representa un modelo conceptual que trata de contextualizar todos los campos de acción de un proyecto que en su diseño incorpora aspectos medio ambientales, racionalización de costos y aporte a los requerimientos de estética, función, ergonomía y calidad, entre otros [31]. Esta herramienta contribuirá a la investigación mediante el uso de las estrategias que presenta, apoyando a la concepción de un diseño respetuoso con el medio ambiente, que supone un proceso de cambio para una sociedad comprometida con el futuro en pleno equilibrio social, económico y ecológico en todas sus fases.

A continuación se describen las estrategias que contribuirán con el enfoque de la investigación y que una vez concluida, servirán como parámetros para evaluar el impacto ambiental relativo y la comparación con otros productos en el mercado.

Estrategias:

- Etapa 1. *Desarrollo de un nuevo concepto*, la presente investigación consiste en el diseño de mobiliario modular para espacios reducidos utilizando remanentes de la construcción.
- Etapa 2. *Selección de materiales de bajo impacto*, para este caso es la selección y clasificación de materiales reciclados.
- Etapa 3. *Reducción de materiales durante el uso*, especificación de las medidas a partir de las dimensiones de espacios habitables mínimas.

- Etapa 4. *Optimización de técnicas de producción*. Reducción de las etapas del proceso de fabricación, eliminación de acabados o recubrimientos innecesarios.
- Etapa 5. *Optimización de sistemas de distribución*. La presente investigación consiste en la reducción en volumen (modularidad)
- Etapa 6. *Reducción de impacto ambiental durante su uso*. El producto final al ser modular, se desecha solamente una pieza al dañarse sin afectar al conjunto, fácil reparación y mantenimiento.
- Etapa 7. *Optimización de vida útil*. El producto final tendrá como características alta durabilidad, con estructura de producto modular / adaptable, construido con materiales para uso rudo.
- Etapa 8. Final del ciclo de vida. Una vez concluida la utilidad del producto este se propuso un desecho en un sitio permitido.

La rueda de estrategias de Van Hemel es una herramienta que ha sido aplicada con éxito en países como Venezuela, México y España entre otros, en proyectos de Eco diseño desarrollados entre los años 2010 y 2015, por ejemplo en:

- El diseño de elementos estructurales de madera laminada encolada por sistema de extrusión a partir de elementos orgánicos y madera sólida.
- Sistemas constructivos con madera y lámina encolada con calidad estructural para la conformación de edificaciones multifamiliares sociales.
- Proyectos de Eco diseño de mobiliario social tipo kit manufacturados con madera de pino caribe (*Pinus caribaea var. Hondurensis*)
- Sistema constructivo multifuncional con madera de teca (*Tectona grandis*) para viviendas e infraestructuras productivas, educativas, salud y de transporte para el desarrollo rural sostenible de la Reserva Forestal de Caparo del Estado Barinas [31].

Durante toda la investigación se tomó en cuenta la filosofía del eco diseño, sin embargo, en algunas fases de la metodología se unirá de manera directa a través de la herramienta antes mencionada.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ECO DISEÑO

Vivimos inmersos en un medio ambiente de recursos limitados condenado a soportar una población humana que crece de forma continua y desmesurada, al igual que sus necesidades, la producción y el uso de productos para suplir estas necesidades consumen y producen residuos provocando en el medio ambiente impactos negativos, como la disminución de la capa de ozono, efecto invernadero, contaminación atmosférica, disminución de la biodiversidad, agotamiento de los recursos no renovables, por mencionar algunos [33].

Este creciente deterioro ambiental ha conducido a los gobiernos a políticas medioambientales basadas en el desarrollo sostenible, definido por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente (1987) como aquel desarrollo que atiende las necesidades del presente sin poner en peligro la posibilidad de que futuras generaciones puedan atender las suyas; básicamente es producir más con menos, creando nuevos productos que permitan a la sociedad aumentar su bienestar reduciendo el impacto ambiental del actual modelo de desarrollo económico [1].

En consecuencia, para construir una economía sostenible se precisa poner en el mercado nuevos productos y rediseñar muchos de los ya existentes, en este sentido el eco diseño desempeña un papel fundamental.

Eco diseño significa que el medio ambiente ayuda a definir la dirección de las decisiones que se toman para la concepción y producción del diseño. Los objetivos principales del diseño ecológico son minimizar los residuos, reducir la producción de energía y materiales para ajustarlos a niveles sostenibles [34].

Este tipo de diseño también es conocido como verde medio, en donde se toma en cuenta el Ciclo de Vida del producto, desde la extracción de materias primas, hasta el fin de su vida útil, la eficacia del reciclaje y los efectos de los residuos en el medio ambiente [1].

Este concepto engloba términos como reciclar y reutilizar por ello se consideran en la presente investigación como indicadores ambientales relativos para realizar una comparativa entre el producto final con materia prima reciclada y materia prima nueva, los cuales se definen a continuación: "Reciclar cuya definición es volver a introducir algo en el ciclo que procede. Reutilizar, dar otro uso a cosas que se han desechado para alargar así su vida útil. Reciclar y reutilizar para compatibilizar y armonizar los mecanismos productivos humanos en relación a

los de la naturaleza. “[15] estos dos elementos permiten minimizar el consumo de materias primas naturales, reduciendo el consumo energético y el impacto ambiental global derivado de su obtención. La reutilización y el reciclaje pasan de ser una opción a una necesidad.

Se tiene registro de la implementación del Eco diseño en diferentes culturas anteriores a la Revolución Industrial; posteriormente surge el movimiento Británico de Artes y Oficios (1850-1914) donde se asociaba el auge de las nuevas industrias con la degradación medioambiental. La pésima calidad en las mercancías fabricadas en masa y el nocivo impacto ambiental llevó a la consideración de métodos nuevos que permitieran reducir el impacto ambiental y mantener un incremento en la producción [7]. Pero este movimiento se vio reflejado en un pequeño sector de la población, iniciando con esto los movimientos vanguardistas en Europa, Alemania, Austria y Holanda [1].

Los primeros promotores del eco diseño o diseño orgánico como se le denominaba en esos años, tenían un enfoque unificado, uno de ellos fue el arquitecto estadounidense Frank Lloyd Wright, el primero en unir la funcionalidad de edificios, interiores y mobiliario con una interacción armónica con el ambiente. En 1960, Richard Buckminster Fuller fue uno de los primeros defensores de una filosofía de diseño más sostenible, fundó la empresa de diseño 4-D, este diseñador acuñó el término Dymaxion que alude a todos los productos que conseguían el máximo beneficio humano a partir de un uso mínimo de gastos y energía [8]. Entre sus diseños más representativos se encuentra el coche Dymaxion con forma de gota (1933) que se muestra en la figura 8 y la Casa Wichita (1945) la cual se observa en la figura 9.



FIGURA 8. Coche Dymaxion. Fuente [8]



FIGURA 9. Clásicos de Arquitectura: La Casa Dymaxion / Buckminster Fuller. Archdaily Fuente [8]

Entre 1946 y 1955, Europa pasaba por un periodo de escasez de materiales y energía, esta austeridad contribuyó a una racionalización del diseño, viéndose reflejado en el trabajo de los diseñadores [4].

En la década de los 60's surge el movimiento hippie, que cuestionaba el consumismo y evocaba el regreso a la naturaleza, con este movimiento surgen libros y publicaciones enfocadas a diseños "hágalo usted mismo". En este periodo también surgen tecnólogos alternativos, que proponían la adecuación de la tecnología a la provisión de necesidades básicas, debido a la crisis energética que se presentó hacia el año de 1974, a raíz de esta crisis, surgen los primeros intentos para examinar la vida de un producto y las necesidades energéticas del mismo [9].

En 1980 el diseño de productos verdes llegaba a los supermercados, pero en un breve tiempo terminaron sepultados por una avalancha de productos creados por intereses de mercado y poco respetuosos con el medio ambiente. En la década de los ochenta algunos diseñadores crearon un estilo propio que aunaba una concepción postmodernista con el uso de materiales de escaso impacto ambiental y componentes reciclados, entre ellos estaban Ron Alan (arquitecto escultor) y Tom Dixon (diseñador de muebles) [9].

El debate sobre diseño verde se impulsó a partir de la publicación del informe Nuestro Futuro Común (Our Common Future) escrito en 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, donde se definió por primera vez el término "desarrollo sostenible".

En Holanda a principios de los años 90's Philips Electronics, el gobierno holandés y la Universidad de Tecnología de Delft, desarrollaron un software llamado IDEMAT LCA el cual ofrecía indicadores ecológicos sencillos para medir el impacto ambiental de un producto.

A lo largo de los últimos años, las comunidades académicas de todo el mundo han desarrollado nueva terminología para describir los tipos particulares de diseño verde, como por ejemplo: diseño para el medio ambiente o diseño para "x", en donde "x" puede hacer referencia al montaje, desmontaje, reutilización y otros muchos aspectos, como eco-eficiencia, eco-diseño y eco rediseño. Junto al debate sobre el desarrollo sostenible la mayoría de definiciones de este término inciden en la necesidad de que los diseñadores asuman no sólo el impacto ambiental de sus diseños a lo largo del tiempo, sino también el impacto social y ético de los mismos [10].

Como se menciona en el apartado anterior, el eco diseño es una vertiente del diseño que se caracteriza por tener un tono "verde medio". Es decir, no se limita al subjetivo "en-verdecimiento de los productos", ni tampoco adopta una postura radical eco céntrica en la que se cuestiona el verdadero sentido de las actividades humanas [1].

Al encontrarse en este punto medio le es permitido operar bajo el sistema industrial actual y, al mismo tiempo, mostrar un mayor respeto por el medio ambiente, reconociendo los sistemas interrelacionados con él [5].

Su implementación en esta propuesta no solo se enfoca en "causar menores daños ambientales", sino que se observa como una vía de transición para fortalecer valores éticos y de responsabilidad mediante una práctica que opere bajo modelos industriales reales.

El eco diseño en cierta forma representa el diseño o el rediseño de lo que existe con consideraciones ambientales, pero no es suficiente para descubrir verdaderas soluciones sostenibles a largo plazo, sin embargo, un primer acercamiento a la problemática ambiental implicará, importantes cuestionamientos, resultando en un incremento de reflexiones y en la aparición de una nueva forma de actuar mediante la concientización.

Las implicaciones de reconocer las graves problemáticas y consecuencias ambientales invitan a una inevitable reconsideración de los verbos diseñar y producir [1] por ejemplo, al identificar la extensa red de relaciones en las que un producto se encuentra inmerso con respecto al

medio ambiente durante todo su Ciclo de Vida se propicia la presencia de una actitud de ética, lo que a su vez se traduce en una transmisión de los valores personales hacia las actividades del diseño; lo cual se podría traducir en una transformación de sistemas de producción y consumo, basado en un nuevo criterio de calidad, siendo este uno de los objetivos del diseño pensado a partir del medio ambiente.

2.2 RUEDA DE LIDS DE VAN HEMEL

La rueda de Lids o rueda estratégica, es una herramienta del eco diseño que puede usarse para diferentes finalidades y en distintos momentos del proceso de diseño ya que es un modelo conceptual que muestra todos los campos de interés en el eco diseño, agrupados en estrategias que están vinculados con los ejes de la rueda. Primeramente, sirve como marco de referencia para establecer la estrategia de diseño de cualquier producto, siendo una herramienta para visualizar el perfil ambiental actual del producto [36]. La rueda es usada para indicar cuales estrategias deben enfocarse tanto a corto como a largo plazo, un ejemplo de esta herramienta se muestra en la figura 10.

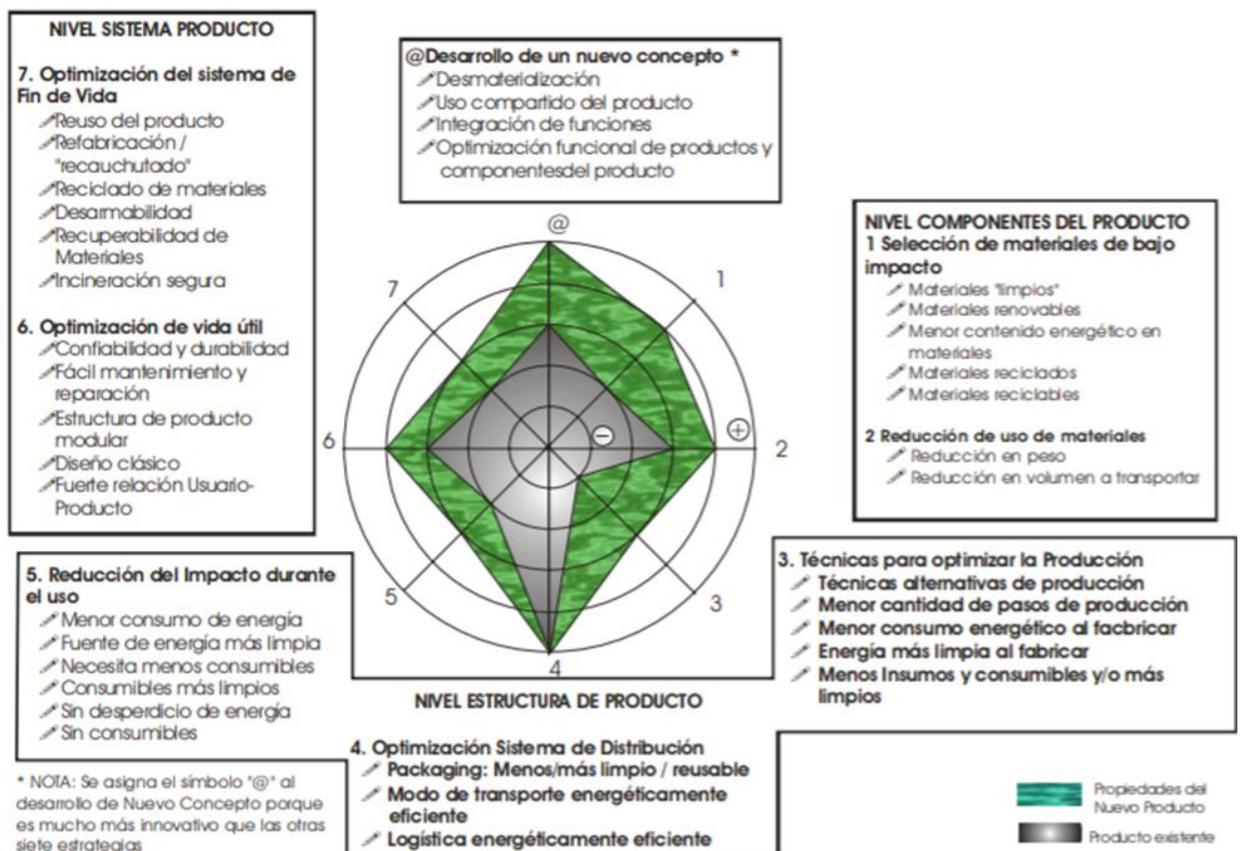


FIGURA 10. Ejemplo Rueda estratégica de Van Hemel Fuente [36]

Las estrategias se formulan como actividades de toma de decisión que llevan a un resultado positivo, desde la selección de materiales y procesamiento, producción y uso, hasta el sistema de fin de vida. Las estrategias de la 1 a la 7 son opciones que conducen a mejoras ambientales que pueden ser ejecutadas en términos de tiempo entre cortos y medios (evolución). Desde un punto de vista ambiental la intención última del eco diseño es lograr soluciones más estructurales y profundas, con una reducción sustancial del impacto ambiental en un lapso más largo (revolución).

La estrategia 6-7 son aquellas que están vinculadas con el sistema- producto, son decisiones que deben tomarse tempranamente en el proceso, ya que estas estrategias se vinculan con los cambios a nivel sistema- producto y pueden cambiar el concepto total del mismo; las 5, 4 y 3 se vinculan con las estructuras de producto y luego continúan las que están relacionadas con los componentes del producto 1 y 2.

Las estrategias y los principios que involucra el eco diseño se describe a continuación.

1. Selección de materiales de bajo impacto

Esta estrategia se enfoca en el tipo de materiales y tratamientos de la superficie empleados, con el objetivo de seleccionar para el producto los materiales más benignos desde el punto de vista ambiental [35]. Los materiales a seleccionar se encuentran en las siguientes clasificaciones, materiales más limpios, materiales renovables, materiales con menor contenido energético, materiales reciclados y materiales reciclables.

2. Reducción en el uso de materiales

La reducción en el uso de materiales significa usar la menor cantidad posible de material mediante el desarrollo de diseños de productos ligeros pero fuertes. Esto incluye la búsqueda del menor volumen de producto posible, de modo que el producto use menos espacio durante su transporte y almacenamiento [35].

3. Optimización de las técnicas de producción

Esta estrategia representa el objetivo de "producción limpia" a través de mejoras en los procesos, pueden ser certificados mediante la norma ISO 14001, la europea EMAS o la

británica BS 7750. Ya que algunas compañías insisten en que sus proveedores deben tener sistemas de gestión ambiental certificados.

Esto se consigue al implementar técnicas de producción alternativas, limitando los pasos en la producción, generando un menor consumo energético, disminución de la cantidad de residuos durante la producción y utilizando menos consumibles o consumibles más limpios en la producción.

4. Optimización del sistema de distribución

Esta estrategia busca asegurar que el producto sea transportado desde el lugar de fabricación hasta el distribuidor y el usuario de la manera más eficiente. Esto se relaciona con el embalaje, el modo de transporte y la logística [36].

1.2 Reducción de impacto ambiental durante el uso.

Para que el producto cumpla su función, el usuario precisa de los consumibles (energía, agua, detergentes, papel) y productos (baterías, cartuchos de recarga y filtros). Esto también aplica para las tareas de mantenimiento y reparaciones. Esta estrategia apunta a diseñar el producto de tal manera que los usuarios no puedan derramar o despilfarrar materiales o no deban buscar por alternativas más eficientes ambientalmente [36].

2.2 Optimización de la vida útil

El objetivo de esta estrategia es extender la vida útil técnica (el tiempo durante la cual el producto funciona bien), la vida útil estética (estado el tiempo durante el cual el usuario encuentra el producto atractivo) y la vida útil inicial del producto de tal manera que el producto habrá de ser usado tanto tiempo como sea posible. Todos los principios que siguen están orientados a este objetivo, porque mientras más tiempo el producto cumple con las necesidades del usuario, menos habrá de ser su tendencia a comprar un nuevo producto. Para llegar a estos objetivos el producto debe cumplir con ciertas características como lo son la confiabilidad y durabilidad, fácil mantenimiento y reparación, estructura modular de producto, aplicación de un diseño clásico o una fuerte relación Usuario - Producto [37].

3.2 Optimización del Sistema de Fin de Vida

El sistema de Fin de Vida de un producto se refiere a que lo que sucede a ese producto después de transcurrida su vida útil. Esta estrategia está orientada a poder reusar componentes valiosos del producto y asegurar la adecuada gestión de residuos. Usando nuevamente el producto, componentes del mismo o sus materiales, con los cuales se puede reducir el impacto ambiental del producto al fin de vida mediante la reinversión de materiales y energía originalmente involucrada en su manufactura o al prevenir emisiones peligrosas adicionales sin cerrar el ciclo de materiales y energía de esta manera es imposible. En tal caso, debe garantizarse la incineración segura y/o la disposición de residuos correspondiente [37].

Algunas alternativas para lograr la optimización del sistema de fin de vida son: el reuso del producto, la re fabricación o restauración, el reciclado de materiales o la incineración segura. Seguido del análisis de las estrategias de la Rueda de Lids, se seleccionan cuáles son las que se implementaron en el proyecto en específico, las que son más prometedoras a implementar, tanto desde el punto de vista ambiental como del económico.

2.3 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

La Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT-2004) define a los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) como los materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada; es decir, los RCD pueden ser definidos como la parte residual de los materiales utilizados durante actividades de edificación y mantenimiento, así como los subproductos obtenidos después de procesos de desmantelamiento y demolición, que tienen lugar dentro del marco de los trabajos de la industria de la construcción [38].

Existe una gran diversidad de residuos de construcción, debido a esto la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción los ha clasificado en 4 categorías: pétreos, orgánicos, metálicos y sintéticos, para que los residuos puedan ser catalogados mediante sus características [3]. Esta clasificación es la que regula a nivel nacional cualquier tipo de residuo y que permite a partir de su separación establecer los procedimientos de gestión adecuados para procesarlos. Su correcto procesamiento y disposición final es primordial dentro de nuestra población, ya que el aprovechamiento que se les puede dar impactaría positivamente en el desarrollo social y económico en México.

El manejo de estos residuos, involucra su generación y flujo, métodos de recolección, transporte, transferencia, sistemas de separación, valorización, aprovechamiento y disposición final, de los que se pueden obtener distintos tipos de beneficios a partir de estos materiales residuales, influyendo distintas áreas, tales como ambientales, sociales y económicas.

En México la opción más recurrida para la disposición final de los residuos es el relleno sanitario, ya que su relación costo-beneficio es la alternativa más flexible para este tipo de productos pues el valor económico termina siendo al que se le da más importancia en los procesos de gestión [39].

No obstante existen otros métodos de reutilización y reciclaje los cuales conducen a la sustentabilidad, sin embargo en México son poco utilizados. Se sabe que la reutilización y el reciclaje no solo reducen los volúmenes para la disposición final aumentando la vida útil de

los rellenos sanitarios, si no, además, se busca un mejor aprovechamiento para generar un menor desperdicio y dar continuidad a los ciclos de vida de los materiales que se consideran inservibles.

En estas cuestiones, México se encuentra bastante rezagado con respecto a distintos países que engloban una mejor tecnología y una generación de residuos mucho más amigable con el ambiente y las personas a quienes rodea. Es de suma importancia denotar que a pesar de que se ha logrado ver un progreso en cuestiones de la gestión y aprovechamiento de los residuos a partir de normativa y leyes por parte de instituciones, aún no se logra alcanzar la situación deseable por la gran cantidad de afectaciones ambientales que se han generado a partir de varias décadas [41]. En algunos países en situaciones económicas y sociales más avanzadas, se llega a ver hasta casi un 100% de efectividad en la reutilización y reciclaje de materiales como residuos de la construcción y demolición, por lo que es necesario que, a partir de la situación actual, se busque mejoras en la gestión y aprovechamiento de los RCD [41].

Al hablar de residuos de construcción en México se debe considerar que es un país altamente sísmico ya que se encuentra sobre cinco placas tectónicas, por lo cual se han creado planes de desarrollo para estas situaciones de desastres, la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción propone ante dichas situaciones el plan de desarrollo de recuperación y gestión de residuos el cual se basa en acciones inmediatas como: identificación y clasificación, acciones prioritarias dentro de las cuales se encuentran: recolección, ubicación, tratamiento, acopio temporal y acciones de regulación que conducen a la disposición final [3].

Las situaciones de desastres son acciones con un gran potencial en la generación de residuos pues ya que se presentan con una fuerza extremadamente grande y son capaces del arrastre y desprendimiento de distintos tipos de materiales de las construcciones o la desintegración por completo de distintas obras de ingeniería, esto genera grandes volúmenes de residuos de la construcción y demolición que deben ser removidos de manera instantánea pues son generadores de daños a la salud para el ser humano, además de cortar las vías de comunicación entre distintas comunidades [38].

Estos materiales necesarios para la generación de procesos constructivos vienen de la corteza terrestre, produciendo anualmente más de 1,500 millones de toneladas de residuos de la

construcción y demolición a nivel mundial [40]. Estos residuos conforme avanza el tiempo, tienen composiciones más complejas pues sus estructuras internas son modificadas para mejorar las características que estos poseen, limitando las posibilidades de reutilización y reciclado. Dentro del Ciclo de Vida de los materiales de construcción existen distintos procesos indispensables para su producción, uso y gestión. Los materiales de construcción presentan 4 etapas fundamentales en sus ciclos de vida, las cuales están directamente relacionadas con la generación de contaminantes o daños ambientales [41]. A continuación se hace una breve explicación de cada una de estas etapas.

- La etapa en la que más daño ambiental se presenta es en la fase de extracción de materias primas específicamente en materiales pétreos, pues esto se desarrolla a partir de la minería a cielo abierto la cual genera un alto impacto en el paisaje, la topografía, daños al suelo, al agua y al aire.
- En la transformación de la materia prima a materiales de construcción se vuelven a observar significativos índices de repercusiones ambientales. En ese proceso se utiliza una gran cantidad de recursos naturales para la transformación, como combustibles, gases y agua, además de la energía que es la principal fuente para el trabajo de los equipos mecánicos.
- En la fase de utilización de los materiales para la creación de obra, no solo tiene afectaciones ambientales, sino que tiene un alto impacto en los patrones de salud humana. Estos materiales tienen la facultad de desprender contaminantes orgánicos y tóxicos, lo cuales podemos encontrar en barnices, lacas, pinturas y adhesivos [3].

La última fase se relaciona directamente con los residuos de la construcción y demolición, que son aquellos que se les envía a sitios de disposición final, creando grandes volúmenes de material inservible. Algunos son aprovechados para utilizarlos como materiales reciclados, los cuales pueden resultar muy efectivos al momento de la creación de obras civiles.

Muchas veces esta generación excesiva de desperdicio de material se debe a la mala planificación que se realiza en los proyectos preliminares de una construcción. Si se lograra disminuir esta cantidad de material, existiría una gran cantidad de beneficios en distintos ramos de la industria, además de apoyar la situación económica de cada proyecto, sin olvidar que

el impacto ambiental se vería reducido notablemente. Al ser un problema de gran tamaño es importante denotar que no existe una sola solución, para poder corregir este defecto, se tienen que tomar medidas significativas en distintos rubros, como: la extracción de materia prima, el uso de los materiales, la disposición final del material, su debido reciclaje, etc. [42].

Los residuos de la construcción y demolición tienen un desarrollo dentro y fuera de la obra. Estas dos etapas están caracterizadas por diferentes acciones, las cuales definen como se desarrolla la gestión de los mismos [44].

1. Dentro de la obra

2. Fuera de la obra

Los materiales contenidos en los RC&D que técnicamente son aprovechables se pueden clasificar de la siguiente forma [48].

Materiales reutilizables: constituidos fundamentalmente por piezas de acero estructural, elementos de maderas de calidad en buen estado, ladrillos, bloques, mampostería, cerámicas y tierras de excavación.

Materiales reciclables: Constituidos principalmente por metales (férreos y no férreos), maderas, plásticos, vidrio y actualmente concreto, ladrillos, bloques, mampostería, etc., que cumplan ciertas propiedades físicas, para poder utilizarse en diversas actividades.

El reciclaje o la reutilización de los residuos de construcción involucran tres etapas distintas según SEDESOL:

- La clasificación y recolección de los materiales reciclables.
- La manufactura del material en nuevos productos
- La compra y el uso de productos reciclables

En México; la composición física, de los residuos de la industria de la construcción queda determinada como se indica en la tabla 3.

TABLA 3 Composición física de los RC&D (% en peso) en México. Fuente [3]

Análisis de la composición de los residuos de la industria de la construcción	
Material	Porcentaje (%)
Material de excavación	42.16
Concreto	24.38
Block /mampostería	24.33
Tabla roca / yeso	4.05
Madera	1.52
Cerámica	0.85
Plástico	0.78
Piedra	0.62
Papel	0.49
Varilla	0.48
Asfalto	0.25
Lámina	0.09

En México existe una mayor variedad de materiales empleados en la industria de la construcción en comparación con otros países, lo cual brinda un panorama más amplio para su posible reutilización. Un ejemplo de esto son algunos metales de los RC&D potencialmente reciclables, pueden tener diversas presentaciones, estos residuos pueden clasificarse en metales férricos y no férricos; algunos ejemplos de metales no férricos son los siguientes.

- Alambre de cobre
- Suministros de tubería y fontanería
- Instalaciones de luz
- Puertas y ventanas de aluminio, etcétera.

En la tabla 4 se pueden apreciar los diversos metales que se obtienen en los RC&D [48].

TABLA 4. Diversos metales de RC&D. Fuente: Reducción, reusó y reciclaje, SEDESOL 2005 Fuente [48]

Electrodomésticos	Aluminio
Aire acondicionado	Moldes
Ventiladores	Buzones
Congeladores	Ductos
Tanques	Tubos y fregaderos
Hornos	Molduras
Refrigeradores	Antenas
Estufas	Metales pesados
Moldes de hierro	Tubería pesada
Bloques de hierro	Tanques

Tubos y fregaderos	Estructuras de acero
Tubería y albañal	Frenos
Cajas de herramientas	

Entre los materiales orgánicos lo más utilizado en la industria de la construcción en México son: Cimbra, detalles estructurales, acabados, recubrimientos, pisos, techumbre etc. [48].

En la tabla 5 se puede apreciar un resumen de la identificación del impacto ambiental durante cada uno de los procesos de la etapa de extracción de la materia prima de los residuos de construcción con mayor porcentaje.

A partir de la investigación y recopilación de información previamente realizada, se llegó a la conclusión de que el elemento que genera mayor contaminación ambiental desde su extracción, uso, transporte, hasta su transformación para reciclaje o reutilización, son los materiales pétreos.

TABLA 5. Identificación de impactos ambientales Fuente: Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida

MATERIAL	E.I.	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Energía	Residuos solidos
Cerámica	*	*	*	*	*	***
Piedra	*	*	*	*	*	***
Acero	**	**	***	*	**	*
Aluminio	***	***	**	*	***	*
PVC	**	**	***	*	**	**
Poli estireno	**	***	***	*	***	**
Poliuretano	***	**	***	*	**	*
Pino	*	*	*	*	*	*

*impacto pequeño **impacto medio *** Impacto elevado.

Es por esto que se optó por materiales metálicos y orgánicos, ya que los metálicos no necesitan una transformación total de su estado para tener una aplicación útil. Así mismo los orgánicos por sus características degradables, al final de su vida útil pueden ser reincorporados al medio ambiente.

2.4 MÉTODO DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El método que a continuación se describe fue elaborado a partir de la experiencia en obra, tomando como base el Plan de Manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción [3], con el cual se pretende impulsar la minimización y el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) mediante su reutilización, reciclado o recuperación de materiales considerando que el aprovechamiento de los residuos, dependerá de la correcta separación del mismo.

Como se menciona en los apartados anteriores, para la realización de esta investigación se utilizaron materiales orgánicos y metálicos, debido a que estos son los residuos que se generan en cantidades mayores después de los materiales pétreos y necesitan menores procesos de transformación para poder ser reincorporados a un nuevo Ciclo de Vida.

Las formas de manejo integral propuestas en esta investigación para los residuos de construcción se basan en su ciclo de vida, dividiéndolas en dos etapas:

- Etapa dentro de la obra.



RCD generados como material sobrante de alguna actividad.



Acumulación de los RCD y separación según su clasificación para poder destinarlos a diferentes tratamientos según sus características.

La estrategia de separación tiene como finalidad el potencializar el aprovechamiento y reciclaje de los residuos, estos deberán tener un espacio adecuado para su acopio dentro de la obra y almacenarse en el menor tiempo posible de tal forma que se respete la separación.



Recolección de los residuos orgánicos y metálicos generados para su traslado a la siguiente etapa.

Con la finalidad de potencializar el aprovechamiento de los residuos deberán identificarse y separarse dentro de la obra, además de que durante su traslado deberá respetarse dicha separación hasta su disposición final en el lugar de reciclaje.

- Etapa fuera de la obra



Traslado de residuos al lugar de procesamiento.



Operaciones tendientes al acondicionamiento y valorización de los residuos.

En esta etapa se realiza una valoración del estado en el que se encuentran los residuos, para facilitar esta valorización se proponen dos clasificaciones:

- Materiales de contacto: son aquellos materiales que se encuentran unidos a otros y que al separarse conservan residuos de estos por ejemplo, varillas con concreto, cimbra de madera con aceite, etc.
- Materiales excedentes: son aquellos materiales que se encuentran sin residuos o contaminantes adheridos, surgen del despiece de los elementos arquitectónicos, como: pedacería de madera obtenida por recortes de cubiertas, cimbra, enduelados, elementos metálicos sobrantes de armados, etc.



Una vez que se clasificaron los residuos se realiza una limpieza previa a su despiece, en esta etapa los materiales de contacto son liberados de la mayor cantidad posible de elementos adheridos (a los elementos orgánicos se les retiran los clavos, tornillos o elementos metálicos que contengan) y los materiales excedentes son procesados para su despiece (elementos de madera, lijados, canteados, etc.)



Posteriormente se realiza el despiece según el diseño propuesto para su fabricación.



Disposición-final.

Debido a que no todos los residuos que se generan de un proceso constructivo son reusables o reciclables, aquellos que no puedan ser aprovechados, deberán ser dispuestos en sitio especializados, como plantas de tratamiento.

Lo que se pretende con la propuesta de este método para la recuperación de los RCD es crear una simbiosis industrial como un proceso en el que participa la industria y la comunidad en conjunto para minorar los residuos y desechos al mínimo posible logrando un desarrollo sostenible, en otras palabras, los residuos y desechos de una industria se transforman en la materia prima de otra, para aprovecharlos de manera notable y ecológica para el cuidado del planeta [75]. La figura 11 presenta el esquema impulsado por la SEMARNAT para el aprovechamiento de residuos mediante el intercambio con otras empresas o industrias, con la finalidad de impulsar la generación de nuevos mercados, siendo esta alternativa de reutilización de los residuos mediante el diseño de mobiliario viable para su realización [76].

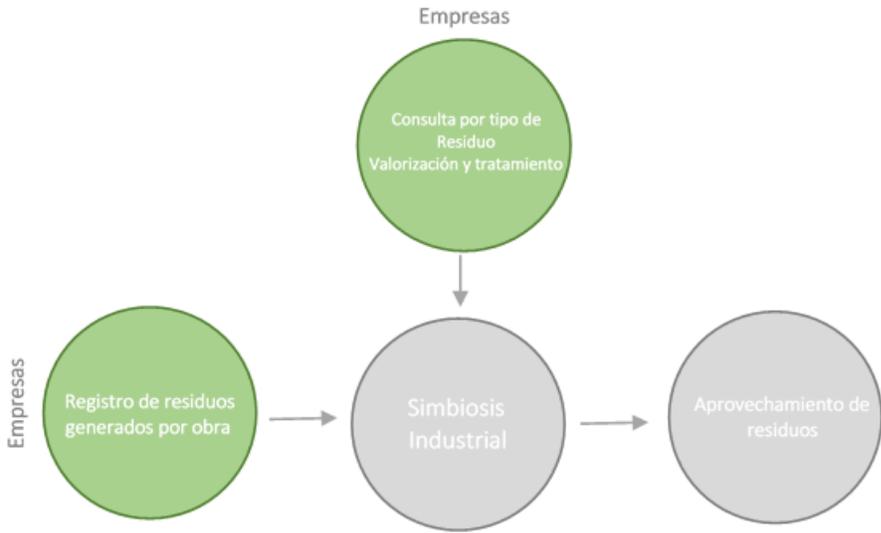


FIGURA 11. Simbiosis industrial. Fuente [76]

2.4.1 MATERIALES ORGÁNICOS

La madera es uno de los materiales más usados en la construcción ya que se puede cortar y darle forma fácilmente. A continuación se describirá brevemente los principales usos que se le da a los materiales orgánicos, con el fin de conocer y tener en cuenta los procesos por los que pasa la materia prima durante su empleo en la industria de la construcción y así poder analizar los procesos posteriores para su reutilización [52].

CIMBRA: Sistema conformado por formas de madera cuya función es la de contener al concreto hasta que éste haya alcanzado su fraguado final y la resistencia necesaria para auto soportarse es resistente, durable, hermética, económica, fácil de armar, descimbrar y limpiar [52].

En términos generales, una cimbra se integra fundamentalmente por dos estructuras:

- Cimbra de contacto: es la que se encuentra directamente en contacto con el concreto y cuya función primordial es contener y configurar al concreto de acuerdo con el diseño de la estructura, se compone principalmente por paneles, tarimas, moldes, etc. A este tipo de cimbra se le humedece previamente con aceite quemado para permitir su fácil desmontaje.
- Obra falsa: es la constituida por elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto, los elementos más comúnmente usados en la obra falsa son vigas mdrinas, pies derechos, contravientos, etc.

TABLA 6. Tipos de madera para cimbra [52]

NOMBRE	USO	DIMENSIÓN
POLÍN	Puntal cargador para cimbra de contacto y en losas como sustituto de vigas mdrinas.	4" x 4"
TABLA O DUELA	Cimbra de contacto Cubierta Recubrimiento en pisos	1" a 2" y de 2" a 8"
TABLONES	Cimbra de contacto	2" x 6" o 10"
TRIPLAY	Cimbra de contacto Cubierta	1.22 x 2.44 cm
DUELA	Colado de elementos curvos o cascarones de concreto.	1" x 2" o 4"
VIGA	Viga mdrina para transmitir cargas a las losas.	4" x 6"
CHAFLÁN	Unión de tableros Elementos decorativos.	$\frac{1}{4}$ " a $1\frac{1}{2}$ "

Debido a las características de los materiales orgánicos a utilizar como lo son: dimensiones, texturas y los procesos previos con los que han sido empleados, se tiene considerado el uso de ciertos ensambles (en ángulo), empalmes (longitudinales) y acoplamientos (canto) [56], de los cuales se seleccionan los apropiados para cada tipo de diseño que se elija para su realización, los cuales se muestran a continuación:

Ensamblés

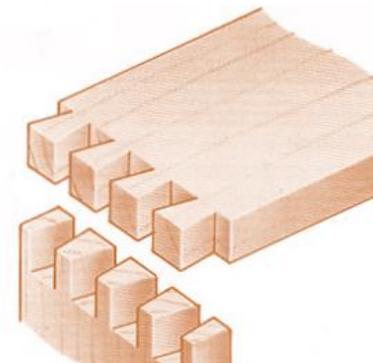


FIGURA 12 Cola de milano Fuente: [56]



FIGURA 13 Ensamble machihembrado fuente [56]

Empalmes



FIGURA 14 Ensamble a media madera Fuente [56]

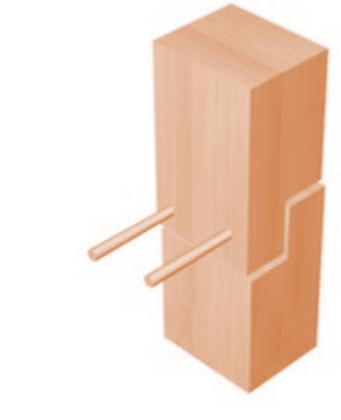


FIGURA 15 A media madera Fuente [56]

Acoplamiento

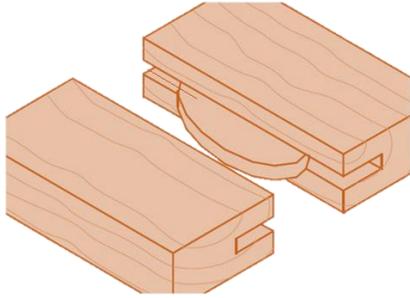


FIGURA 16 Acoplamiento con galleta Fuente: [56]

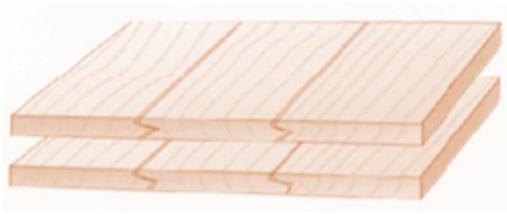


FIGURA 17 Acoplamiento con bisel Fuente: [56]

2.42 MATERIALES METÁLICOS

Los procesos metalúrgicos comprenden las siguientes fases: obtención del metal a partir del mineral que lo contiene en estado natural, la purificación, elaboración de aleaciones y tratamientos posteriores para mejorar sus propiedades. Para obtener los metales se llevan a cabo operaciones físicas y químicas.

Una vez ejecutados dichos procesos se obtienen materiales útiles en distintas ramas industriales. En la construcción se identifican algunos muy recurrentes, a continuación se señalan algunas de sus características más significativas que servirán para su identificación [38].

- Hierro: metales con menor contenido de carbono.
- Acero: metales simples de hierro y carbono, casi todo el acero que se utiliza en la construcción es al bajo y medio carbono, que es dúctil, tenaz y resistente, y razonablemente fácil de trabajar al corte, troquelado, roblonado o remachado y soldadura. Los aceros inoxidable de mayor importancia en la construcción son los aceros inoxidable forjados que contienen cromo y níquel.
- Aluminio: Las aleaciones de aluminio suelen ser más resistentes y duras que el metal puro.
- Cobre: resistente a la corrosión. Es ideal para elementos expuestos en una construcción como techumbres y cornisas; también se utiliza para tuberías al igual que sus aleaciones, sobre todo los latones.

Se requiere desarrollar propuestas para utilizar estos materiales una vez que se conocen sus propiedades, al mismo tiempo que se deben hacer esfuerzos para separar los desechos oportunamente.

Conociendo las características de los materiales metálicos que más se encuentran entre los residuos de construcción, se proponen los siguientes métodos de unión.

Los elementos de unión que se emplean en piezas metálicas se dividen en dos tipos:

Uniones fijas

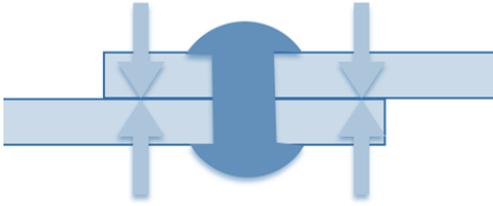


FIGURA 18 Remaches Fuente: [38]

Uniones desmontables

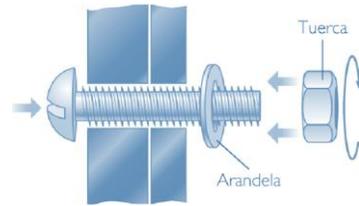


FIGURA 19 Tornillo- Tuerca Fuente: [38]

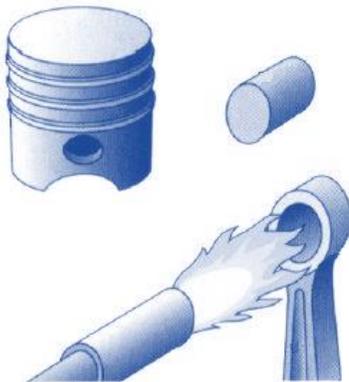


FIGURA 20 Uniones forzadas. Fuente: [38]

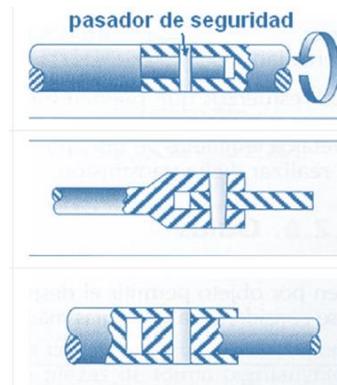


FIGURA 21 Pasadores. Fuente [38]

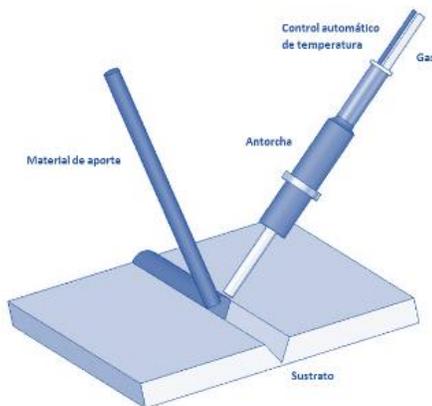


FIGURA 22 Soldadura eléctrica manual por arco Fuente: [38]

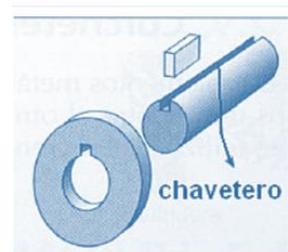
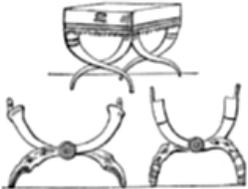


FIGURA 23 Chavetas Fuente: [38]

2.5 ANTECEDENTES DEL MUEBLE

El término mueble hace alusión al objeto o elemento con un fin en específico que puede ser desplazado o trasladado de un lugar a otro, o sea un cuerpo móvil. La periodicidad de la historia del mueble recibe en términos generales las mismas denominaciones que las empleadas en la historia del arte, dado que los muebles comparten con las obras de arte, arquitectónica, pictórica y escultóricas gran parte de sus rasgos formales [45], es por eso que para su ubicación tiempo-espacio se han tomado en cuenta las siguientes etapas:

TABLA 7 Historia del Mueble Fuente: [45]

ANTIGÜEDAD	<p>EGIPTO 2 255 A.C.</p> <p>Sencillez en estructuras, cúbicas, acabados lisos, copia de formas naturalistas, símbolos de dioses, ensambles de caja y espiga, encolado con viseras de pez, imitación de patas de leones en sillas.</p>	 <p>Silla griega Pertenece a la dinastía XVIII</p>
GRECIA I 500 A.C.	<p>Muebles de madera, mármol y bronce. Recubrimientos de láminas de metales, ornamentación basada en decoraciones arquitectónicas, adaptación al cuerpo humano, madera tallada o torneada.</p>	 <p>Silueta de la silla Kismos.</p>
ROMA 753 A.C.	<p>Derivación del griego, uso de bronce en mayor cantidad, recubiertos de oro, plata, cobre y marfil. Torneados, con perfiles exagerados.</p>	 <p>Taburete romano curul.</p>
EDAD MEDIA	<p>BIZANTINO 395 D.C.</p> <p>Mezcla de elementos orientales y grecorromano, uso eclesiástico o real, esqueletos recubiertos de tapicería. Madera maciza con decoración pintada y cojines.</p>	 <p>Trono de marfil bizantino.</p>
ROMÁNICO 601 D.C.	<p>Magníficas obras de carpintería y escultura de madera: cofres, armarios, arcas, bancos decorados con pinturas con características portátiles debido a las peregrinaciones. Uso de marquetería, aplicaciones de hierro forjado.</p>	 <p>Cofre</p>

ARTS & CRAFTS

Movimiento que surge con la intención de retomar el modelo de la edad media, huyendo de la revolución industrial. Evoca el retorno a la artesanía.



Silla junco producida por Morris 1870

ART NOUVEAU

Movimiento que se desprende casi por completo de la imitación de los estilos de la edad moderna en busca de una identidad de los urbanos y modernos. Exponentes: Henri Van de Velde, Víctor Horta, Charles Rennie Mackintosh.

Piezas únicas con elementos de madera de roble y montajes de metal.



Silla Hill House

SIGLO XX

MOVIMIENTO BAUHAUS

Escuela de arte, artesanía, diseño y arquitectura fundada por Walter Gropius en Alemania. Sus principales exponentes en cuanto a diseño de mobiliario fueron: Marcel Breuer y Ludwig Mies Van der Rohe.

Uso de materiales como: tubos de acero cromado, lona, cuero. Muebles aptos para producir en serie.



Sillón Wassily / Sillón Barcelona

ART DECÓ

Movimiento que surge en la primera década del siglo xx sus representantes fueron: LE Corbusier, Rene Herbst, Eileen Gray. Sus diseños de mobiliario basados en tubos de acero se caracterizaban por el uso de acolchonados.



Chaise Loungue, Le Corbusier 1928

MUEBLE MODERNO

Como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial la vida artística y cultural en Europa se vio prácticamente reducida a mediados del siglo XX. La mayoría de los artistas, arquitectos y diseñadores estaban en el exilio o no contaban con los medios necesarios para llevar a cabo sus proyectos, por lo cual es en Estados Unidos donde los diseñadores consiguen plasmar sus ideas y realizarlas.

Una de las firmas de muebles más importante en esta época fue Herman Miller, dirigida por el arquitecto norteamericano George Nelson, firma que ganó el concurso llamado Diseño Orgánico en el Interiorismo por el diseño de su silla LCW que empleaba por primera vez en el asiento la madera estratificada conformada tridimensionalmente.



Silla LCW

2.6 MUEBLES MODULARES

Un módulo se define como una pieza o conjunto unitario que se repite en una construcción de cualquier tipo, para hacerla más fácil, regular y económica [18]. Los muebles modulares son un conjunto de piezas que, aplicadas a un tipo de mueble en concreto, nos permite aprovechar el espacio, hacer un montaje de acuerdo a la necesidad que se tenga.

En la actualidad los muebles modulares combinan formas, colores y materiales para adaptarlos a las necesidades sociales actuales, de tal manera que puedan ser adaptados en áreas pequeñas como en grandes.

El diseño basado en la modulación reticular de espacios permite optimizar el espacio, el tiempo de construcción y debido a que son transportables, desarmables y re- organizables permiten impulsar multifuncionalidades [18].

Las ventajas de los muebles modulares son:

- Reducción de contaminantes por transporte, empaque y embalaje.
- Fácil de sustituir cualquier módulo que se haya estropeado.
- Instalación rápida.
- Especial uso en espacios reducidos.

Un sistema modular es la partición funcional en partes escalables y reutilizables que consiste en autónomos elementos funcionales.

En el mobiliario modular existen cuatro tipos de principios en la modulación:

- Desmontable/ apilable



FIGURA 24. Mueble modular. Fuente [54]

- Plegable



FIGURA 25. Mueble modular. Fuente [54]

- Armable/ desarmable



FIGURA 26. Mueble modular. Fuente [54]

Adosable



FIGURA 27. Mueble modular. Fuente [54]

Se le considera como módulo a las formas más pequeñas, que son repetidas, con variaciones o sin ellas, para producir una forma mayor [55]. El módulo es entendido como una estructura u objeto que puede ser unido o ensamblado para generar un todo, relacionándose con el resto de los componentes.

TIPOS DE DISPOSICIÓN PARA EL MUEBLE

Los módulos pueden ser utilizados en repetición exacta y gradación [55]. Al desarrollar un módulo hay que tener en cuenta varios factores como el diseño, material y la manera en que se ensambla para formar parte de un sistema. Según sus características se pueden clasificar en módulos de repetición, gradación o multifuncionalidad, los cuales a continuación se explican:

Repetición: hace referencia a que los módulos deber ser idénticos en tamaño, color, textura, logrando unificar un cuerpo de mayor dimensión pero con distintos usos.

Gradación: los módulos pueden ser afectados o transformados de una manera gradual u ordenada en referencia al tamaño, color y textura.

Módulos multifuncionales: dentro de los tipos de modularidad se pueden o no brindar otras funciones, en muchos casos la funcionalidad se da por la fusión entre una pieza o módulo y un sistema el cual dota al elemento de nuevas características y funciones, es decir, que no solo se adapta a los principios de modulación al crecer, desarmarse y reorganizarse.

Un ejemplo de la implementación de este tipo de mobiliario se puede apreciar con la firma italiana de muebles modulares MODULUS la cual se describe a continuación.

26.1 MODULUS

El enfoque de diseño que MODULUS le da a cada uno de sus muebles permite reconfigurar el espacio de forma creativa cada vez que se necesite. Esta firma promueve el diseño libre, personalizado y participativo. Todos sus productos son fabricados en España con madera PEFC (madera, papel, corcho, setas, resinas, esencias) certificada, como se muestra en la figura 16 [19].

Es una empresa dedicada a la fabricación de mobiliario con el mínimo impacto ambiental, sus módulos y complementos se envían desmontados y en paquetes planos, facilitando el montaje. Tienen como principales valores el diseño abierto, que maximiza las oportunidades de co-creación por parte de los usuarios; la ecología, apostándole a la minimización del impacto ambiental en el uso de materias primas; fabricación y distribución, usando madera certificada que proviene de bosques gestionados de forma sostenible, su fabricación es únicamente bajo demanda, minimizando el consumo de materias primas y reutilizando el cartón de embalaje para enviar los pedidos [19].



FIGURA 28. Modulus Modelo 1.3. Fuente: [19]

2.7 MUEBLES CON MATERIALES RECICLADOS

El reciclaje se define como aquel proceso en que los subproductos seleccionados de entre los residuos sólidos, que tendrían como destino final los tiraderos a cielo abierto o los entierros o rellenos sanitarios, son entregados de nuevo a los procesos industriales “rescatándolos” de la basura [48]. Además en las Guías sectoriales de eco diseño [49] se dice que del concepto de reciclaje surgen otros términos necesarios para conseguir una implantación total, algunos de estos se definen a continuación:

- **Materiales reciclables:** material que no se puede reutilizar, pero si se puede reciclar y convertirse en un producto diferente, entre estos materiales se encuentran: aluminio, acero, cartón, equipos electrónicos, vidrio, papel, plástico, desechos orgánicos, etc.
- **Materiales reutilizables:** son aquellos materiales que se encuentran en buenas condiciones para su reuso, como por ejemplo los escombros de construcción.

Reciclar es un proceso simple que ayuda a resolver muchos de los problemas creados por el tipo de vida moderna. Se pueden rescatar grandes cantidades de recursos naturales no renovables, cuando en los procesos de producción se utilizan materiales reciclados. Uno de los obstáculos para la implementación del reciclaje en muchos ámbitos es romper el ciclo tradicional de adquirir-consumir-desechar. A pesar de la falta de este hábito en la sociedad, la técnica del reciclaje ha llegado a implementarse de manera destacada en el diseño de mobiliario, este tipo de reciclaje involucra la creatividad, imaginación y capacidad de aprovechar de la mejor manera el residuo, pudiéndose encontrar una amplia gama de productos en el mercado.

A continuación se describen algunas empresas que se dedican a la realización de muebles a partir de materiales reciclados.

2.7.1 TEKO MUEBLES DE PLÁSTICO RECICLADO

Empresa mexicana fundada en Monterrey Nuevo León, especializada en el diseño y fabricación de muebles de plástico 100% reciclado, hechos con altos estándares de calidad para una larga vida y nulo mantenimiento de los productos.

Los diseños buscan una armonía entre el ser humano y el medio ambiente, dándole prioridad a la sustentabilidad, todos sus muebles están hechos de polietileno de alta densidad 100% reciclado, la cual es una resina que se utiliza en productos y envases. Todos los colores usados en los diseños son los originales del plástico de post consumo que se ha recuperado.

La misión principal de TEKO es el mejoramiento de nuestro entorno de una forma directa, con el desarrollo de productos 100% sustentables, duraderos, resistentes y modernos, los cuales se pueden apreciar en la figura 17. La materia prima surge a partir de desechos, ayuda a disminuir la contaminación de una forma directa y evita la tala inmoderada de árboles, o la contaminación que generan otros materiales que son mayormente utilizados en la industria del mueble [21].



FIGURA 29. Línea + mobiliario urbano. Fuente: TEKO

Como referente se presenta a continuación el trabajo del arquitecto y diseñador Sigeru Ban por la realización de diseños en los que destaca la implementación de diversos materiales.

2.7.2 SHIGERU BAN DISEÑOS DE PAPEL

Shigeru Ban es un arquitecto japonés que desde el año 1980 se ha dedicado al diseño y construcción de edificios, mobiliario y accesorios mostrados en la figura 18 con materiales como el cartón, bambú, contenedores o estructuras recicladas. Entre sus trabajos más destacados se encuentra la Casa de Papel (1994), la primera construcción permanente permitida por el gobierno de Japón en este material la cual se aprecia en la figura 19. De igual manera ha realizado una serie de construcciones temporales para desastres naturales, por las que ganó el premio Pritzker en el 2014.



FIGURA 30. Casa de papel. Fuente: Shigeru Ban Architects



FIGURA 31. Serie carta 1998 silla, taburete, Chaise Longue. Fuente: Shigeru Ban Architects

Su pasión por el diseño va desde construcciones masivas hasta objetos en los que aplica materiales y composiciones similares, creando su línea de diseño industrial, la cual engloba diseño de muebles comerciales y de uso habitacional, accesorios para baño y cocina, al igual que empaques de productos, entre otros. Su ideología para el diseño armoniza con el medio ambiente y el usuario [20].

2.8 ESTÉTICA DEL MUEBLE

Los muebles forman parte de la vida cotidiana de las personas, siendo objetos que organizan los espacios arquitectónicos. La época a la cual pertenece cada mueble explica el porqué de su forma y diseño, a partir de los requerimientos según el tipo de vida que lleven los usuarios, sus costumbres, su forma de pensamiento, etc.

En este apartado se presentan los estilos que guiarán a la realización del prototipo final.

Uno de los estilos que se seleccionó debido a su adaptabilidad con el proyecto es el *estilo industrial urbano*, también conocido como estilo urbano, es un estilo decorativo que tiene origen en la arquitectura típica de la industria, una arquitectura sin pretensiones y un atractivo visual que tiene que ver con la exposición de la estructura y sus materiales [61]. El estilo industrial urbano surge en la década de los 50's e involucra a artistas neoyorquinos, los cuales escogieron y adaptaron para su vivienda amplias y espaciosas fábricas llenas de vigas, ladrillos y hormigón, el estilo industrial se refiere al estilo decadente que surgió en zonas industriales llenas de fábricas y almacenes en desuso. Estos lugares fueron alquilados en un primer momento a personas que no tenían muchos recursos, como artistas o estudiantes. Uno de los loft's más conocidos y que puso aún más de moda esta estética relacionada con un estilo de vida fue *The Factory*, vivienda y taller de Andy Warhol, el cual se muestra en la figura 20.



FIGURA 32. The Factory. Fuente [53]

Estos lugares eran espacios muy diáfanos ya que carecían de divisiones internas y contaban generalmente con grandes alturas. En dichos espacios predominaban materiales como el hierro, ladrillo expuesto, madera en estado bruto e instalaciones expuestas.

En cuanto a los muebles pertenecientes a este estilo, suelen ser piezas de gran personalidad, algunas con acabados toscos e incluso semi acabados. Predomina el uso de materiales como el hierro forjado, la madera de aspecto rústico, la chapa y los tapizados en cuero. La gama de colores está compuesta de grises, marrones, tonos cobrizos y negro, aunque se han ido introduciendo colores como el rojo y amarillo, como se puede apreciar en la figura 21.

Son típicas las mesas de gran longitud y tamaño, la combinación de sillas de diferentes materiales y colores. También los grandes sillones y sofás tapizados en cuero de color oscuro y con remaches, en algunas piezas se incorporan máquinas o elementos antiguos con un carácter vintage, son reutilizados como elementos decorativos para evocar los inicios de este estilo.



FIGURA 33. Ejemplo de estilo industrial fábrica adaptada a comedor, diseño elaborado por ARYS arquitectura e interiorismo. Fuente [34]

2.9 ESPACIOS REDUCIDOS

VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO

Las viviendas han evolucionado a lo largo de la historia de la humanidad, de tal manera que se han adaptado a las circunstancias sociales, económicas, políticas, etc. de las personas que las han habitado, incluyendo la carencia de espacio y el cambio en los diferentes tipos de materiales que actualmente se utilizan para su elaboración. Al principio del siglo XX, como consecuencia de la Revolución Mexicana, los arquitectos en México dirigieron su atención al diseño de desarrollo de viviendas para beneficio del proletariado. El primer complejo habitacional se desarrolló en las periferias de la ciudad de México, "La Ermita" construido en 1935 [50] el cual se aprecia en la figura 22.



FIGURA 34. Edificio Ermita, Ciudad de México. Fuente [50]

Las acciones significativas respecto a la construcción de viviendas se llevaron a cabo hasta 1940, debido a la Ley de Industrialización Nacional, cuando diferentes alianzas con Estados Unidos de América promovieron una gran producción de casas de interés social, gracias a la producción de construcciones y materiales en masa que ayudaron a generar una alta densidad de complejos de vivienda. La gran parte de estos complejos fueron construidos por el arquitecto Mario Pani, durante los siguientes años estos métodos de construcción comenzaron a esparcirse en América Latina, volviéndose un Movimiento Internacional de Arquitectura [51].

En 1950 y 1970 México alcanzó el doble de su población, por lo que para poder satisfacer las necesidades de vivienda, se promovió el pago de impuestos para los trabajadores,

generando de este modo fondos para un sistema de préstamo para obtener una casa. Esto permitió que algunos constructores privados de complejos de viviendas sociales pudieran establecerse, desafortunadamente, durante la crisis económica de 1994, muchas de las constructoras se fueron a banca rota, dejando al mando a pocas empresas que monopolizaron la construcción en México, como GEO y ARA, en las siguientes dos décadas, los complejos de vivienda se caracterizaron por la repetición de un patrón de construcción de bajo costo que alberga a una densidad media de población [50] como se puede observar en la figura 2.3.



FIGURA 35. Casas GEO Estado de México. Fuente [50]

En los últimos años el crecimiento tan acelerado de las grandes ciudades junto al encarecimiento general de la vivienda está convirtiendo los hogares en sitios más pequeños que a su vez torna más difícil el uso de mobiliarios actuales que no contribuyen a la distribución interior de la vivienda, debido al deseo de los habitantes por adecuar el espacio a sus necesidades y gustos la funcionalidad del mobiliario cobra un papel principal, ya que estos deben de ser diseñados para poder aprovechar al máximo los espacios de las diferentes áreas de la vivienda creando así un ambiente armónico y confortable a pesar de las limitadas dimensiones de los espacios.

En el ambiente de la vivienda un individuo se sumerge al menos 50% de su tiempo. Las condiciones de esta pueden considerarse factores de riesgo o agentes de la salud de los residentes [80]. El reporte describe que la vivienda influye favorablemente en los procesos restauradores de la salud e incentiva la actividad creadora y el aprendizaje, cuando sus

espacios funcionales reúnen las condiciones para los que fueron diseñados, se considera que de igual manera ante los estresores ambientales, los habitantes de estas pequeñas viviendas pierden ciertos límites de interacción con los demás en un intento por evitar alteraciones, se vuelve entonces una pelea por el espacio.

En México el 55.3% de la población habita viviendas de interés social, las características de esta tipología habitacional son entre otras, las siguientes: contar con 42 a 76 metros cuadrados de superficie edificada; un programa arquitectónico que incluye cocina-comedor, de una a dos recamaras, un baño completo, un lugar de estacionamiento y servicios básicos. En teoría estas características en conjunto darían como resultado que la población mexicana dispusiera de una vivienda digna, con los ambientes mínimos para poder realizar sus actividades privadas a un bajo costo, pero muchas veces no se llega a la realización de la vivienda ideal para suplir estas necesidades orillando a sus habitantes a adaptar el espacio, lo cual implica re-crear, ya que se trata de un cambio relativamente permanente y que tiene que ver directamente con la adecuación de la vivienda a sus habitantes, toda alteración, cambio, creación o modificación tiene que ver con la búsqueda de un lugar propio, un lugar donde ser y sentir pertenencia [51].

Un claro ejemplo de esto es la Heroica Ciudad de Huajuapam de León, la cual ocupa un 0.3% de la superficie del territorio estatal, con una densidad de población de 238 habitantes por km², teniendo un total de viviendas particulares habitadas de 19,440 con un promedio de habitantes por vivienda de 4 personas, la mayor parte de las viviendas cuentan con servicios de agua entubada, drenaje, servicios sanitarios y electricidad, un 0.2% cuenta con panel solar, 0.9% calentador solar, 62.4% focos ahorradores y un 66.9% realiza una separación de residuos [81].



FIGURA 36. INEGI. Panorama sociodemográfico de Oaxaca 2015-2016. Fuente [81]

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010), en México habitaban 112'336,538 personas en 28607,568 viviendas, con un promedio de 3.9 ocupantes por vivienda. Se proyecta que para el año 2050 la población de México será de aproximadamente 122 millones de habitantes (CONAPO, 2006), y ya en la tercera década de este siglo este país tendrá cerca de 50 millones de hogares, aproximadamente. Se estima que para satisfacer sus necesidades será necesario construir casi 11 millones de viviendas nuevas entre 2011 y 2030, y que unos 9 millones de viviendas requerirán renovación parcial o total en el mismo periodo [51].

Cuando se habla de la adaptación del espacio a las necesidades del usuario es ineludible tener en cuenta criterios generales, los cuales propician una mejor administración del espacio y mayor coherencia espacial acorde con las exigencias del usuario, alguna de las soluciones que se puede emplear en este tipo de espacios es el mobiliario inteligente, multifuncional o modular, como se menciona anteriormente, ayudando a maximizar la utilidad del espacio y brindando un mejor ambiente, más estético y funcional.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL DISEÑO

Con base en la información recopilada en las primeras cinco fases de la metodología de investigación, Método Proyectual de Bruno Munari [22], se integraron los requerimientos de diseño. Para lograr una correcta solución del mobiliario, para la realización de este capítulo se tomó como guía el Manual de Diseño Industrial de Gerardo Rodríguez [59].

3.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

“Los requerimientos de diseño son un conjunto de recomendaciones o condiciones que debería cumplir la solución buscada, convirtiendo la definición del problema en objetivos medibles y verificables. [58]”. Para el desarrollo de este apartado se realizó una recopilación y análisis de las necesidades del usuario a través de encuestas (véase Anexo), normativa de espacio tomada del Código de Edificación de Vivienda de México, medidas antropométricas proporcionadas por la Cámara Nacional de la Industria del Vestido [57], así como parámetros que se generaron a partir del Manual Práctico de Eco diseño de la Sociedad Pública Gestión Ambiental [60].

Para la realización de la encuesta se determinó un muestreo probabilístico de 265 personas a partir de un universo de 17,676 habitantes, para la determinación de estas cantidades se tomaron como referencia los datos obtenidos a partir de los registros de casas de interés social prioritario construidas a través del INFONAVIT en la H. Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca, esta muestra se realizó con un nivel de confianza del 95% y un error estimado de +/- 5%, con una probabilidad a favor de 75% y en contra de 25%. Las personas encuestadas se encuentran ubicadas en un nivel socioeconómico de clase media prioritaria, con una edad de 25 a 35, los cuales son habitantes de viviendas de interés social prioritario o su semejante en m². Para la elaboración de este cálculo de muestra se utilizó el método propuesto por Naresh K. Malhotra [82].

Posteriormente se analizaron las funciones que se desempeñan en el espacio arquitectónico a intervenir (sala-comedor), esto es fundamental para ser conscientes de las actividades que el mobiliario debe suplir, por lo cual se realizó la tabla 7 sobre los requerimientos espaciales de una vivienda.

TABLA 8. Requerimientos espaciales a partir de las funciones, base en una vivienda. Fuente: Elaboración propia.

Espacio	Función	Actividad	Mobiliario Indispensable	Mobiliario deseable	
Sala	Recuperación	Ver	Sillón	Taburete	
	Convivencia	Platicar	Silla	Mesa de centro	
	Recreación	Dormir	Banco	Mesa Auxiliar	
	Esparcimiento	Descansar	Jugar		Librero
		Ingerir alimentos	Ingerir alimentos		Centro de entretenimiento
		Leer	Leer		Estantería
					Lámparas
Comedor	Suplir necesidad básica	Ingerir alimentos	Mesa	Mesa auxiliar	
	Convivencia	Guardar alimentos	Silla	Estantería	
		Platicar		Consolas	
	Recreación	Leer		Lámparas	

Del listado obtenido a partir de la encuesta, se seleccionaron a criterio del diseñador, tres opciones para el desarrollo del diseño: banco- estantería- mesa auxiliar.

Definición

- Banco: asiento en el que se pueden sentar una o varias personas, pueden tener respaldo o carecer de él, su altura es variada según el uso al que se destine.
- Estante: elemento arquitectónico que sirve como sostén de algo, también se le conoce como repisa, mueble alargado en sentido horizontal donde se pueden apoyar cosas sobre su superficie.
- Mesa: mueble compuesto por un mínimo de un elemento liso colocado de forma horizontal, que es sostenido por uno o más elementos verticales [58].

A. Requerimientos de uso

A1) Dimensiones

Las medidas mínimas determinadas para el uso del mobiliario en los espacios a intervenir se especifican en la Sección 808, Área mínima de espacios del Código de Edificación de Vivienda, al igual que las dimensiones de los espacios, las medidas promedio de los usuarios se obtuvo de los estándares propuestos por la CANAIVE al igual que del Apartado 3. Diseño del edificio del CONAVI.

TABLA 9. Requerimientos de uso, dimensiones. Fuente [57] [32].

MEDIDAS	BANCO	ESTANTERÍA	MESA AUXILIAR
ALTURA	30-40cm	200cm	40-50cm
ANCHO	45 cm mín.	Variable	Variable
PROFUNDIDAD	45 cm mín.	30-60 cm	Variable
ESPECIFICACIONES	Sin respaldo Medidas mínimas por lado 270 cm. en espacio habitable	Altura promedio en viviendas 250cm Altura promedio de habitantes 158cm mujeres, 164 cm hombre	Altura menor a la de los sillones o sillas Medidas mínimas por lado del espacio habitable 270cm

A2) Por su apariencia formal no debe limitar su funcionalidad para con el usuario.

A3) Debido a los materiales, el peso del producto será mayor a los productos que se encuentran en el mercado, por lo que se considerará la implementación de algún detalle que cerciore el apilamiento seguro y unión de módulos.

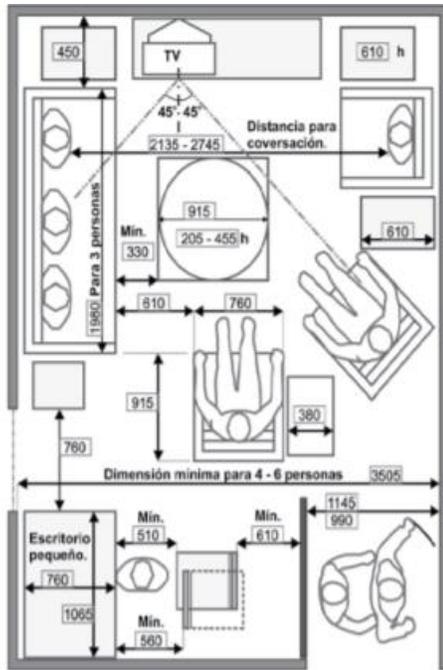


FIGURA 37. Dimensión de estancias (mm). Fuente [32]

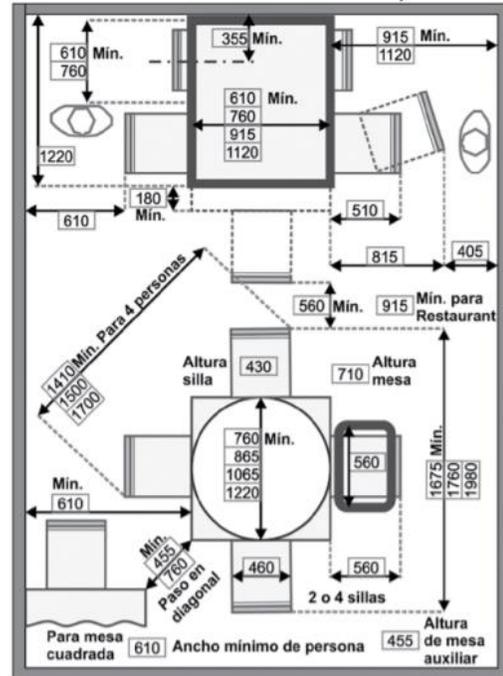


FIGURA 38. Dimensión de comedores (mm). Fuente [32]

B. Requerimientos de función

B1) Considerar que el modulo estará sujeto a esfuerzos de compresión (apoyo al usuario) y de torsión (movilidad del usuario) así como al impacto o caída (apilamiento o manipulación).

B2) Considerar el tipo de mueble que es: banco-mesa auxiliar- estantería.

B3) Tomar en cuenta las funciones que suplirá el modulo (sentarse, contener, sostener).

C. Requerimientos estructurales

C1) Contemplar que la unión entre los componentes deberá efectuarse mediante elementos adicionales que permitan una construcción sólida pero a la vez desarmable para su fácil separación, pensando en el fin de vida del producto para facilitar la canalización de los desechos a los sitios correspondientes.

C2) Contemplar el menor número de posibles componentes.

C3) Optimizar la producción, menor cantidad de pasos, menor consumo energético.

C4) Debe considerarse su fácil reparación o mantenimiento durante la vida útil.

D. Requerimientos técnico- productivos

D1) Deben contemplarse que los materiales básicos para la elaboración del módulo serán: madera de pino y metal (especificados en el apartado 2.4 del segundo capítulo).

D2) Tomar en cuenta para la elaboración del módulo, los procesos descritos en el apartado 2.4 del segundo capítulo.

D3) Debe considerarse agilizar y simplificar la producción del módulo, se recomienda incluir elementos con medidas comerciales.

E. Requerimientos económicos o de mercado

E1) Considerar que el mobiliario va dirigido a la clase social media.

E2) Considerar que el costo de producción del módulo no deberá exceder de 2000 pesos mexicanos (anexo 1 encuesta).

F. Requerimientos formales

F1) Debe contemplarse que los acabados sugeridos deberán ser amigables con el medio ambiente, la paleta de colores será grises, marrones, tonos cobrizos y negro.

F2) Tomar en cuenta el estilo formal del módulo, deberá ser industrial urbano.

3.2 CONCEPTO DE DISEÑO

Una vez analizada la información recopilada y los requerimientos de diseño se inició con la generación de conceptos por medio de diferentes técnicas de desarrollo de la creatividad y los distintos métodos de representación bi- y tridimensionales. Para la realización de las siguientes propuestas de diseño, se inició con un método de rastreo utilizado para encontrar conceptos globales de solución a los problemas planteados en el diseño por medio de las siguientes técnicas: Analogías, buscar la semejanza con otros sistemas e Identificación, representar la función estudiada.

Haciendo uso de un cuaderno de anotaciones con un método de exteriorización espontánea de ideas, se generó una recopilación de posibles diseños y juegos de palabras, con las que se prosiguió a la elaboración de bosquejos [véase Anexo 3], de los cuales, mediante una evaluación se seleccionaron los diseños más viables para desarrollar la volumetría y trabajar las propuestas más a detalle, las cuales se presentan a continuación.

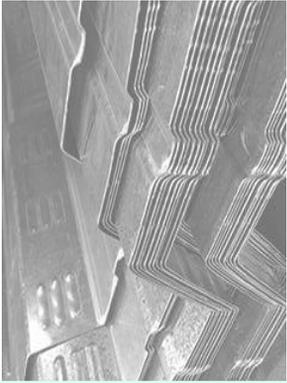
PROPUESTA A-I

Para la primera propuesta se eligió como concepto el elemento arquitectónico denominado **losacero** el cual es una lámina de acero acanalada galvanizada con nervaduras transversales [60] que se utiliza como losa de entrepiso o cubierta la cual se muestra en la figura 27. El perfil de este tipo de lámina le permite ser apilada de forma vertical lo cual favorece a su traslado, para el desarrollo de este concepto, se toma de referencia la vista frontal de este elemento, realizando una abstracción directa de la forma, utilizando una sección, cambiando la ubicación de esta forma hasta lograr la intersección de los módulos. Como resultado se obtuvieron los siguientes modelos y maqueta volumétrica, las cuales se muestran en la siguiente lámina.



FIGURA 39. Lámina galvanizada. Fuente [60]

PROPUESTA A-1 LOSA CERO



Es una lámina de alma de acero acanalada galvanizada con nervaduras transversales para usar como losa de entrepiso o techo.

concepto



Intersección de módulos



Maqueta volumétrica



MATERIAL RECUPERADO
DE CUBIERTA



Función mesa-banca basada en una unidad geométrica con repetición a escala, estas unidades versátiles pueden ser montadas / desmontadas para sus diferentes usos, adaptándose a las necesidades del usuario. Las unidades pueden ser utilizadas como consola una vez ensamblada.

TAMAÑO Y MATERIAL

Considerando o su elaboración con un solo material (tabla de madera),

3 tablas de madera

Pijas

Pegamento

Dimensiones generales:

Versión 1 110X90X30 cm

Versión 2 90X50X30 cm

PROPUESTA A-2

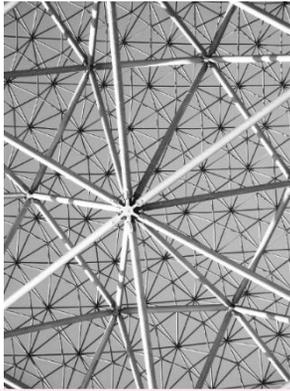
Para el desarrollo de la siguiente propuesta se utilizó como base para el diseño de la forma, la geometría que surge de la estructura nombrada **tridilosa**, la cual es mixta, de concreto y acero que se compone de elementos tubulares soldados u atornillados a placas o nodos de conexión [60], en este sistema entre mayor sea el claro a cubrir se van uniendo más piezas como se muestra en la figura 28, debido a su modularidad se retoma este concepto para la implementación del mobiliario compuesto por banco, mesa auxiliar ó estantería.

Haciendo referencia a la pirámide triangular que se presenta en la tridilosa, reposicionada de manera vertical para lograr la solución ideal, el propósito de este tipo de sistema es cubrir mayor número de necesidades con el apilamiento de los módulos. Teniendo como resultado la volumetría presentada a continuación.

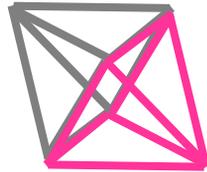
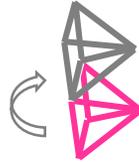


FIGURA 40. Cubierta. Fuente [58]

PROPUESTA A-2 TRIDILOSA



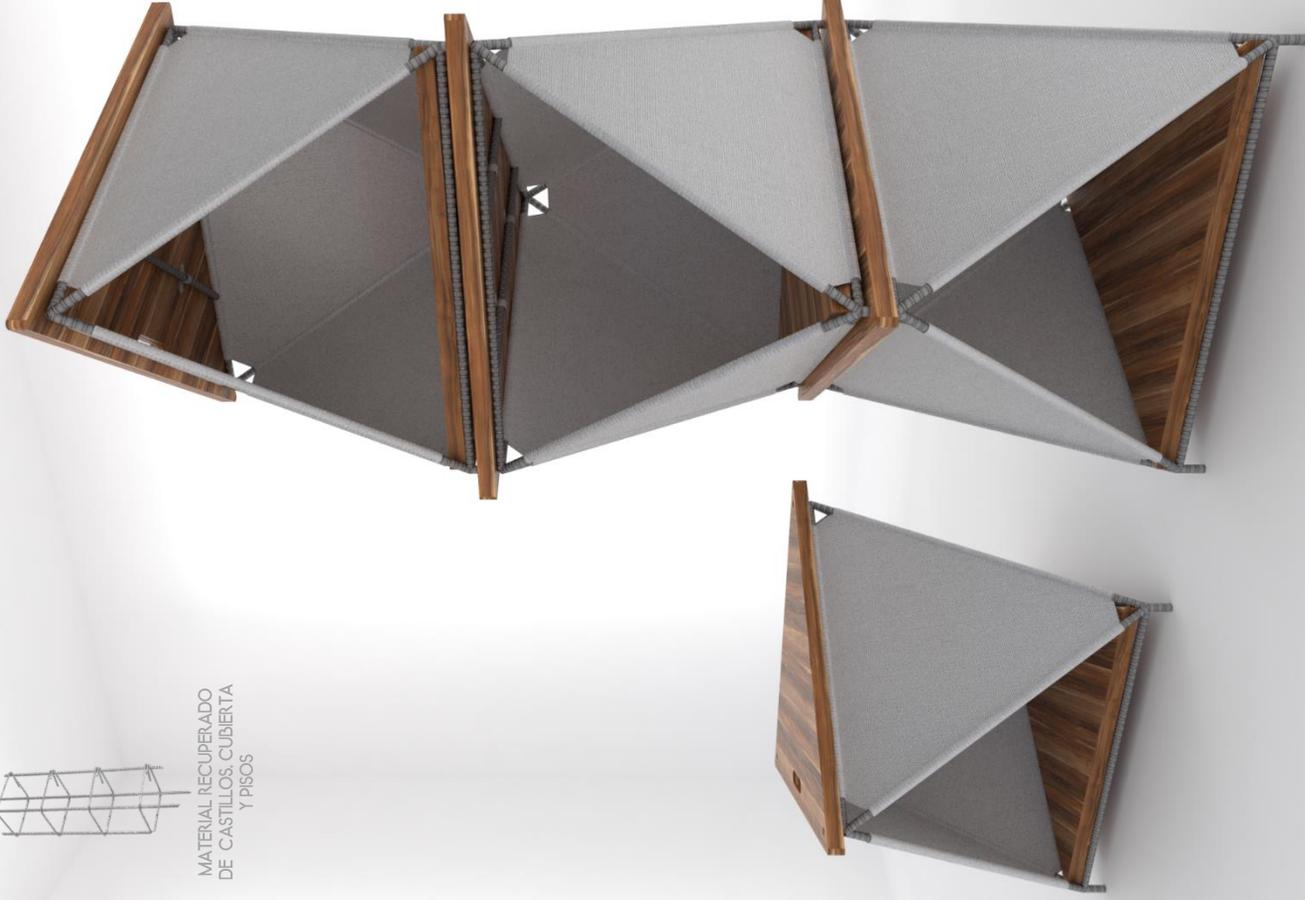
La tridilosa es una estructura mixta de concreto y acero que se compone de elementos tubulares soldados u atornillados a placas o nodos de conexión.



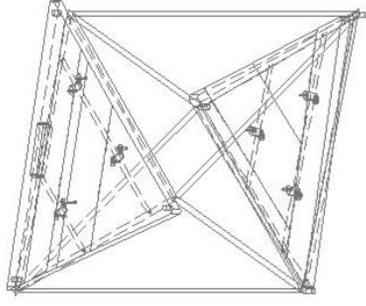
concepto



MATERIAL RECUPERADO
DE CASTILLOS, CUBIERTA
Y PISOS



Se considera como material nuevo:
Tela para tapicería
Abrazaderas
Tornillos



Isométrico

Apilamiento de módulos
Elementos de unión y sujeción
Mesa auxiliar-estantería

TAMAÑO Y MATERIAL

Considerando su elaboración con madera de pino obtenida de tabla y duela, varillas 3/8", recubrimiento (sacos de cemento, costales o tela para tapicería) unión a partir de abrazaderas de aluminio y tornillos.

Dimensiones generales:
55 X 45 CM

PROPUESTA A-3

Una tercera propuesta de diseño surge del concepto de **estribos**, los cuales son armaduras perpendiculares a las barras longitudinales de una viga de hormigón armado, la cual se coloca como refuerzo para soportar el esfuerzo tangencial o cortante en una construcción civil [60], los cuales se aprecian en la figura 29.

Se retomó este concepto debido a su repetición de módulos los cuales generan un mejor uso y mayor soporte en su sistema, los estribos pueden ser fabricados de tres formas: cuadrangulares, triangulares y rectangulares, para esta propuesta se realizó la unión de dos formas geométricas las cuales se unen convirtiéndose en una forma mayor perdiendo una parte de su contorno, conservando los apoyos fundamentales en este tipo de armados, contando con elementos de sujeción en sentido horizontal, el módulo obtenido puede ser utilizado como mesa auxiliar o sillón.

La siguiente lámina muestra los modelos que se obtuvieron correspondientes al concepto seleccionado y el desarrollo de la geometría empleada.

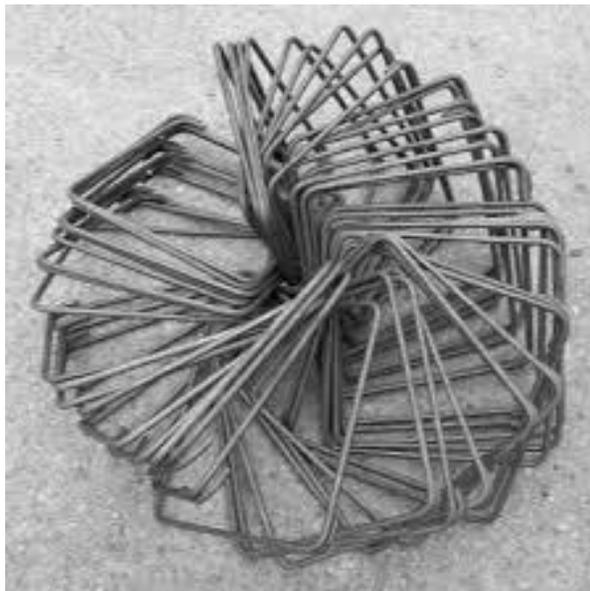


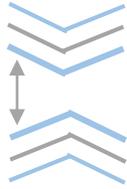
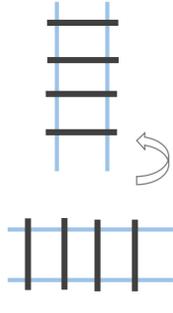
FIGURA 41. Estribos. Fuente [58]

PROPUESTA A-3

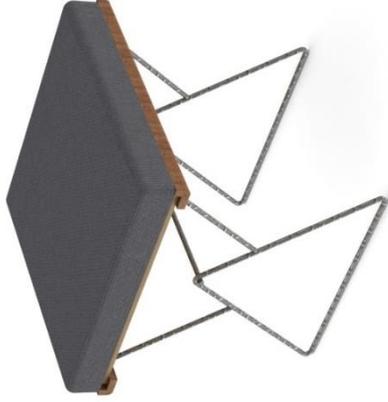
ESTRIBOS



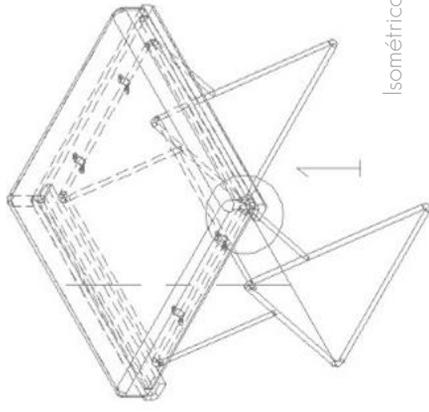
Armadura perpendicular a las barras longitudinales de una viga de hormigón armado que se coloca como refuerzo para soportar el esfuerzo tangencial o cortante



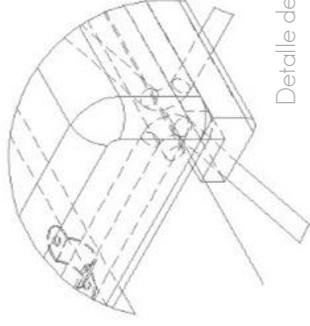
MATERIAL RECUPERADO DE CASTILLOS, CUBIERTA



Modulo



Isométrico



Detalle de unión

Unión horizontal de módulos

Elementos de sujeción

Función: Mesa auxiliar- asiento

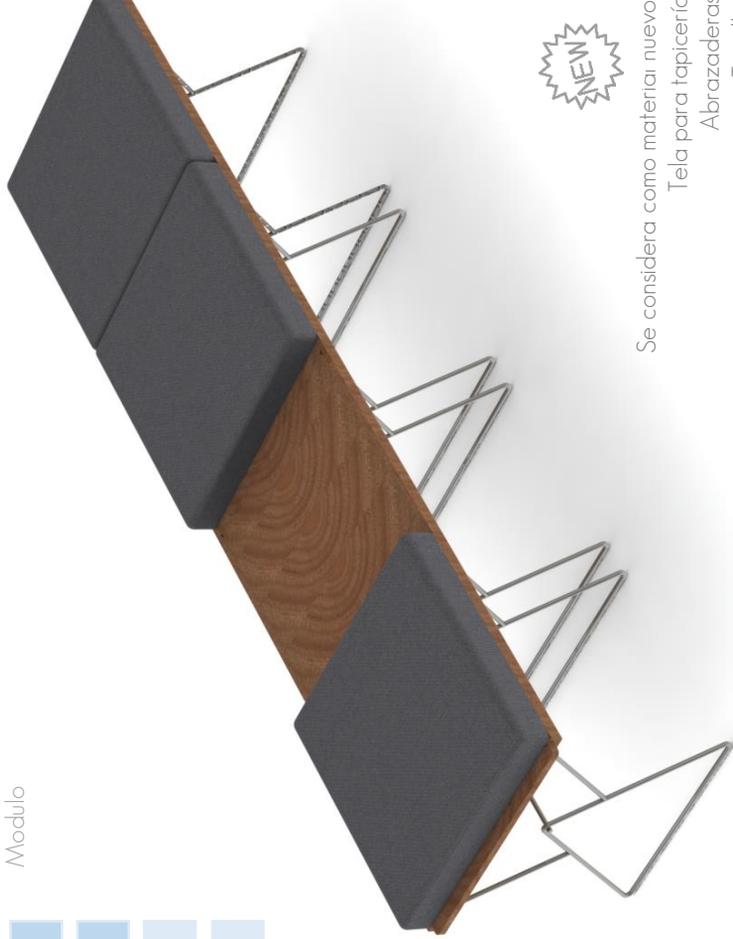
TAMAÑO Y MATERIAL

Considerando su elaboración con madera de pino obtenida de tabla o triplay varilla 3/8", esponja y tela para tapiz.

unión a partir de abrazaderas de aluminio y tornillos.

Dimensiones generales:

53 X 55 X 55 CM



Conjunto



Se considera como material nuevo:

Tela para tapicería

Abrazaderas

Tornillos

Esponja

3.3 MATRIZ DE EVALUACIÓN

Una vez desarrollados los conceptos de diseño en función del problema planteado, se procede a la selección a partir de una evaluación por medio de la contraposición a los criterios estipulados como requerimientos, la validación se realizó con usuarios potenciales, para posteriormente continuar al detallado del concepto cuyo desarrollo se considere más viable, el cuestionario que se aplicó se muestra en el apartado de anexos, en el cual se puede observar un ejemplo que incluye observaciones y puntaje por persona.

Para la realización de la validación se consideró un estrato de edad seleccionado a partir de la muestra contemplada en el apartado 3.1 Requerimientos de diseño, aplicado a un número de 53 personas de las cuales 36 fueron mujeres y 20 hombres, de 25 años de edad, habitantes de viviendas de interés social prioritario o habitantes de espacios reducidos, es decir menores a 55 m² del área total de vivienda, con un porcentaje de probabilidad a favor de 75% (los cuales cumplan con dicho requisitos) y en contra 25% (habitantes +/- 55 m²)

Tomando en cuenta una puntuación total de 574 por columna la cual equivale al 100% de puntuación se obtuvieron los siguientes puntajes [78].

Se estipularon tres valores los cuales permitieron la selección de la mejor propuesta al sumar los puntos de cada aspecto a considerar:

0 No cumple

1 Cumple medianamente

1 Cumple

TABLA 10. Ejemplo de validación, fuente propia

Criterios	ALTERNATIVAS					
	A-1 Banca/mesa para una persona, una vez ensambladas pueden funcionar como consola. Material: madera de pino tabla. Medidas generales:		A-2 Mesa auxiliar/ estantería Material: varilla 3/8" madera de pino, tela para tapicería. Medidas generales:		A-3 Mesa auxiliar/ asiento Material: varilla 3/8" madera de pino, tapicería. Medidas generales:	
	Anotaciones	valor	Anotaciones	valor	Anotaciones	valor
Versatilidad: Usos alternativos que se le pueden dar.		1	Me sería muy útil su versatilidad	2		1
Estabilidad: mantenerse en equilibrio, resistencia al impacto.		2		2		1
Forma: En qué grado el producto es atractivo, estético. (colores, acabados, materiales)		1	Muy agradable la forma	2	La simplicidad no se me hace atractiva	0
Movilidad: (Fácil de transportar, mover etc.)		2		2		2
Antropometría: dimensiones para su uso.		1		2		0
Innovación: Qué ofrece que otros productos en el mercado actual no.		0		2		0
Acabados: (Óptimos, burdos, finos)	Burdos	1	Finos	2	Óptimos	1
TOTAL		8		14		5

De la evaluación anterior se concluye que la alternativa que cuenta con un desarrollo más factible será la denominada como A-2 debido a que su sumatoria cuenta con un mayor número de cuantificaciones positivas.

3.4 PROCESO DE FABRICACIÓN PROTOTIPO 1 MODELO A-2

- **Selección en sitio**

Para la elaboración del prototipo se inició con la recolección de los materiales (metálicos y orgánicos), clasificándolos en materiales excedentes (materiales en buen estado que no necesitan muchos procesos para su utilización) y materiales de contacto (materiales que necesitan mayores procesos para su utilización como: limpieza, ajustes, cortes, dobleces, etc.) los cuales se pueden ver en la figura 30.



FIGURA 42. Materiales orgánicos y metálicos. Fuente: propia

- **Recolección**

Una vez seleccionados los materiales se trasladaron al lugar de trabajo. La recolección se realizó en una camioneta con batea de tamaño regular por la capacidad de material a trasladar.

- **Limpieza**

Al material metálico se le realizó una limpieza primeramente con cepillo metálico, con el fin de quitarle excedentes de concreto o tierra, después se realizaron cortes a las varillas de 3/8" para separar los tramos rectos tratando de librar largos mayores a 50 cm. para el contorno del diseño propuesto. A estos tramos de varilla se les realizó una segunda limpieza más detallada con una fibra de acero para concreto con la cual se quitaron los excesos de óxido y polvo. En cuanto a la madera, se inició con la limpieza de los materiales excedentes, los

cuales se presentan en un mejor estado, agrupándolos dependiendo de su grosor, y facilitando la selección al momento de trabajar para la fabricación del prototipo se utilizó pedacería de madera con un grosor de 1 pulgada aproximadamente, el siguiente paso fue revisar y extraer todos los metales como clavos o tornillos, el proceso siguiente para las tablas fue el canteado y cepillado.

- **Ensamblaje**

Se realizó el despiece según el diseño a partir de ensamble tipo lengüeta para facilitar la unión entre estos elementos, como lo muestra la figura 31, después se le colocó un marco de madera de pino con la finalidad de reforzar las uniones y cubrir los ensambles para un mejor acabado, posteriormente se le realizó un barrenado con una broca de 13/32" en el elemento superior.

Para las varillas igualmente se realizó el despiece de los elementos a partir de los planos de la estructura, las cuales se unieron con soldadura de electrodo, posteriormente se esmeriló para eliminar excedentes.



FIGURA 43. Ensamble de piezas. Fuente: propia

- **Acabados**

Cuando se tuvieron terminados los elementos principales del prototipo, se fijaron las piezas de madera a través de 6 abrazaderas metálicas de 3/8" con dos orejas y 12 tornillos de cabeza plana de 1/2", después se procedió a la realización de pruebas para acabados, en este caso se le aplicó a la estructura un esmalte transparente que permitiera ver los distintos

tonos que adquirió la varilla debido al óxido, la aplicación de este esmalte tiene el propósito de detener la corrosión y evitar el manchado por esta misma.

En cuanto a los dos elementos de madera se les preparó previamente a la colocación del acabado con una serie de lijado a una mano, que fue a partir de una lija gruesa (n°60), una media (n°1200), una muy fina (n°400) finalizando con una lija tipo esponja fina para lograr lijar los barrenos. Una vez que se obtuvo la textura deseada se eliminaron residuos de polvo y se les aplicó aceite de linaza con estopa por tres capas, esto con el fin de proteger e impermeabilizar la madera, este tipo de aceite aporta brillo y realza el color natural, nutre la madera con ello se evita que se raje o curve, el tiempo de secado al tacto es de 24 hrs. Antes de la última capa, como se observa en la figura 32. El rendimiento aproximado es de 12 m² por litro, esto puede variar dependiendo de las propiedades de la madera.



FIGURA 44. Pieza natural/ con acabado. Fuente: propia

- **Tapicería**

Después de fijar los elementos se realizó el despiece de la tapicería que recubre al prototipo, dejando una cara libre para el almacenamiento, la tela para tapicería se obtuvo del corte de un solo elemento rectangular tomando en cuenta las medidas de cada una de las caras del mueble con el cual genera los pliegues a partir de la estructura, a este elemento se le colocaron tiras de velcro en sus aristas, pensadas para su fácil colocación y limpieza.

La elaboración de este prototipo a tamaño real permitió la recopilación de información tanto de procesos de fabricación, experimentación de materiales, como costos; datos que son necesarios para el desarrollo de las evaluaciones presentadas en el siguiente capítulo.



FIGURA 45. Prototipo 1 terminado. Fuente: propia

CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN

Continuando con la secuencia de la presente investigación, al primer prototipo del modelo A-2 se le aplicaron una serie de validaciones con las cuales se evaluó la calidad del producto, fiabilidad, resistencia, etc. Para la comprobación de aciertos y la realización de mejoras de los resultados obtenidos en el desarrollo del diseño [59], entre las cuales se encuentran: técnico - constructiva, medio ambiental, funcional, ergonómica, de distribución y/o mercado de la propuesta. Para realizar estas validaciones se utilizaron métodos cualitativos, análisis de usabilidad del producto, así como también se emplearon modelos virtuales para el análisis estático.

4.1 ASPECTOS AMBIENTALES

Como se menciona en los apartados anteriores, la metodología del eco diseño tiene como objetivos principales minimizar los residuos y reducir el uso de energía y materiales en la sociedad para ajustarlos a niveles sostenibles, en donde el medio ambiente tiene el mismo "status" que otros valores más tradicionales como los beneficios, la funcionalidad, la estética, la ergonomía, la imagen o la calidad [1]. Además permite reducir la degradación de los ecosistemas, el impacto directo en la salud del ser humano y el agotamiento de los recursos naturales. Para lograr estos objetivos se necesita ser consciente de cada uno de los procesos en la fabricación de productos; de manera general y para tener un primer acercamiento con los impactos de los procesos en la fabricación se inició con la aplicación de la Matriz MET siendo un método cualitativo o semi cualitativo que sirve para obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del Ciclo de Vida del producto [60], durante la elaboración del primer prototipo se realizó una recopilación de datos como: tipo de materiales, procesos, tiempos y costos, mencionados anteriormente (véase apartado 3.5 del capítulo 3), se continuó con la realización de la evaluación la cual se muestra en la tabla 10.

TABLA 11. Matriz MET prototipo A-2. Elaboración propia

	Uso de materiales	Uso de energía	Emisiones toxicas
Obtención de materiales y componentes	Madera mixta (1.718 kg.) (4) Abrazadera de aluminio (0.017 kg.) Varillas 3/8" (3.79 kg.) (8) Tornillos (0.045kg) Combustible (0.28 lts)	Gasóleo para transporte (0.3kwh) Energía consumida en el proceso de fabricación de elementos nuevos	Emisiones de combustión del gasóleo
Producción en fábrica	Materiales auxiliares (Material de soldadura, pegamento, lijas, etc.)	Energía en procesos varios: Soldadora, cortadora, esmeril, inglete, lijadora, caladora, taladro, sierra	Residuos metálicos (cortes y rechazos) Residuos de madera (en mal estado, viruta y cortes)
Sistema de fin de vida Eliminación final	Resina de urea formaldehido Madera (1.718 kg.) Varillas (3.79 kg.) Abrazaderas de aluminio (0.017 kg.)	Energía en procesos varios para reciclaje de los residuos Cuchilla astilladora: Trituración de elementos de madera para la fabricación de tableros de partículas o leños. Máquina de secado, Prensado, enfriado y corte Energía en procesos de reciclaje de metales ferrosos	Reciclaje Madera mixta (1.718 kg.) Varillas 3/8" (3.79 kg.) Abrazaderas de aluminio (0.017 kg.) Desecho (8) tornillos (0.045 kg.) % de materiales metálicos con excedentes imposibilitando su reciclaje

Este desglose puede facilitar la generación de ideas de mejora para estos aspectos (prestar atención al consumo de materiales auxiliares durante la fase de fabricación del producto).

Los elementos subrayados son considerados materiales nuevos.

El análisis de la distribución del producto y de uso o utilización han sido anuladas, ya que dentro de los objetivos de la investigación no abarca el diseño de empaque, embalaje y distribución del producto, limitándose hasta su fabricación, proponiendo únicamente un sistema de eliminación final deseado y la utilización del producto no necesita consumibles o energía eléctrica.

Se proponen procesos de reciclaje en el sistema de fin de vida, por ejemplo: elementos de madera - procesos para integrar un tablero de partículas.

Para la realización de las tablas presentadas en este capítulo se tomó como base el Manual Práctico de eco diseño propuesto por la Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

Una vez que se aplicó la Matriz MET al prototipo se obtuvo una idea general de los procesos en los que se podría mejorar; para complementar este tipo de análisis de una manera más específica, se utilizó la Rueda de LIDS, la cual es una representación gráfica de las estrategia del eco diseño que permite generar una evaluación ambiental cualitativa, desde la obtención de materia prima, hasta el fin de su vida útil, donde se identifican los aspectos ambientales más importantes y se presentan espontáneamente algunas ideas de mejora las cuales se muestran en la tabla 11, permitiendo replantear características del producto pensando en desarrollar más soluciones de diseño que reduzcan potencialmente la carga ambiental [62].

TABLA 12. Estrategias de eco diseño

	Estrategias de mejora	Medidas generadas
Obtención de materiales y componentes	1. Seleccionar materiales de bajo impacto	Cambiar la tela para tapicería por un material reciclado Reducir el número de elementos nuevos, abrazaderas, tornillos y elementos de sujeción
	2. Reducción del uso de material	Disminuir el material utilizado para recubrir las caras empleando celosías o tramas
Producción en fábrica	3. Seleccionar técnicas de producción ambientalmente eficientes	Eliminación del pintado de piezas
Sistema de fin de vida Eliminación final	6. Optimizar el ciclo de vida	Ofrecer servicio de reparación
	7. Optimizar el sistema de fin de vida	Marcado de piezas reciclables Añadir información de lugares para su desecho Desmontaje fácil de piezas
Nuevas ideas de producto	8. Optimizar la función	Sistema de recolección para fin de vida útil Rediseño de los productos cuando el cliente pierda empatía con el producto o función para alargar su vida útil Accesorios para personalizar el producto Extender la gama de colores Fabricación en diferentes dimensiones

*las ideas subrayadas son las estrategias de mejora finales, para implementarse en el producto.

Estas estrategias se utilizaron como una lista de comprobación para la evaluación cualitativa del perfil ambiental del producto, el cual se muestra en la tabla 12, para llevar a cabo esta evaluación, participaron catedráticos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca con conocimientos en el área de diseño sostenible, los cuales tuvieron una experiencia previa de uso con el prototipo, se les brindó información acerca del proceso de fabricación y del desarrollo del diseño, para que posteriormente pudieran asignar la puntuación en cada una de las estrategias, las puntuaciones presentadas en la tabla 12 son el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación.

La tabla se estructura con una columna que define los criterios de sostenibilidad y una columna de puntuación que ha surgido de la discusión y valoración consensuada como se menciona anteriormente de cada una de las estrategias según la escala siguiente:

- (0) Alto impacto negativo
- (1) Mediano impacto negativo
- (2) Mínimo impacto negativo
- (3) Ningún impacto
- (4) Mínimo impacto positivo
- (5) Mediano impacto positivo
- (6) Alto impacto positivo

La tabla 12 identifica cada uno de los niveles de sostenibilidad, conformado por una o varias estrategias según su estructura. Estas tienen su valoración parcial, la cuales una vez terminada la valoración y los aportes de diseño con criterios de sostenibilidad, se llega a la valoración total definida como *valoración total del nivel de sostenibilidad (ns)*. Luego de realizada la *valoración total del nivel de sostenibilidad (ns)*, se proyecta la representación gráfica de cada una de las valoraciones, conocida como Rueda de LIDS o de la sostenibilidad la cual se muestra en la figura 46 [67].

TABLA 13. Evaluación de estrategias

A	Nivel componentes del producto	
1	Selección de materiales de bajo impacto	Puntuación
	Nivel de uso de materiales limpios	6
	Nivel de uso de materiales renovables	5
	Menor contenido energético de los materiales	6
	Nivel de incorporación de materiales reciclados	5
2	Reducción de uso de materiales	
	Reducción en peso del producto	4
	Reducción en volumen a transportar	4
	Valor por estrategia	30
B	Nivel estructura de producto	
3	Técnicas para optimizar la producción	
	Técnicas alternativas de producción más limpia	2
	Menor cantidad de pasos de la producción	5
	Menor consumo energético al fabricar	5
	Energía más limpia al fabricar	5
	Menos insumos y/o consumibles más limpios	6
C	Nivel sistema producto	
6	Optimización vida útil	
	Nivel de confiabilidad	5
	Fácil mantenimiento y reparación	5
	Estructura modular del producto	6
	Calidad estética del producto	4
	Fuerte relación usuario producto	4
7	Optimización del sistema de fin de vida	
	Reúso del producto	6
	Refabricación	6
	Reciclado de materiales	6
	Fácil armado/ desarmado	5
	% de materiales que se pueden recuperar	5
	Incineración segura	3
	Valor por estrategia	55
D	@nivel de desarrollo de un nuevo producto	
8	Caracterización del nuevo concepto	5
	Desmaterialización	3
	Uso compartido del producto	5
	Integración de funciones	6
	Optimización de productos y sus componentes	5
	Valoración por estrategia	24
	Valoración total del nivel de sostenibilidad (ns)	132

4.2 ANÁLISIS ESTÁTICO

El objetivo del análisis de resistencia estática en estructuras es la evaluación del grado de esfuerzo que sufre un elemento sometido a fuerzas constantes en el tiempo. Esta evaluación del estrés se realiza generalmente con el fin de sondear las características de diseño adoptadas contra el criterio de resistencia [64].

El análisis estático realizado a elementos calcula los efectos que tiene las cargas constantes sobre la estructura de la pieza. Permitiendo validar la calidad, el desempeño y la seguridad de una manera eficiente y más cercana a la realidad, en este análisis se calculan los esfuerzos y desplazamientos de la geometría, además, estos cálculos se hacen para determinar la respuesta de la pieza mecánica debido al efecto de fuerzas, presiones, temperatura y al contacto entre los componentes [64]. En la siguiente simulación se realizó un análisis estático, aplicando fuerzas en áreas específicas según el diseño propuesto, realizado en el software *SOLIDWORKS SIMULATION*®.

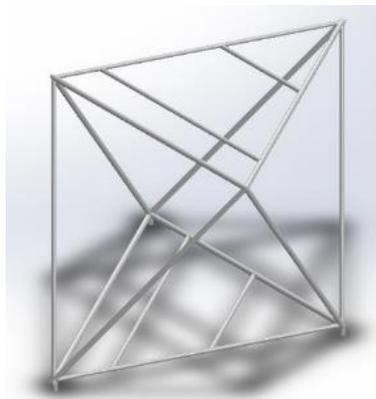


FIGURA 47. Estructura modular Fuente propia

DATOS DE SIMULACIÓN

Fecha: abril de 2019

Nombre de estudio: ESTUDIO Análisis estático

Tipo de análisis: Análisis estático

Descripción: Módulo

TABLA 14. Propiedades del estudio. Fuente propia

Nombre de estudio	Análisis estático Modelo A-2
Tipo de análisis	Análisis estático de estructura
Tipo de malla	Malla sólida
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/M ²

Las unidades que se manejan en la simulación deberán estar condicionadas por las unidades presentes en el modelo. Para la realización de la simulación se inicia con la asignación del material o materiales utilizados en el modelo (varilla de acero/ acero al carbono), lo cual sirve para ir definiendo ciertas propiedades como el peso y masa del diseño, en este paso se le asignarán las propiedades mecánicas del material como módulo elástico, coeficiente de Poisson, densidad, límite elástico, entre otras; necesarias para resolver la simulación.

Una vez definidos los materiales se asignan condiciones al modelo, en este caso se realizaron sujeciones en la parte inferior de apoyo de la estructura metálica, las cuales se unen con la estructura. Obteniendo como resultado una fuerza de reacción, una vez aplicadas estas condiciones, las cuales se muestran en la tabla 15.

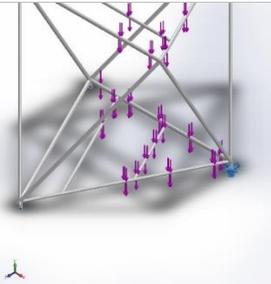
TABLA 15. Propiedades del modelo. Fuente propia

Modelo A-2 Propiedades	Componentes
Nombre: Acero al carbono	Estructura metálica, varilla de acero 3/8"
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
Límite elástico: 2.48168e+008 N/m ²	
Límite de tracción: 4.82549e+008 N/m ²	
Módulo elástico: 2e+011 N/m ²	
Coefficiente de Poisson: 0.32	
Densidad: 7800 kg/m ³	
Módulo cortante: 7.6e+010 N/m ²	
Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin	

Se continuó definiendo las cargas a las que se sometió el modelo. En este caso específico, se ejerció fuerza sobre las caras superiores, las cuales se encargan de distribuirla a través de los elementos metálicos sujetos.

Para determinar la cantidad de fuerza aplicada se tomaron en cuenta las funciones y uso del mobiliario, en la cara superior, la fuerza será producida por el peso promedio de una persona adulta (100 kg.) [57], Y en la parte inferior, se considera un peso menor ya que su función sería para almacenamiento (10kg) como se puede apreciar en la tabla 16.

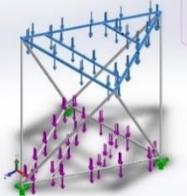
TABLA 16. Sujeciones. Fuente propia

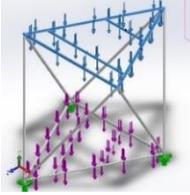
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 arista(s), 2 cara(s) Tipo: Geometría fija

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.00990152	1077.95	0.0392003	1077.95

TABLA 17. Cargas. Fuente propia

Nombre de carga	Imagen	Detalles de carga
Fuerza 1		Entidades: 5 caras 1 plano Referencia: Alzado Tipo: aplicar fuerza. Valores 980 N

Fuerza 2		Entidades: 5 caras 1 plano Referencia: Alzado Tipo: aplicar fuerza. Valores 98 N
----------	---	--

Para determinar el tipo de contacto entre las piezas, se cargó la información del modelo A-2 en 3D del ensamblaje, respetando las relaciones de posición, lo que dio como resultado un contacto de tipo global. Se continuó con el mallado, el cual define la precisión de la simulación, al igual que el número de elementos que tendrá sobre la pieza, entre más elementos se tengan se podrán hacer más cálculos en la pieza, en este caso se utilizó una malla sólida, fina.

TABLA 18. Información de malla. Fuente propia

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	9.17343 mm
Tolerancia	0.458671 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	30165
Número total de elementos	13651

TABLA 19. Fuerzas resultantes. Fuerzas de reacción. Fuente propia

Conjunto de selecciones	Todo el modelo
Unidades	N
Sum X	0.00990152
Sum Y	1077.95
Sum Z	0.0392003
Resultante	1077.95

Una vez generados los datos de la simulación, el software calcula los resultados: tensión, desplazamiento, deformación y factor de seguridad, los cuales se muestran a continuación, con esta información se pudo analizar el comportamiento del diseño.

En el área de contacto entre la estructura y la fuerza aplicada se encuentra la tensión máxima solo en algunos nodos. Lo cual corresponde a $2.261 \text{ e}+008 \text{ N/m}^2$, que se encuentra por debajo del límite elástico del material, como se muestra en la tabla 19. Por lo tanto, no representa ningún riesgo durante su uso, esta simulación se aprecia en la figura 48.

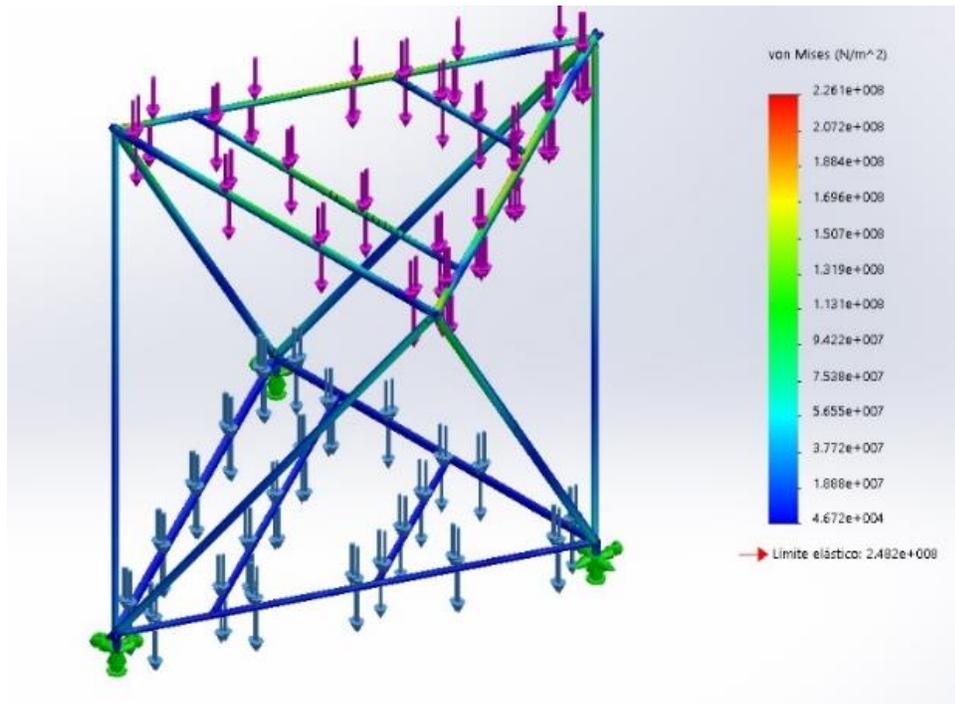


FIGURA 48. Resultados de Tensión de von Mises. Fuente propia

TABLA 20. Resultados de Tensión de von Mises. Fuente propia

Nombre	Tensiones 1
Tipo	VON: Tensión de von Misses
Mín	$4.672\text{e}+004 \text{ N/m}^2$ Nodo: 22503
Máy.	$2.261\text{e}+008 \text{ N/m}^2$ Nodo: 19588

El desplazamiento máximo que sufre el modelo es de $5.020 \text{ e}+000 \text{ mm}$ en el nodo 89. Debido al diseño su estructura es estable, como se observa en la figura 49.

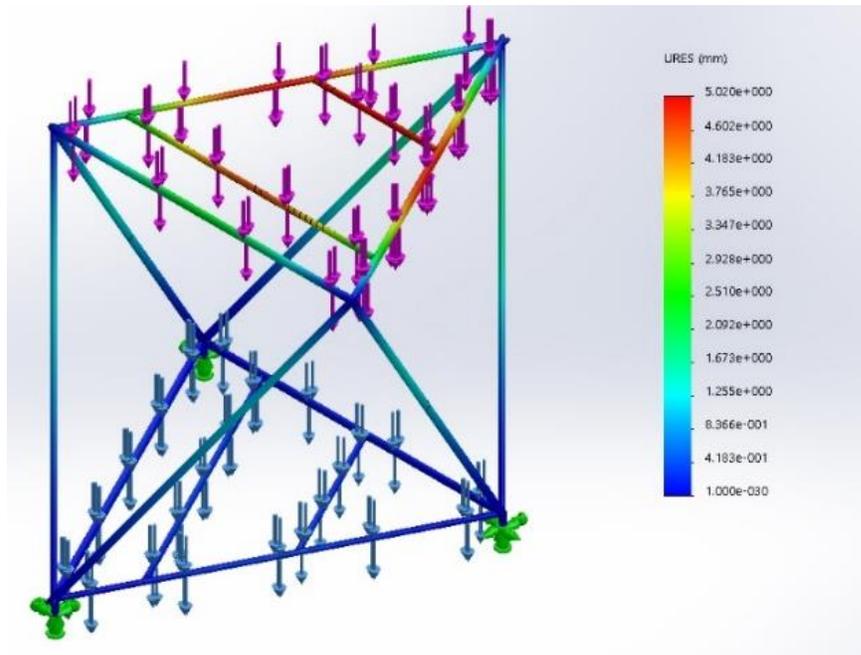


FIGURA 49. Resultados de desplazamientos. Fuente propia

TABLA 21. Resultados de desplazamientos. Fuente propia

Nombre	Desplazamientos 1
Tipo	URES: desplazamientos resultantes
Mín	1.000e-030 mm Nodo: 741
Máx.	5.020e+000mm Nodo: 89

El modelo sufre una deformación unitaria equivalente máxima de $7.281 \text{ e}-004$ cuando se le aplica una fuerza distribuida de 6272 N/m^2 , lo que corresponde al peso de una persona adulta, aplicado en la superficie superior del modelo.

Y en la superficie inferior existe un mínimo grado de deformación de $1.215 \text{ e}-007$ debido a la presión de los elementos soportados. Como se puede observar en la figura 37, el elemento

que sufre una mayor deformación se encuentra en superficie superior, el cual no afecta en la estructura del modelo al estar sometido a dicha fuerza

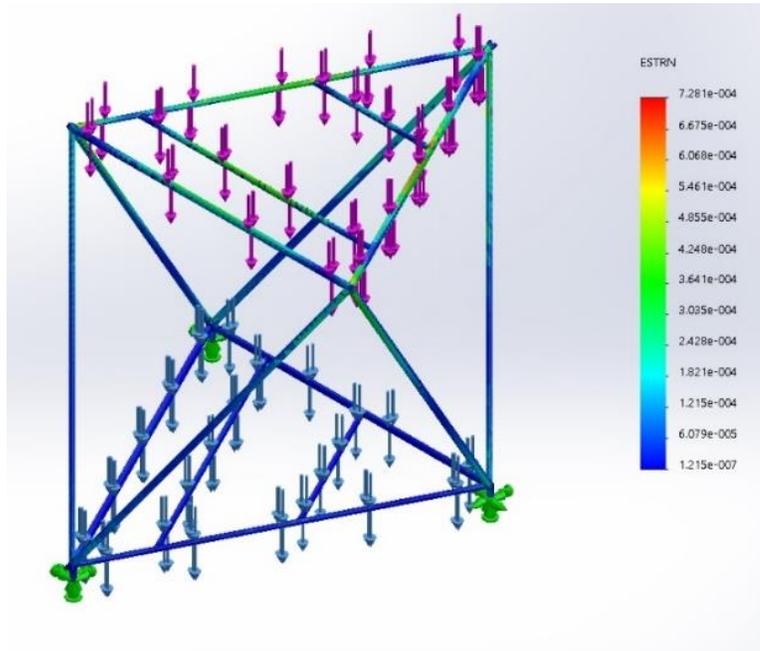


FIGURA 50. Resultados de deformación unitaria equivalente. Fuente propia

TABLA 22. Resultados de deformación unitaria equivalente. Fuente propia

Nombre	Deformación unitaria 1
Tipo	ESTRN: Deformación unitaria equivalente
Mín	1.215e-007 Nodo: 10541
Máx.	7.281e-004 Nodo: 13418

Las cargas que la estructura es capaz de soportar deben ser mayores a las cargas a las que se va a someter cuando esté en uso, como la resistencia es la capacidad de una estructura para resistir las cargas, el criterio anterior se puede replantear como: la resistencia real de una estructura debe ser mayor que la resistencia requerida, la relación de la resistencia real entre la resistencia requerida se llama factor de seguridad [70].

Para calcular el factor de seguridad se empleó la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{\text{limite elástico del material}}{\text{esfuerzo máximo de Von Mises}}$$

$$FS = \frac{2.482 \text{ e} +008}{2.261 \text{ e} +008} = 1.09779$$

Un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación es seguro. Las regiones con un valor de factor de seguridad (FDS) inferior a 1 se muestran en rojo (regiones no seguras), las regiones en azul indican regiones seguras, las cuales se pueden apreciar en la figura 51.

Los resultados obtenidos muestran que el diseño propuesto tiene un grado de seguridad confiable para la fuerza aplicada, por ende el diseño propuesto no necesita ser modificado a nivel estructural, si se requiere pueden modificarse elementos que no comprometen la seguridad de la estructura.

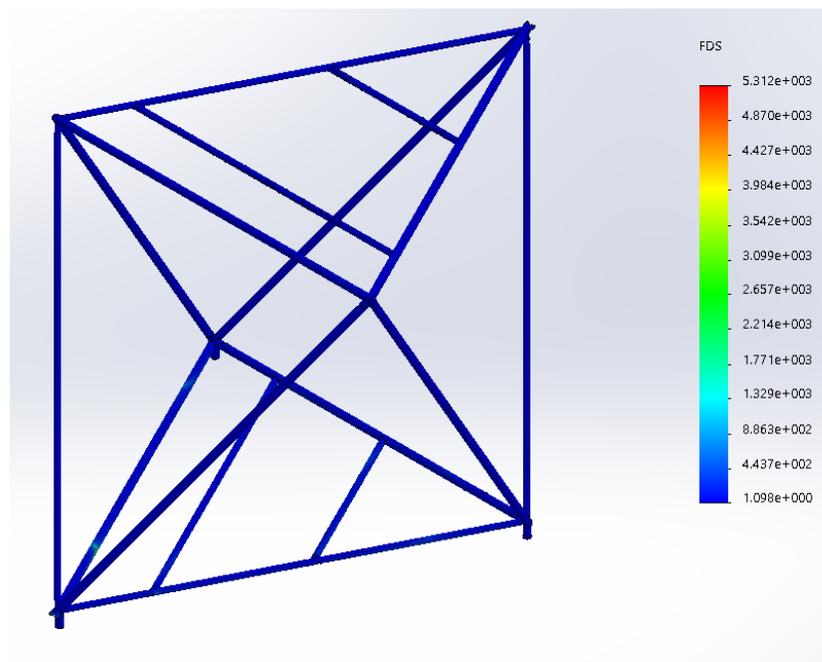


FIGURA 51. Factor de seguridad. Fuente propia

4.3 USABILIDAD

El principal objetivo de una evaluación con usuarios, también conocido como test de usabilidad, es verificar que el mueble cumpla con las condiciones pertinentes de uso, viabilidad del producto y posibles evoluciones para la mejora del producto y comprender las mejoras para las versiones posteriores o rediseños [66]. Un usuario puede pensar y hablar sobre el producto de una forma, y no necesariamente usar el producto de la manera en que lo pensó o lo anticipó, es por esto que la usabilidad es una gran herramienta para lograr la comprensión de uso entre el usuario y el mobiliario propuesto.

El procedimiento que se describe de manera general a continuación es el formato clásico que proponen los autores Steve Krug y Jeffrey Rubin [65] los cuales presentan un esquema compacto para las pruebas de usabilidad que permite obtener resultados útiles para la mejora del producto en poco tiempo y propiciando co-apropiación de los resultados al invitar a todos aquellos que están relacionados con el producto a participar en las pruebas.

Dichos autores proponen dos etapas para el desarrollo de las pruebas, en la primera etapa se realizan una lista de tareas que está dirigida únicamente a los aplicadores o miembros del equipo de trabajo, en donde se comprueba si la información y el contexto en el que se aplica el test son entendibles para el usuario.

En la segunda etapa se representan escenarios de tareas, los cuales son representaciones del trabajo real y sitio en que los participantes podrían usar el producto. Los escenarios añaden contexto, razón y motivación al participante para realizar las tareas [65]. Cuanto más cerca estén los escenarios de la realidad, más confiable serán los resultados de la prueba.

La prueba de usabilidad se aplicó a un estrato de la muestra empleada en esta investigación, de 53 personas de las cuales 36 fueron mujeres y 20 hombres, de 25 años de edad, habitantes de viviendas de interés social prioritario o habitantes de espacios reducidos, es decir menores a 55 m² del área total de vivienda, con un porcentaje de probabilidad a favor de 75% (los cuales cumplan con dicho requisitos) y en contra 25% (habitantes +/- 55 m²)

Para complementar el método para las pruebas de usabilidad propuesto por Steve Krug y Jeffrey Rubin se seleccionaron técnicas para la aplicación de test las cuales se describen a continuación.

Descripción de prueba

- Test, métodos basados en pruebas con usuarios teniendo una experiencia de uso con el prototipo.
- Logging, grabar las actividades realizadas por el usuario con el prototipo para su posterior análisis.
- Thinkinkg aloud o pensamiento en voz alta, anotaciones a partir de los comentarios expresados por los usuarios [69].

Preparación de la evaluación:

Tomando como base los parámetros propuestos en la matriz de evaluación aplicada en el apartado 3.3 del capítulo 3, se realizó el test para la prueba de usabilidad. A continuación se explican brevemente cada uno de los parámetros evaluados:

- Versatilidad: Usos alternativos que se le pueden dar.
- Estabilidad: mantenerse en equilibrio, resistencia al impacto.
- Forma: En qué grado el producto es atractivo (colores, acabados, materiales).
- Movilidad: dificultad presentada al transportar, mover, etc.
- Antropometría: consideración de dimensiones para su uso.
- Innovación: Qué ofrece que otros productos en el mercado actual no.
- Acabados: Óptimos, burdos, finos.

El objetivo de este test fue evaluar las limitaciones o aciertos que se obtuvieron con el primer prototipo y comprender mejor las necesidades y gustos del usuario potencial [68]. Canalizando las mejoras para la evolución de este. Para llevar a cabo esta prueba, se asignó un espacio en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, con el objetivo de situar al usuario en un lugar que se asemejara a las condiciones que contempla el estilo arquitectónico propuesto para el mobiliario (industrial urbano), con el fin de crear una atmósfera lo más

completa posible para la experiencia del usuario, se emplearon dos módulos para la realización de la prueba.

Para la ejecución del test se inició con una bienvenida al usuario, una breve introducción acerca del tema de investigación y del desarrollo del prototipo; se pidió permiso para grabar con la seguridad de no revelar mayores datos que los necesitados para la investigación (rostro, datos personales).

Después se le invitó a hacer uso del mobiliario a partir de las tareas planteadas para la prueba las cuales fueron las siguientes:

- Transportar el módulo a diferentes lugares en el espacio
- Mantener levantado el mueble
- Apilamiento de módulos
- Tomar asiento de manera cómoda y personal
- Guardar objetos en el espacio de almacenamiento
- Quitar la tela
- Sentir los acabados de los diferentes elementos

De igual manera se invitó a los participantes a hacer uso libre del mobiliario en el espacio a lo cual realizaron tareas extras como:

- Patear el módulo
- Volcar el mobiliario
- Subirse de pie al módulo
- Oler la madera

Esta experiencia entre el usuario y el producto duró aproximadamente entre 10 y 15 min por persona. Una vez concluido este acercamiento, se le realizaron una serie de preguntas sociodemográficas (Nombre, edad, ocupación, descripción del lugar de residencia actual, actividades extracurriculares.) para tener una comprensión total del perfil del usuario.

Y se dio inicio con el test, permitiendo que los usuarios pudiesen acercarse nuevamente al producto para rectificar su evaluación. La puntuación propuesta fue (0) no cumple, (1) cumple medianamente, (2) cumple satisfactoriamente.

TABLA 23. Ejemplo de test. Fuente propia

Parámetros	A-2		
	Mesa auxiliar/ estantería Material recuperado: varilla 3/8" madera de pino material nuevo: tela para tapicería, abrazaderas, tornillos.		
	valor		valor
Versatilidad: Usos alternativos que se le pueden dar.	1	Antropometría: dimensiones para su uso.	1
Estabilidad: mantenerse en equilibrio, resistencia al impacto.	1	Innovación: Qué ofrece que otros productos en el mercado actual no.	1
Forma: En qué grado el producto es atractivo, estético. (colores, acabados, materiales)	2	Acabados: (Óptimos, burdos, finos)	2
Movilidad: (Fácil de transportar, mover etc.)	2	Total	10

Una vez finalizada la evaluación se les informó a los usuarios acerca de su necesaria colaboración para volver a aplicar el test al producto final.

Resultados:

Se realizó un reporte de cada una de estas sesiones, en las cuales se analiza cada acercamiento y posibles mejoras para el producto tomando en consideración cómo sería utilizado en un ambiente real, de manera discreta y evitando afectar la experiencia del participante. Mucho de lo que se descubrió en las pruebas de usabilidad tienen que ver con

la forma en cómo el producto se ajusta a las necesidades del mercado. En la figura 52 se muestra una columna con el puntaje máximo posible a obtener y el puntaje otorgado por los usuarios, los resultados fueron alentadores ya que los usuarios aceptaron positivamente el producto. Gracias a la realización de este tipo de pruebas, se identificaron parámetros en los que se puede tener una mayor mejora en la evolución del diseño, detalles que se pasaron desapercibidos durante la construcción del prototipo, teniendo una retroalimentación.

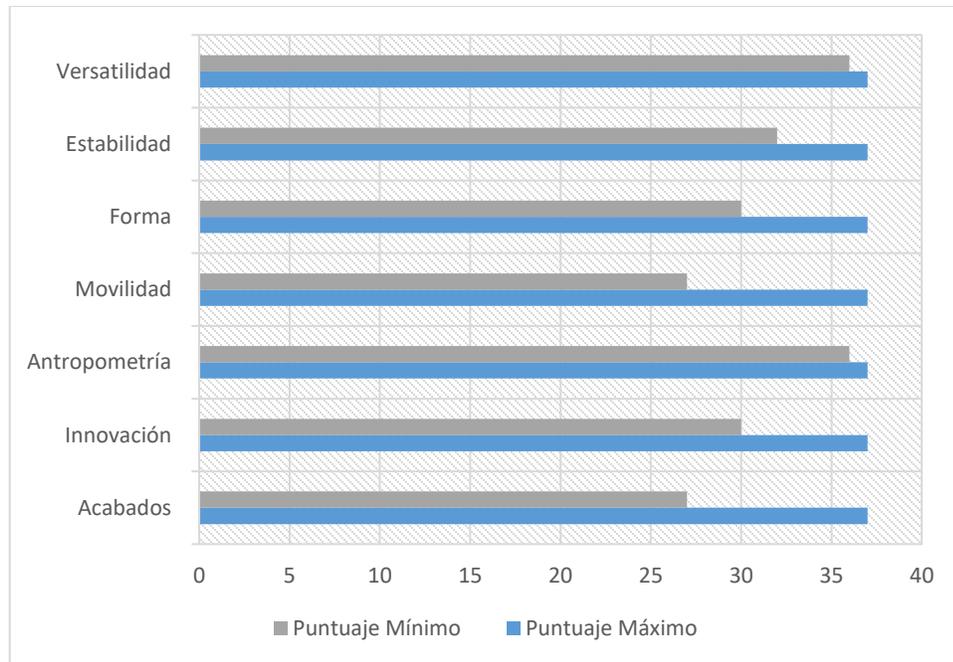


FIGURA 52. Comparativa de evaluación de usabilidad. Fuente propia

. A continuación se presenta un listado de algunos comentarios realizados por los usuarios durante la evaluación, los cuales contribuyera a las mejoras para el perfeccionamiento del prototipo.

- Redondear las aristas del elemento superior de madera.
- Dejar visibles las varillas
- Colocación de recubrimiento en los apoyos inferiores
- Ampliar la gama de colores para combinar con diferentes espacios
- Tapones para las perforaciones cuando sólo se utilice un módulo
- Implementación de nuevos usos
- Desagrado por el tipo de tela

- Agrado por las texturas de los acabados
- Disminuir el peso
- Agregar nuevos materiales

La evaluación de usabilidad no garantiza que un producto sea completamente usable en el futuro, pero permite realizar una iteración más del proceso de diseño centrado en el usuario, permitiendo eliminar errores y rediseñar aspectos claves para la experiencia de uso.

Este capítulo aporta una validación al producto, detectando posibilidades de mejora tanto en el aspecto ambiental como de experiencias, a partir de la recopilación de todos los datos e información obtenida mediante estas evaluaciones se inició con las mejoras para la siguiente versión del producto.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

Con base en las observaciones obtenidas a partir de las evaluaciones realizadas en el capítulo anterior, se procedió a la fabricación de un nuevo prototipo modificado, el cual es una aproximación para la producción final, la etapa de mejoras y evaluación del prototipo 2 se describen en este capítulo.

5.1 ALTERNATIVAS DE MEJORA

Una vez que se recopiló la información correspondiente para las mejoras del prototipo 1, como sugerencias del usuario, evaluación de aspectos ambientales y modificaciones físicas recomendadas por los expertos en el tema, se inició con la fabricación del prototipo 2, dichas modificaciones se detallan a continuación:

1. Se añadieron conteras de goma redonda, fabricados de polipropileno color negro para las partes inferiores del mobiliario, para evitar daños al espacio de uso, las cuales se pueden apreciar en la figura 53.
2. Como alternativa para el soporte inferior se colocaron rondanas por medio de soldadura.

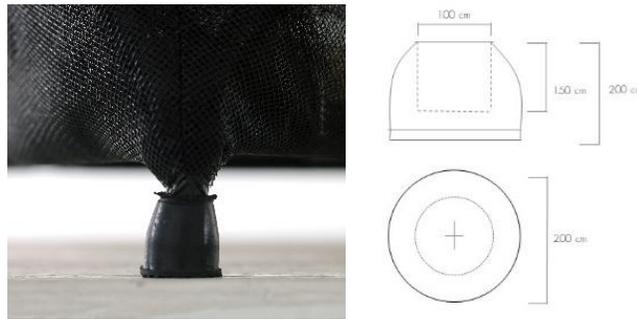


FIGURA 53. Detalle de conteras y plano general. Fuente propia

3. Para disminuir el peso de los elementos de madera se realizaron bastidores de pino ensamblados por medio de caja y espiga, el cual se puede ver en la figura 54, se les colocó una capa de triplay de pino de 6mm en la parte superior, se añadió una moldura de madera obtenida de pedacería de tablas de pino de 5mm de grosor la cual se colocó en el contorno del bastidor con el fin estético de unificar las piezas.



FIGURA 54. Bastidor de pino

4. Se redondearon las aristas del elemento superior de madera.
5. Para la disminución del peso en la estructura se modificaron las varillas intermedias, colocándolas únicamente en las esquinas, esto disminuyó la cantidad de material utilizado, como se puede observar en la figura 55.



FIGURA 55. Detalle de estructura

6. Se realizaron pruebas de unión entre los elementos de madera y la estructura metálica para eliminar el uso de abrazaderas. Primero se realizaron sujeciones con madera las cuales respetaban la forma triangular del marco como se muestra en la figura 56, teniendo un canal intermedio para colocar la varilla y como segunda opción se realizaron barrenos para colocar alambre recocado doblado, el cual se colocó inicialmente sujetando tanto el bastidor como el triplay, como se puede apreciar en la figura 57, posteriormente se añadió únicamente sujetando el bastidor y después se fijó el triplay para ocultar los amarres, como se puede observar en la figura 58.

Otra opción fue la colocación de esquinas de lámina unidas por medio de soldadura en parte superior e inferior, las cuales se barrenaron para la colocación de tornillos como método de sujeción entre los elementos, con la colocación de esta lámina se suprimen las varillas intermedias, disminuyendo el peso.

7. Teniendo en consideración que al implementar la primera opción con elementos de madera, implica mayor número de procesos para su manufactura, lo cual incrementa el gasto energético, así como la cantidad de material y el peso. La segunda propuesta de unión mediante alambre recocido calibre 16 permite aprovechar una mayor cantidad de material recuperado en el diseño, reducir el consumo energético y simplificar los procesos de manufactura así como el tiempo de fabricación.



FIGURA 56. Sujeción con madera



FIGURA 57. Sujeción con alambre 1



FIGURA 58. Sujeción con alambre 2

8. Se realizaron pruebas con diferentes materiales para cambiar el recubrimiento de tela, pensando en el aspecto ambiental y estético, de las cuales se seleccionaron 3 propuestas para su comparación y selección.

- Propuesta de recubrimiento A.

Material: malla sombra (plástico con fibra de vidrio)

Proceso: se realizó un diseño de trama, mediante calor o vapor para lograr un contraste de tonalidad dependiendo del número de capas de material sobrepuesto.

Se le añadió velcro en los dos extremos de sujeción del material con la estructura metálica, haciendo uso de máquinas de coser rectas marca Brother, para sujetar la envolvente con la estructura se le aplicó calor en las pestañas para unir el material.



FIGURA 59. Propuesta de recubrimiento A

- Propuesta de recubrimiento B

Material: Tacto piel

Proceso: una vez que se obtuvo el molde se sujetó a la estructura metálica con velcro en los dos extremos de sujeción, y en las aristas de la base con adhesivo instantáneo Loctite 495 transparente especial para este tipo de material.



FIGURA 60. Propuesta de recubrimiento B

- Propuesta de recubrimiento C

Material: cordón vinil de plástico reciclado

Proceso: la colocación de este material no genera un gasto energético y el impacto del material disminuye, su aplicación es totalmente manual y se va generando por capas, existen varios tipos de tejidos en este material pero debido a la geometría de la estructura se optó por una trama horizontal.



FIGURA 61. Propuesta de recubrimiento C

Una vez realizadas las opciones de recubrimiento se invitó a las personas participantes en la muestra de los capítulos anteriores, al igual que a los especialistas en el área de diseño sostenible a realizar una matriz de selección y comentarios acerca de las propuestas para así poder seleccionar la opción para el prototipo final, siendo la alternativa C la más aceptada por un 55% de la muestra, la alternativa B obtuvo un 10% y la alternativa A un 35%.

Una vez analizadas cada una de las alternativas para las mejoras del producto, se seleccionó la más adecuada, no obstante que la experiencia, intuición y juicio son ingredientes predominantes en las decisiones, se tomó como base para la selección el método Fuzzy Logic que sirve como una guía o apoyo a la toma de decisiones. Esta técnica se fundamenta en seleccionar alternativas valorándolas según el grado de cumplimiento de diferentes requerimientos, mediante el empleo de calificadores. Este método de selección permite resolver conflictos que puedan existir entre distintos requerimientos, pero este método no está pensado para resolver conflictos entre perspectivas [77].

A manera de resumen se presenta en la tabla 23 los requerimientos o factores que se consideraron dentro del trabajo de investigación como fundamentales para su consideración en el diseño.

TABLA 24. Selección de alternativa. Fuente propia

ALTERNATIVAS	Requerimientos			
	% de materiales recuperados de RC&D	Estilo industrial urbano	Mercado (dimensiones, costos, gustos del usuario)	Estrategias de eco diseño
Soporte inferior				
1. Contreras de goma	*	*	**	*
2. Rondanas	***	***	**	**
Elementos de madera				
1. Bastidor + triplay	***	**	***	***
2. Ensamble de piezas de madera	***	**	*	*
Estructura				
1. Varillas intermedias	***	***	**	*
2. Uso de lámina como tensores y unión	***	***	***	**
Unión de elementos				
1. Abrazaderas de madera	**	*	*	*
2. Sujeción con alambre recocido	***	***	*	***
3. Unión por medio de lámina y tornillos	**	***	***	***
Envolvente				
1. Malla sombra	***	***	**	***
2. Tacto piel	*	*	*	*
3. Cordón vinil	*	*	***	**
Acabado				
[1] Aceite de linaza	*	*	**	***
[2] Cera natural	*	***	***	***

*baja puntuación **media puntuación *** Alta puntuación

Las casillas resaltadas engloban las alternativas seleccionadas para la fabricación del prototipo final, seleccionando como soporte inferior rondanas de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, para los

elementos de madera se optó por el uso de un bastidor de duela con una cubierta de triplay de 6mm de grosor, con un acabado de cera natural, en cuanto a la estructura se utilizaran elementos de lámina calibre 16 como tensores y elementos de unión, la envolvente se realizara con malla sombra de fibra de vidrio.

5.2 COMPARATIVA DE ASPECTOS AMBIENTALES

Para complementar la comparativa del capítulo 4.1 Aspectos ambientales, se realizó al prototipo 2 de igual manera la evaluación de estrategias respetando la puntuación antes planteada, la tabla 24 se estructura con una columna que define los criterios de sostenibilidad y una columna de puntuación que ha surgido de la discusión y valoración consensuada como se mencionó en el capítulo anterior.

Escala de puntuación:

- (0) Alto impacto negativo
- (1) Mediano impacto negativo
- (2) Mínimo impacto negativo
- (3) Ningún impacto
- (4) Mínimo impacto positivo
- (5) Mediano impacto positivo
- (6) Alto impacto positivo

La tabla 24, muestra las estrategias en donde la puntuación del prototipo 2 aumentó debido a las modificaciones realizadas, concluyendo que el nuevo prototipo contribuye de mejor manera a la conservación del medio ambiente, cumpliendo con los objetivos del eco diseño, metodología planteada para la realización del mobiliario.

TABLA 25. Comparativa entre la evaluación de estrategias del prototipo 1 y prototipo2.

A	Nivel componentes del producto	Puntuación	
1	Selección de materiales de bajo impacto	P.1	P.2
	Nivel de uso de materiales limpios	6	6
	Nivel de uso de materiales renovables	5	6
	Menor contenido energético de los materiales	6	6
	Nivel de incorporación de materiales reciclados	5	6
2	Reducción de uso de materiales		
	Reducción en peso del producto	4	6
	Reducción en volumen a transportar	4	4
	Valor por estrategia	30	34
B	Nivel estructura de producto		
3	Técnicas para optimizar la producción		
	Técnicas alternativas de producción más limpia	2	6
	Menor cantidad de pasos de la producción	5	6
	Menor consumo energético al fabricar	5	5
	Energía más limpia al fabricar	5	6
	Menos insumos y/o consumibles más limpios	6	6
C	Nivel sistema producto		

6	Optimización vida útil		
	Nivel de confiabilidad	5	6
	Fácil mantenimiento y reparación	5	6
	Estructura modular del producto	6	6
	Calidad estética del producto	4	6
	Fuerte relación usuario producto	4	5
7	Optimización del sistema de fin de vida		
	Reúso del producto	6	6
	Re fabricación	6	6
	Reciclado de materiales	6	6
	Fácil armado/ desarmado	5	5
	% de materiales que se pueden recuperar	5	5
	Incineración segura	3	5
	Valor por estrategia	55	62
D	@Nivel de desarrollo de un nuevo producto		
8	Caracterización del nuevo concepto	5	6
	Desmaterialización	3	6
	Uso compartido del producto	5	6
	Integración de funciones	6	6
	Optimización de productos y sus componentes	5	6
	Valoración por estrategia	24	30
	Valoración total del nivel de sostenibilidad (ns)	132	155

La figura 49 muestra las estrategias en donde la puntuación del prototipo 2 aumentó debido a las modificaciones realizadas, concluyendo que el nuevo prototipo contribuye en mayor manera a la conservación del medio ambiente, cumpliendo con los objetivos del eco diseño, metodología planteada para la realización del mobiliario.

@ Desarrollo de una nuevo concepto

8. Caracterización del nuevo concepto

- Desmaterialización
- Uso compartido del producto
- Integración de funciones
- Optimización de producto y componentes

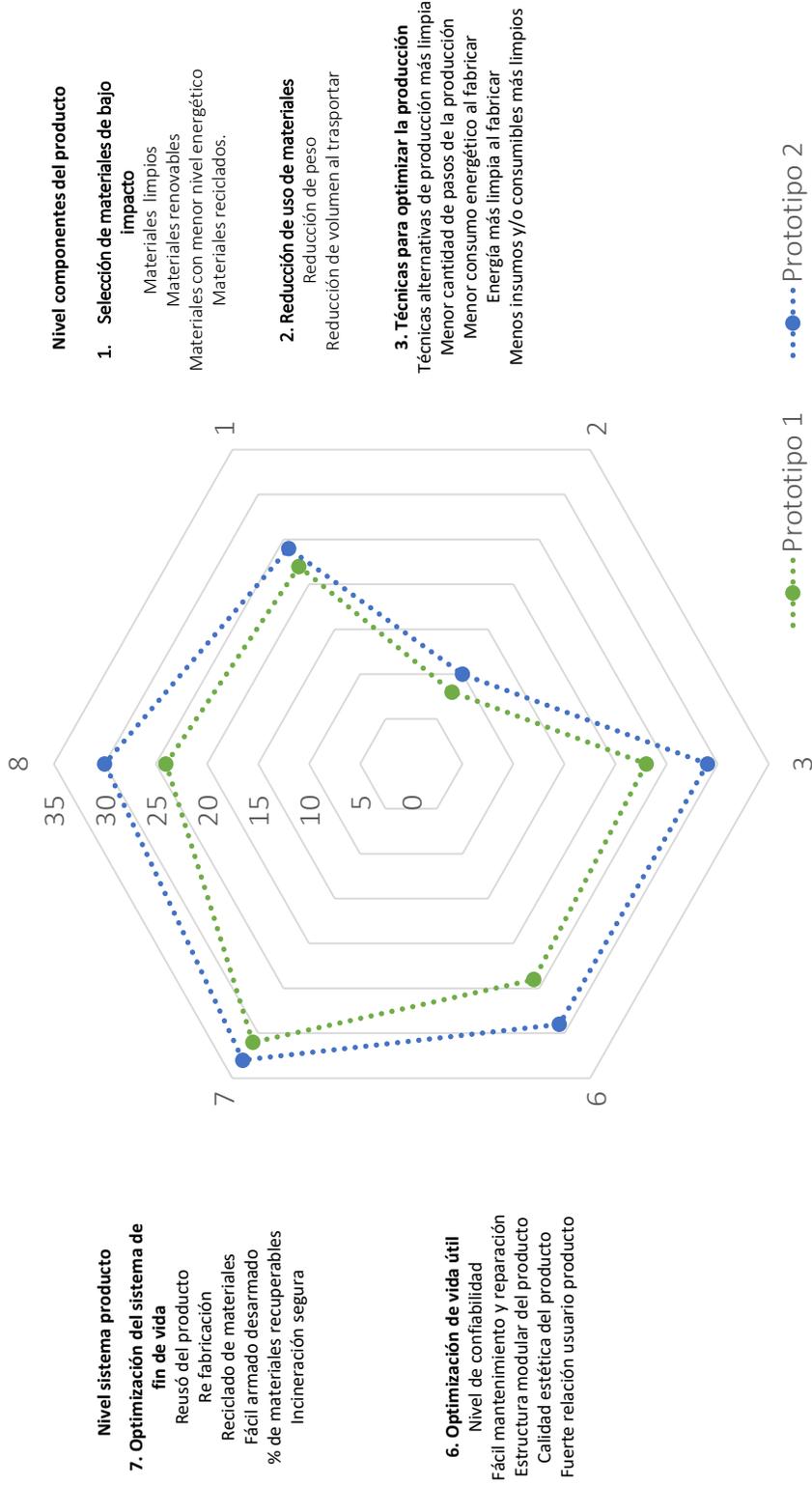


Figura 49. Representación gráfica Rueda de LIDS comparativa prototipo 1 prototipo 2.

5.3 COMPARATIVA DE IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental se define como la alteración favorable o desfavorable que experimenta el ambiente como resultado de la actividad humana o de la naturaleza; el estudio del impacto ambiental es una actividad diseñada para identificar y predecir la modificación de los componentes biológicos, geológicos y físicos del ambiente para interpretar y comunicar información acerca de los impactos, así como la forma de atenuar o minimizar los adversos. Estos estudios son una herramienta para la selección de las alternativas de un proyecto, ofreciendo los mayores beneficios tanto en el aspecto socioeconómico como en el ambiental [71].

En la actualidad existe un interés cada vez mayor de parte de los usuarios y fabricantes, con relación a los aspectos ambientales y a los impactos generados por los productos. Sin embargo, desde 1970, cuando surge la metodología de Eco diseño siguen existiendo barreras para su implementación como dificultades en la comprensión por parte de los usuarios, ausencia de la percepción de los impactos del producto por parte de los productores, falta de estudios ambientales, etc. [73] de ahí la importancia de generar estudios de impacto ambiental.

Para la realización del presente análisis se utilizó la metodología CML (Life Cycle Management) elaborada por el Instituto de Ciencias Medioambientales de la Universidad de Leiden en los Países Bajos (1992), es la metodología más utilizada y que suele considerarse más completa; siendo este un método para evaluar cuantitativamente el impacto medioambiental de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas, pasando por la producción, la distribución, la utilización, la eliminación y el reciclaje del mismo [1], el cual consiste en un método de efectos intermedios, está enfocado en una serie de emisiones al medio ambiente o de uso de los recursos, dichas categorías de impacto se agrupan en categorías de impacto obligatorio, adicional y otras.

La caracterización para este método, depende de los factores de impacto ambiental que se evalúa en cada caso específico de producto o proyecto, generando un inventario de entradas y salidas para el ciclo de vida del producto seleccionado, lo cual permite evaluar las distintas

cargas ambientales sistemáticamente por medio de pasos considerados en el Ciclo de Vida [73], para el análisis final de los datos, procedimiento que se describe a continuación.

Para la realización de esta comparativa se tomó el diseño del prototipo 1, considerando su fabricación con materia prima nueva, materia prima reciclada y el diseño del prototipo 2 con materia prima reciclada. Esto con el fin de generar una conciencia entre el impacto que se genera con mínimas modificaciones al diseño.

Para el desarrollo de esta evaluación es importante considerar la región de fabricación, ya que su elección determina los recursos energéticos, las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del Ciclo de Vida del producto. También se debe considerar la región pensada para su utilización, para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, así como para calcular los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización.

Tomando como base el Capítulo 3 apartado 3.5 Proceso de fabricación del prototipo, se analizaron y determinaron los procesos de manufactura de los cuales se obtuvo el cálculo de energía utilizada para la realización de cada pieza, un ejemplo de este cálculo se muestra en la tabla 25 desde el desglose de herramientas y energía consumida, obteniendo un total que se divide entre el tiempo de fabricación de cada elemento.

TABLA 26. Ejemplo de cálculo de energía consumida en la fabricación por piezas

Pieza	Taladro 600 w/h	Sierra 1500 w/h	Caladora 500 w/h	Lijadora 450 w/h	Cepillo 700 w/h	Router manual 15 w/h	Pistola compresor 1575 w/h	Esmeril 750 w/h	Inglete 90 w/h	Soldadura 3000 w/h	Total kW/h
A	•	•	•	•	•	•	•				267
B	•	•	•	•	•	•	•				260
C							•	•	•	•	270

*Para el cálculo de energía consumida se consideró una corriente de energía estable, sin tomar en cuenta los picos de voltaje.

Un ejemplo del cálculo de energía consumida durante el proceso de fabricación del módulo se describe a continuación:

La unión de elementos de madera con estructura metálica es por medio de tornillos Homepak de cabeza plana, colocando 3 tornillos en las esquinas de la estructura por cada pieza de madera, para este proceso se empleó un taladro de la marca Bosch de 18 volts el cual consume 600 watts por hora.

Colocación de 6 tornillos

Tiempo de uso de herramienta 4 a 5 minutos

$600 \text{ watts} / 60 \text{ min} = 10 \text{ watts} \times \text{min}$

$10 \text{ watts} \times 5 \text{ min} = 50 \text{ watts}$

Para el transporte de la materia prima se consideró el recorrido desde el sitio de la obra (zona centro Calle Bravo Huajuapán) hasta la Universidad Tecnológica de la Mixteca (Acatlilma) como punto de trabajo, teniendo un trayecto de 3.4 km. Con una duración de vida útil de 10 años y se propone un reciclado del 98% al fin de su vida útil ya que los elementos pueden ser separados y canalizados a su correcto reciclaje y un 2% desechado.

Tomando en cuenta todos estos parámetros se continuó con la generación del análisis de impacto ambiental haciendo uso de software como: *SOLIDWORKS SOSTENIBILIDAD*®, *OPEN LCA*®.

Comparativa de análisis.

Una vez recopilados los datos preliminares a la fabricación de los prototipos mostrados en los capítulos anteriores, se realizó el análisis de cada propuesta aplicando factores de conversión de la unidad de medida original de las fuentes de energía a dióxido de carbono, dióxido de azufre, fosfato equivalente o nitrógeno equivalente al igual que los kW por hora a mega julios ($1 \text{ MJ} = 277 \text{ W/h}$) [75] en cada uno de los casos presentados, prototipo 1 materia prima nueva, prototipo 1 materia prima reciclada y prototipo 2 materia prima reciclada, con estos resultados se elaboró una comparativa entre cada uno de los indicadores contemplados, los cuales se muestran en las siguientes figuras, según el tipo de análisis, anexando una breve explicación de cada uno de estos indicadores de impacto ambiental.

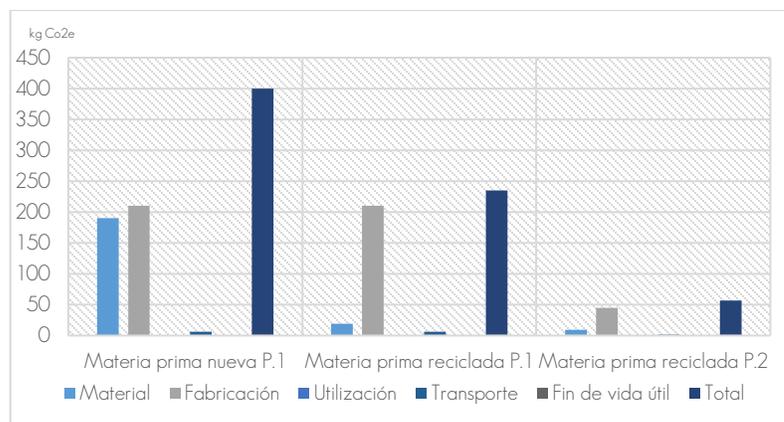


FIGURA 63. Huella de carbono (kg Co2e)

La huella de carbono es el resultado del dióxido de carbono y otros gases que se generan por la combustión, los cuales se acumulan en la atmósfera, lo que produce un incremento en la temperatura de la Tierra [60]. La huella de carbono es un indicador de un factor de impacto global conocido como calentamiento global (GWP). El calentamiento global es el responsable, entre otros, de problemas como la desaparición de glaciares, extinción de especies y la aparición del cambio climático [60]. La calculadora de huellas de carbono convierte la unidad de medida original de las fuentes de energía, viajes y residuos, como por ejemplo kW/h o millas, en toneladas de CO₂ por año aplicando factores de conversión de emisiones. La calculadora utiliza los datos de energía, viajes y residuos del registro de energía, del registro de recorrido y del registro de residuos [74]. Como se puede observar en la figura 63, al utilizar material prima nueva en la elaboración del prototipo 1 se obtiene un total de 400 kilogramos de dióxido de carbono (kg Co2e), siendo esta opción, la que contamina en un grado mayor, generando excesiva producción de gases los cuales son liberados a la atmosfera, al modificar la materia prima nueva por elementos reciclados este factor disminuye 210 kg Co2e y realizando las mejoras al prototipo además de utilizar elementos reciclados para su fabricación, se logra la disminución de 400 kg Co2e, por lo tanto al obtener los resultados de esta evaluación, se puede concluir que esta alternativa contribuye a la disminución del calentamiento global en la fabricación del mobiliario.

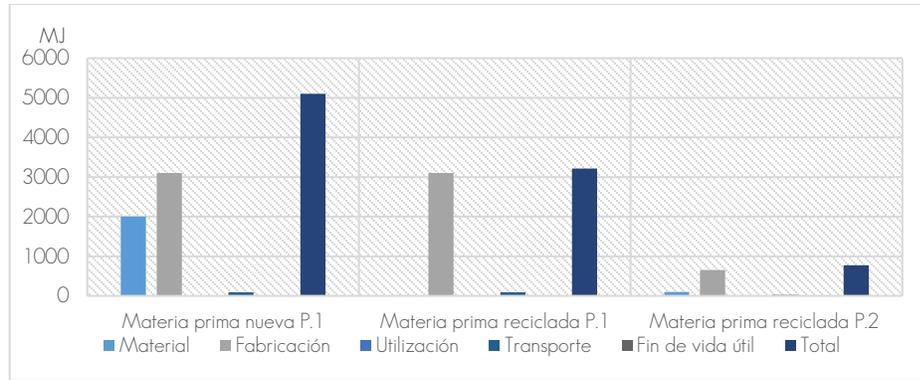


FIGURA 64. Energía total consumida (MJ)

La energía total consumida es una medida expresada en mega julios (MJ) que se considera de las fuentes de energía no renovables asociadas con el ciclo de vida del producto. No solo incluye electricidad y combustibles utilizados durante el ciclo de vida, sino también la energía necesaria para obtener y procesar dichos combustibles y la energía incorporada en los materiales. La energía total consumida se expresa como el valor calorífico neto de la demanda de energía obtenida a partir de recursos no renovables (petróleo, gas natural, etc.) se tiene en cuenta además, las eficiencias obtenidas al convertir la energía (electricidad, calor, vapor etc.) [60].

En la figura 64 se aprecia que la alternativa 1 genera un consumo de 5000 MJ, esta cantidad es equivalente al consumo energético aproximado de una familia de 4 integrantes durante un año, la alternativa 2 la cual consta de la elaboración del prototipo 1 con materia prima reciclada, genera una disminución de la energía consumida a 3000 MJ, siendo la alternativa 3 la que consume menor cantidad de energía durante el ciclo de vida del producto generando un total de 800 MJ, reduciendo hasta un 84% el consumo de energía en comparación con la alternativa 1.

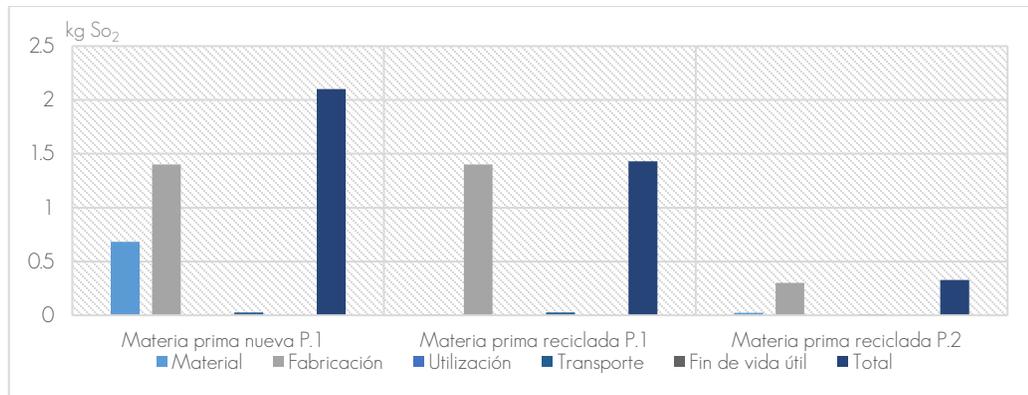


FIGURA 65. Acidificación atmosférica

Las emisiones ácidas como el dióxido de azufre y el óxido de nitrógeno, incrementan la acidez del agua de lluvia, a su vez, acidifican suelos y lagos. Estos ácidos contaminan la tierra y el agua, siendo tóxicos para la flora y fauna acuática. La lluvia ácida también puede disolver lentamente materiales fabricados por el hombre, como el concreto. Además de provocar efectos dañinos en la salud de los humanos como: Opacamiento de la córnea (queratitis), dificultad para respirar, inflamación de los órganos respiratorios e irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas; alteraciones psíquicas; edema pulmonar; bronquitis, paro cardíaco y colapso circulatorio. Normalmente este impacto medioambiental se mide en unidades de kg equivalentes de dióxido de azufre (SO_2) [60]. Una vez que se recopilieron los datos de cada una de las propuestas se aplicaron los factores de conversión de emisiones de dióxido de azufre, teniendo como resultado la disminución de emisiones ácidas en un 85% entre el uso de materia prima nueva y la implementación de materia prima reciclada además de mejoras en el diseño y los procesos de fabricación.

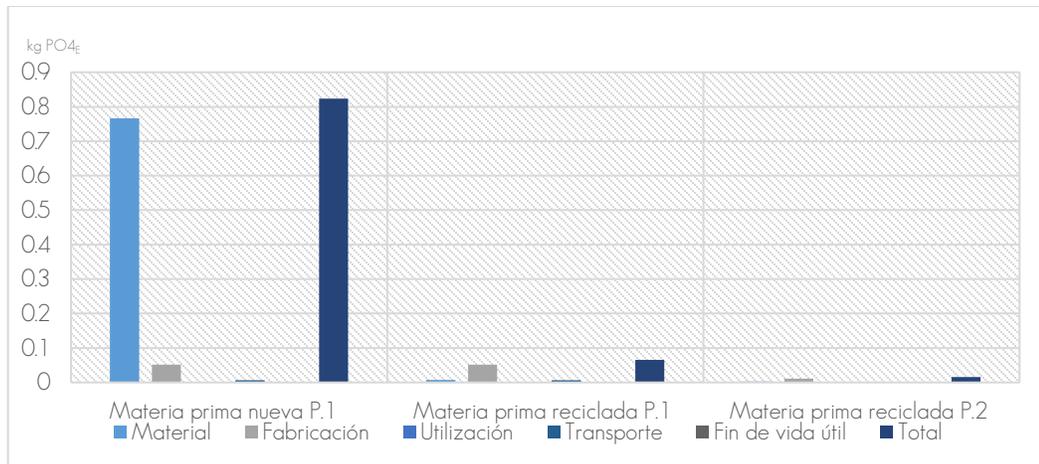


FIGURA 66. Eutrofización del agua (kg PO4E)

La eutrofización del agua se produce al agregar un exceso de nutrientes en un ecosistema acuático [60]. El nitrógeno y fósforo de aguas residuales y fertilizantes agrícolas generan una abundancia de algas que agota el oxígeno y aniquila la flora y fauna. Este impacto ambiental se mide en fosfato equivalente a kg (PO_4) o en nitrógeno equivalente (N) [60]. Como se puede apreciar en la figura 66 la implementación de material prima reciclada y la realización de mejoras en el proceso de fabricación del módulo, reducen un 98 % la eutrofización del agua en comparación con la fabricación del prototipo 1 elaborado a partir de materia prima nueva, lo cual contribuye en gran manera a la conservación de ecosistemas acuáticos y fuentes de agua.

El análisis mostrado anteriormente permite observar que con solo cambiar el tipo de material en la propuesta por un material reciclado, el impacto ambiental generado en la huella de carbono, energía consumida y acidificación atmosférica se redujo aproximadamente un 60% y en eutrofización del agua hasta en un 92% y al modificar la materia prima nueva por materia prima reciclada y mejorar los procesos de fabricación, el impacto ambiental generado en la huella de carbono, energía consumida y acidificación atmosférica se redujo aproximadamente un 85%, y en eutrofización del agua hasta en un 98% esto se ve reflejado en un beneficio en cuanto a la manufactura, disminución de costos y la disminución de la contaminación generada.

CONCLUSIÓN

El proyecto de tesis permitió llevar a cabo un ejercicio para el desarrollo de alternativas en los procesos de eliminación de remanentes en el ámbito de la construcción civil, a través de una alternativa de solución a problemas sociales por medio del diseño de muebles.

Se estructuró un método de recuperación de residuos de la construcción y demolición, elaborado a partir de la experiencia en obra, tomando como base el Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición de la CMIC.

Se propusieron dos etapas para el manejo de los RC&D, dentro de obra y fuera de obra, partiendo de la idea de integrar este método a una simbiosis industrial como proceso para ser partícipe la industria y la comunidad en conjunto para minorar los residuos y desechos de este sector al mínimo posible.

Se realizó la recolección y separación de remanentes de construcción (orgánica y metálica), contribuyendo a la correcta separación y tratamiento de los RCD disminuyendo los diversos problemas ambientales y de imagen urbana que convergen en problemas para la salud humana, a una escala menor a nivel de calles en la zona centro de Huajuapán de León Oaxaca, disminuyendo la cantidad de residuos destinados para el vertedero.

Se integró y aplicó un proceso metodológico con el objetivo de darle un seguimiento ordenado y racional al proceso de investigación para obtener un resultado sustentado, se aplicó un proceso metodológico como parte del desarrollo del producto durante la investigación y conceptualización de la fase creativa, para la generación de un mobiliario que cumpliera con criterios de versatilidad, estabilidad, movilidad, antropometría, etc. tomando en cuenta las estrategias y objetivos del eco diseño en cada una de las etapas para la generación de la propuesta.

Fueron diseñadas tres propuestas conceptuales para proporcionar solución a las necesidades del usuario y contribuir con la disminución de los residuos.

Se seleccionó la propuesta de diseño denominada propuesta A-2. Esta decisión se basó en la puntuación alcanzada durante la evaluación de requerimientos de diseño, siendo la propuesta

que cumplió con un mayor número de ellos y con mejor puntuación. Esta alternativa cuenta con el mayor porcentaje de materiales recuperados de los RC&D, toma en cuenta las características del estilo industrial urbano, cumple con exigencias del mercado, como dimensiones, costos y gustos del usuario y contempla un mayor número de estrategias de eco diseño durante su concepción.

Su elaboración consiste en la implementación del menor número de ensamblajes y procesos de unión posibles, los acabados que se aplican en las piezas de material orgánico son naturales, los cuales permiten apreciar las imperfecciones de los materiales obtenidos a partir de los procesos para los que anteriormente fueron utilizados.

Se construyó el prototipo de la propuesta A- 2 para verificar la viabilidad de construcción y para la realización de la evaluación del modelo, tanto de requerimiento del usuario como objetivos del eco diseño.

A partir de las evaluaciones de usabilidad, simulación de análisis estático y ambiental, a las que se sometió el primer prototipo se realizaron ajustes de diseño para la realización de mejoras en los posteriores prototipos.

Se realizaron prototipos con alternativas en cuanto a procesos de fabricación, materiales, acabados, etc. Los cuales fueron sometidos a evaluaciones para definir cuál de las alternativas sería la más apropiada para la realización del prototipo final.

Se realizó un análisis de impacto ambiental cuantitativo al prototipo final, el cual arrojó como resultados la disminución de contaminantes, el impacto ambiental generado en la huella de carbono, energía consumida y acidificación atmosférica se redujo aproximadamente un 85%, y en eutrofización del agua hasta en un 98%. Con el diseño de este tipo de mobiliario modular utilizando como materia prima remanentes de construcción se recuperó un 12% de los residuos generados en obra menor. Por lo tanto, la reutilización de este tipo de materiales en el diseño de muebles es un sistema viable para la disminución de contaminantes en el sector de la construcción civil.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de generar una conciencia ecológica a través de distintos ámbitos, entre ellos el diseño de mobiliario o productos reutilizables o reciclados, para generar una evolución en los procesos de fabricación, volviéndose indispensable incluir el eco diseño en este ámbito, teniendo como principal objetivo mejorar el rendimiento medioambiental de los productos a lo largo de su ciclo de vida.

El mobiliario propuesto se considera como una alternativa sostenible, ya que se caracteriza por generar un desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente, un desarrollo soportable en lo ecológico, viable en lo económico y equitativo en lo social. La idea que persigue la propuesta es un crecimiento a largo plazo sin dañar el medio ambiente y los ecosistemas y sin consumir sus recursos de forma indiscriminada, logrando un desarrollo equilibrado haciendo uso eficiente de los residuos de la construcción y demolición.

Este tipo de investigación aporta referentes para concientizar a la sociedad en cuanto al uso de productos reciclados y contribuir a la minimización de residuos, mejorar procesos de manufactura, acabados, etc. La utilización de dichos materiales en esta propuesta no solo se enfoca en “causar menores daños ambientales”, sino que se observa como una transición para fortalecer valores éticos y de responsabilidad mediante una práctica responsable, por lo cual es una alternativa viable para su implementación.

REFERENCIAS

- [1] G.B. PARRA, *Ecodiseño nueva herramienta para la sustentabilidad*, 1ª. Edición. México: Editorial diseño, 2008.
- [2] J.M. Terrén, *Recuperación de materiales de construcción*, Madrid España: Editorial boletín CF+S, 2000.
- [3] Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, *Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición*, México: C.M.I.C. 2011.
- [4] A. Miura, *Diseño sustentable, más que una moda festival sustentable diseño y ecología*, Argentina España: Editorial Diario de noticias positivas, 2018.
- [5] A. Frago, *Arquitectura y sustentabilidad*, México: Editorial Fahrenheit, 2017.
- [6] A.A. Usón, *Ecodiseño y análisis de ciclo de vida*, 1ª. Edición, España: Editorial Prensas universitarias de Zaragoza, 2010.
- [7] W. MORRISON, *Las artes menores*, 2ª edición, España: Editorial Olañeta Editor, 2016.
- [8] T. VINTIMILLA, *Breve historia de la arquitectura*, 1ª edición, España: editorial Nowtilus, 2016.
- [9] M.A. JOVEL, *Ecodiseño, creación de propuesta de bolsas reutilizables y biodegradables para el desarrollo sostenible*, San Salvador centro América: Facultad de Ciencias y Humanidades: Universidad del Salvador 2012.
- [10] C. VEZZOLI, *diseño de productos ambientalmente sustentables*, 1ª edición, México: editorial diseño, 2015.
- [11] A. Faud-luke, *Manual de diseño ecológico*, 1ª edición, Barcelona: editorial Gustavo gili, 2002
- [12] S.C. Rizo, *Ecodiseño, Ingeniería del Ciclo de Vida para el Desarrollo de Productos Sostenibles*, España Valencia: Editorial de la UPV, 2008.
- [13] J. Torres, (2018, Marzo) El diseño [online]. Disponible:
<http://www.slideshare.net/aleko062008/que-es-diseo>
- [14] R. Cegesti, (2018 Marzo) Eco-diseño [online]. Disponible:
http://www.cegesti.org/ecodiseno/que_es.htm
- [15] V. Marlet. *Diseño ecológico*. Barcelona. 2005
- [16] Venemedia Comunicaciones (2018, Marzo) Mueble [online] Disponible:
<http://conceptodefinicion.de/mueble/>
- [17] M.J. Hernández, *La mexicanidad en el diseño del mueble del siglo XXI*, KEPES, 2011

- [18] M. Guadalupe, (2018 Marzo) mueble modular about español [online] Disponible: <https://www.aboutespanol.com/mueble-modular-solucion-moderna-y-personalizada-a-los-espacios-2441523>
- [19] Mmodulus, (2018, Marzo) diseño italiano fabricado en España, [online] Disponible: <http://mmodulus.com/>
- [20] Shigeru Ban Architects, (2018, Marzo), [online] Disponible: <http://www.shigerubanarchitects.com/works.html>
- [21] TEKO, (2018, Marzo) [online]. Disponible: <http://www.teko.mx/>
- [22] B. Munari, *Cómo nacen los objetos*. Tercera edición España: Editorial GG_Diseño. 1989.
- [23] San Diego RED (2018, Abril) [online]. Disponible: <http://www.sandiegored.com/es/noticias/161245/Mexico-no-recicla-mas-del-5-de-sus-desechos-UNAM>
- [24] Ciencia UNAM, (2018, Abril) DGDC Carina Martínez Q. ¿A dónde van los residuos de la construcción y la demolición? [online]. Disponible: <http://ciencia.unam.mx/leer/666/-a-donde-van-los-residuos-de-la-construccion-y-la-demolicion-7>
- [25] N. Cristina, *Planes de manejo de residuos de la construcción*. De Nava: 2003
- [26] V. Luis, *Formulación de una Propuesta de Gestión Ambiental para la Recuperación y Reciclaje de Materiales de Construcción y Demolición*. Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ciencias Ambientales Pereira 2010.
- [27] *Diagnóstico Básico de Residuos de la Construcción del Estado de México*. 2015
- [28] F. Sanz, *Eco diseño un nuevo concepto en el desarrollo de productos*. España: Universidad de la Rioja. 2004
- [29] S.A. *situación del eco diseño en el sector del mueble*. Instituto Tecnológico AIDIMA 2007
- [30] *Informe Anual Sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social*. CONEVAL. SEDESOL 2016
- [31] W. Contreras, *La rueda de la sostenibilidad, XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, Valencia, 2012
- [32] *Código de edificación de vivienda*. Segunda edición, Gobierno Federal, México 2010
- [33] J. C. Brezet, *PROMISE Handleiding voor Milieugerichte Produkt Ontwikkeling (PROMISE Manual for ecodesign)*, SdU Uitgeverij, Den Houg, Netherlands :1994.
- [34] The centre for sustainable design 2000 (2018 Junio) CFSD [online] Disponible: <http://www.cfsd.org.uk>
- [35] CEDIMA. *Diseño para el medio ambiente. Jornadas de diseño*. Madrid 1991

- [36] C. Salvador, *ECO DISEÑO ingeniería del ciclo de vida*, España: Universidad Politécnica de Valencia 2010
- [37] Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. *Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición*. México, 2014.
- [38] M. VARGAS. *Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones para su aprovechamiento, tesis de maestría*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería, 2008.
- [39] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. México, 2012.
- [40] Sistemas de Ingeniería y Control Ambiental, S.A. de C.V. *Estudio de análisis, evaluación y definición de estrategias de solución de la corriente de residuos generada por las actividades de construcción en México*. México, 2011.
- [41] M. D. Vedoya. *Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2006.
- [42] A. Aguilar, *Reciclado de materiales de construcción*. Madrid, España 2012.
- [43] Formación de Técnicos en Medio Ambiente-Edificación. *Posibilidades de los materiales reciclados de construcción*. España, 1995.
- [44] Sociedad Pública de Gestión Ambiental. *Guía metodológica para la elaboración de proyectos de demolición selectiva en la comunidad autónoma de País Vasco*. España, 2004.
- [45] L. E. SMITH *Breve historia del mueble*. Edición Serbal Barcelona España. 1980.
- [46] M. AROLA, *Historia del mueble*. Ediciones Zeus, Barcelona España. 1966.
- [47] Z. VITRA, 100 Sillas clásicas. Vitra design museum. 1997.
- [48] M. Aguilar, *Libro de reciclamiento de basura - una opción ambiental*. Editorial trillas. 2009.
- [49] Departamentos del medio ambiente, *Guías sectoriales de eco diseño - mobiliario urbano*. Bilbao: IHOBE. 2010.
- [50] S. Alfonso. *Vivienda social en altura: Tipologías urbanas y directrices de producción en Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- [51] J. Sánchez Corral, *La Vivienda "Social" en México Pasado - Presente - Futuro*. México 2012.
- [52] F. A. LOZANO. *Diseño de Cimbras de madera*. México D.F. Fundación para la enseñanza de la construcción. 1990.
- [53] Fundación Jumex Arte Contemporáneo. Andy Warhol. México DF, 2017.

- [54] C. Kyle. Constructing Instead of Consuming: DIY Furniture (2018 Abril) Hyperallergic [online] Disponible: [https://hyperallergic.com/59735/van-bo-le-mentzel/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:+hyperallergic+\(Hyperallergic\)](https://hyperallergic.com/59735/van-bo-le-mentzel/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:+hyperallergic+(Hyperallergic))
- [55] W. Wong. *Fundamentos del diseño*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1979
- [56] Education (2018, Abril) Emplames [online] Disponible: <http://colaboraeducacion.juntadeandalucia.es/educacion/colabora/documents/14784/683466/JUNTAS+Y+EMPALMES.pdf>
- [57] Cámara Nacional de la Industria del Vestido. [online] Disponible: <https://pe.fashionnetwork.com/news/Dan-a-conocer-cuanto-mide-y-cuanto-pesa-el-mexicano-promedio,233047.html#.XVGq6OhKhPY>
<https://vivirmexico.com/2012/02/confirmado-el-mexicano-promedio-es-bajo-y-obeso>
- [58] DEFINICION-ES (2019, Enero) *definición de requerimientos de diseño* [online] Disponible: <https://definicion.de>
- [59] G. Rodríguez, *Manual de diseño industrial*, México D.F. 3ª edición. Editorial UAM 63
- [60] *Manual Práctico de eco diseño*, IHOBE Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Noviembre 2000
- [61] C. Konemann, *La biblia de los materiales de arquitectura*. España. Editorial Advanced Marketing 2014
- [62] C. Rocha, *Innovation and ecodesign in the ceramic industry*, education and culture dg. Europa vol. 55 marzo 2011
- [63] J.C. Brezet, *PROMISE handleiding voor Mileugerichte Produkt Ontwikkeling*. Promise Manual for ecodesign. Netherlands. 1994
- [64] J.J. Fernández. *Manual de prácticas de CAD utilizando el programa de Solidworks*. UNAM. Edo. México 2015
- [65] S. Krug. *Rocket Surgery Made Easy*, New Riders; U.S.A. 2009
- [66] A. Calvo. *Métodos de evaluación con usuarios*. Universidad Oberta de Catalunya.
- [67] W. Contreras. *La rueda de la sostenibilidad, una referencia sistemática integrada para alcanzar productos industriales respetuosos con el medio ambiente*. En XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia. Julio 2012.
- [68] R. Vega. *Procedimiento para realizar pruebas de usabilidad*. Universidad de Ciencias Informáticas. Habana Cuba.

- [69] S. Gimeno (2019 Marzo) *Ejemplo de test Think Aloud. Torres burriel estudio* [online]
 Disponible en: <http://www.torresburriel.com/weblog/2018/04/20/ejemplo-de-test-con-usuarios/>
- [70] L. Cano. (2019 Marzo) *Factor de seguridad y esfuerzo de diseño permisible* [online]
 Disponible:
https://www.academia.edu/23012894/FACTOR_DE_SEGURIDAD_Y_ESFUERZO_DE_DISEÑO_PERMISIBLE_ESFUERZO_DE_TRABAJO
- [71] A. Vásquez, *Impacto Ambiental*, México D.F. UNAM 1994
- [72] BARE, & HOFSTETTER. *Midpoints versus Endpoints: The sacrifices and benefits. Life Cycle Impact Assessment Workshop*. Ecomed Publishers. Landsberg, Alemania, 2000
- [73] C. Vezzoli, *Diseño de productos ambientalmente sustentables*, 1ª edición, México: editorial designo, 2015.
- [74] IBM (2019 Junio) Cálculos de huella de carbono [online] Disponible:
https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSFCZ3_10.4.1/com.ibm.tri.doc/tre_measur_e/c_carbon_ftpt_calcs.html
- [75] *Plan Estatal de Manejo de Residuos de la Construcción y Demolición para el Estado de Tabasco*. SEMARNAT, Secretaría de Recursos Naturales y Protección al Ambiente SERNAPAM 2012.
- [76] N. Merino. *Simbiosis Industrial*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, 2012
- [77] Thurston y Carnahan. *Fuzzy and utility analysis in preliminary design evaluation of multiple attributes*. Journal of Mechanical design. 1992.
- [78] Survey monkey audience Desarrollo de empresas. (2019 enero) Estadística muestreo. Calculadora de muestras. [online] Disponible:
<https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- [79] Fashion Untied es. (2019 enero) Sostenibilidad en moda. [online] Disponible:
<http://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/category/novedades/>
<http://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/concurso-terma-bafweek/>
- [80] Organización Mundial de la Salud (2018 agosto) Estrategias de la Vivienda Saludable. [online] Disponible:
https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=1020-manual-educ-vs-intro&Itemid=688
- [81] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018 Agosto) Panorama demográfico de Oaxaca. [online] Disponible:
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/poblacion/>
- [82] N. Malhotra. *Investigación de mercados*. Pearson Educación. Estados Unidos, 2008

ANEXO

- Encuesta

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES

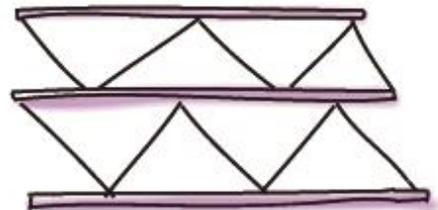
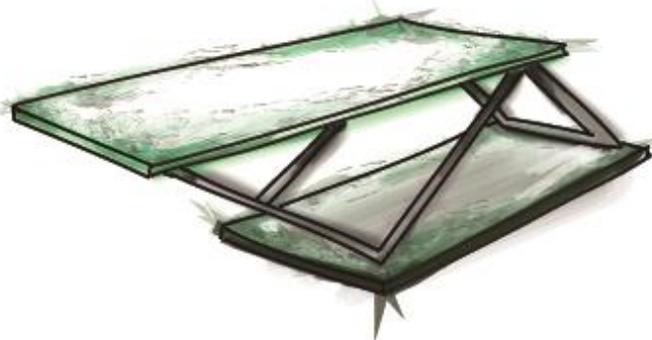
1. edad___ sexo___
2. ¿Tienes vivienda propia?
Sí No
- 1.1 si tu respuesta es NO pasa a la pregunta n°8
3. ¿Durante el último año realizó alguna actividad de construcción?
 - o Ampliación
 - o Remodelación
 - o Obra mayor
 - o Obra menor
4. ¿Quién llevó a cabo la obra?
 - o Arquitecto
 - o Ingeniero
 - o Diseñador
 - o Albañil
 - o Otro
5. ¿Al fin de dicha actividad se generaron sobrantes de material?
 - o Si
 - o No
6. Enumera del 1 al 4 qué material sobró más siendo el 4 el que más sobra y el 1 el que menos sobró.
 - o Pétreos (grava, arena, mortero, yeso, vidrios, azulejos etc.)
 - o Metálicos (lámina, varilla, tubería etc.)
 - o Orgánicos (maderas o derivados)
 - o Sintéticos (tuberías de PVC, plásticos)
7. ¿Qué hace con los sobrantes de la construcción?
 - o Venderlos
 - o Tirarlos
 - o Guardarlos
 - o Otro

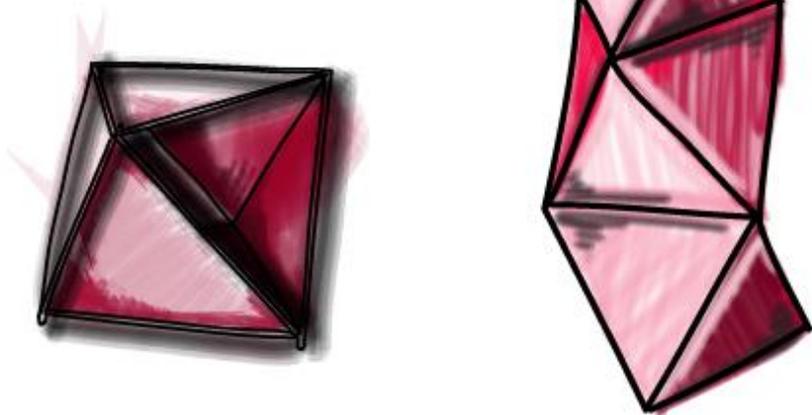
8. ¿Le interesaría realizar un intercambio o donación de los residuos por un beneficio o producto?
- Si
 - No
9. ¿Acostumbra reciclar (ropa, basura, objetos, etc.)?
- Si
 - No
10. ¿Cómo lo llevas a cabo?
11. ¿Has ocupado algún objeto elaborado con material reciclado en tu casa?
12. ¿Considera los productos reciclados de alta, media o baja calidad?
13. ¿Cómo lo adquiriste?
- Comprado
 - Elaboración propia
 - Otro
14. ¿Qué muebles consideras que son indispensables para tu hogar en las áreas de convivencia sala/comedor?
15. ¿Qué otros muebles te gustaría adquirir?
16. ¿Cuánto es lo máximo que has gastado en la compra de un mueble para estas áreas?
- Menos 1000
 - 1000 -3000
 - 3000-5000
 - 5000- 10000
 - MÁS DE 10000
17. ¿En cuánto a las características del mobiliario comercial que inconvenientes encuentras al momento de adquirirlo?
18. ¿Qué estilos de muebles conoce?
19. ¿Has adquirido algún mueble de diseñador?
- Si
 - No

- Tabla de validación

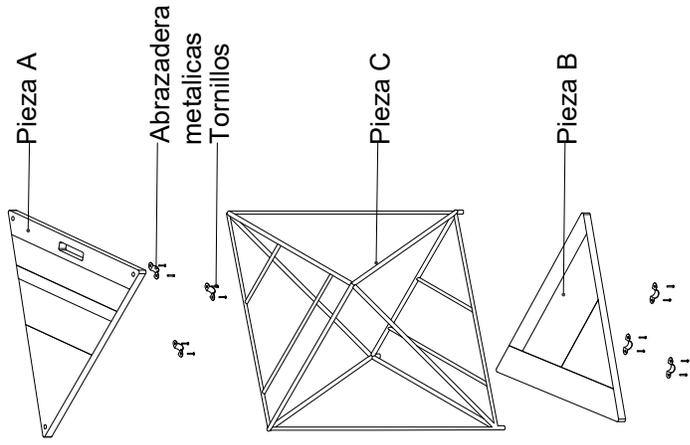
Criterios	ALTERNATIVAS					
	A-1 Banca/mesa para una persona, una vez ensambladas pueden funcionar como consola. Material: madera de pino tabla. Medidas generales:		A-2 Mesa auxiliar/ estantería Material: varilla 3/8" madera de pino, tela para tapicería. Medidas generales:		A-3 Mesa auxiliar/ asiento Material: varilla 3/8" madera de pino, tapicería. Medidas generales:	
	Anotaciones	valor	Anotaciones	valor	Anotaciones	valor
Versatilidad: Usos alternativos que se le pueden dar.		1	Me sería muy útil su versatilidad	2		1
Estabilidad: mantenerse en equilibrio, resistencia al impacto.		2		2		1
Forma: En qué grado el producto es atractivo, estético. (colores, acabados, materiales)		1	Muy agradable la forma	2	La simplicidad no se me hace atractiva	0
Movilidad: (Fácil de transportar, mover etc.)		2		2		2
Antropometría: dimensiones para su uso.		1		2		0
Innovación: Qué ofrece que otros productos en el mercado actual no.		0		2		0
Acabados: (Óptimos, burdos, finos)	Burdos	1	Finos	2	Óptimos	1
TOTAL		8		14		5

- Bocetos digitalizados

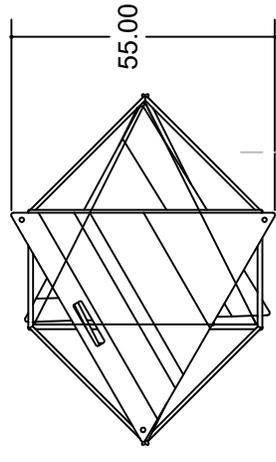




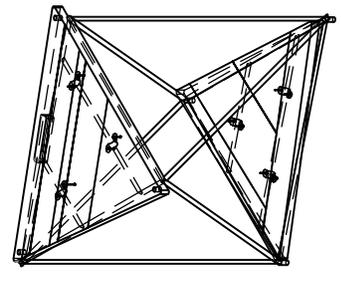
- Planos prototipo 1



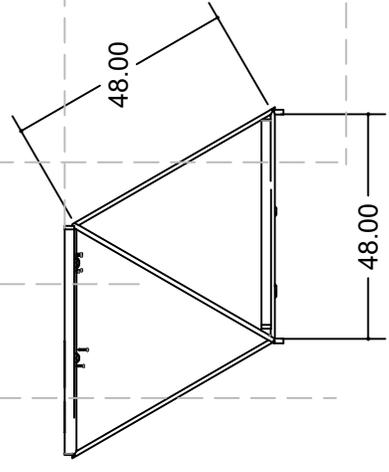
VISTA EN EXPLOSIVO



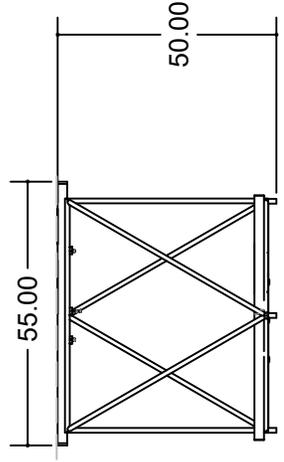
VISTA SUPERIOR



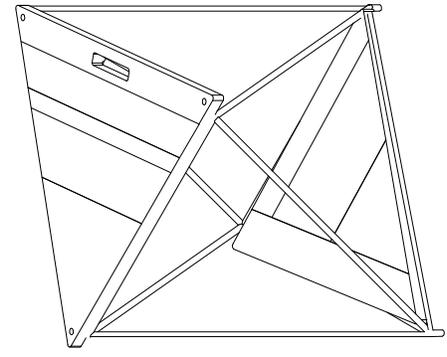
ISOMÉTRICO CON TRANSPARENCIA



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



ISOMÉTRICO

LISTADO DE MATERIALES

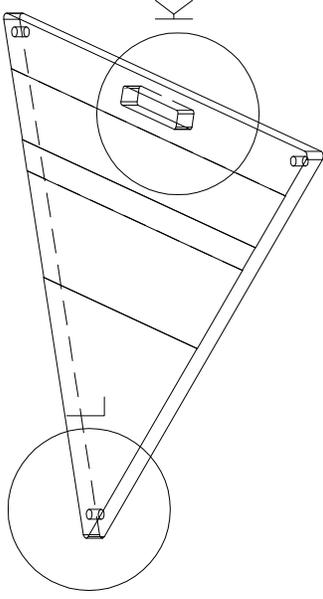
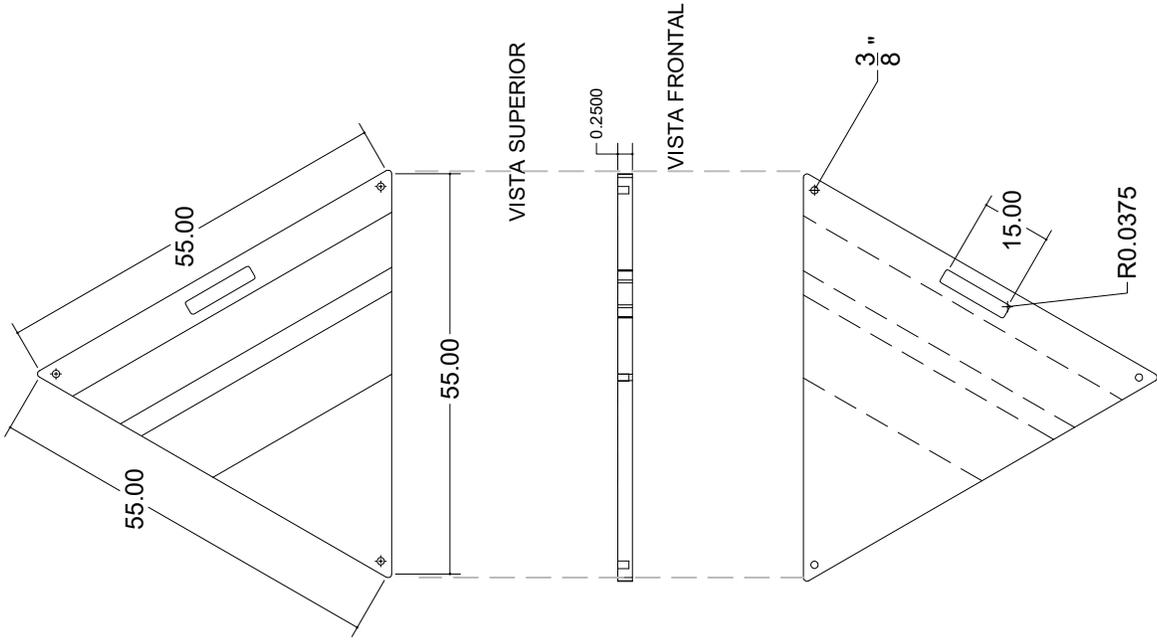
PIEZA A. Duelas de pino unidas mediante acoplamiento con galleta. acabado dos manos de aceite de linaza.

PIEZA B. Duelas de pino unidas mediante acoplamiento con galleta. acabado dos manos de aceite de linaza.

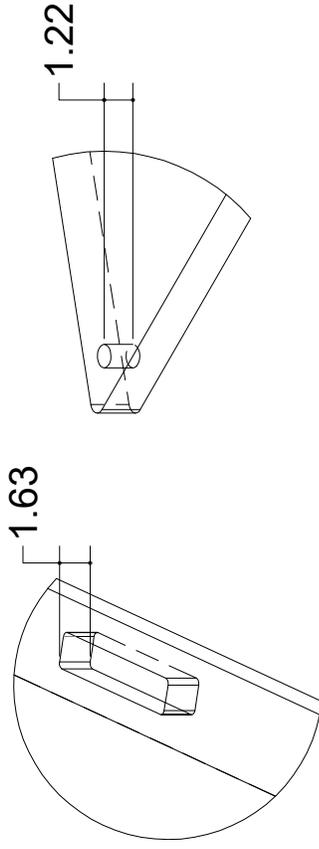
PIEZA C. Varrillas de 3^{er} unión por medio de soldadura con arco y electrodos. acabado dos manos de esmalte transparente brillante.

Recubrimiento con tela para tapicería fijada según diseño.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	Nº DE PIEZAS 1	ACOTACIÓN CM	ESCALA S/E
PROYECTO	NOMBRE DE PLANO GENERAL		Nº DE PLANO 1/4
PROTOTIPO 1. MODELO A-2			



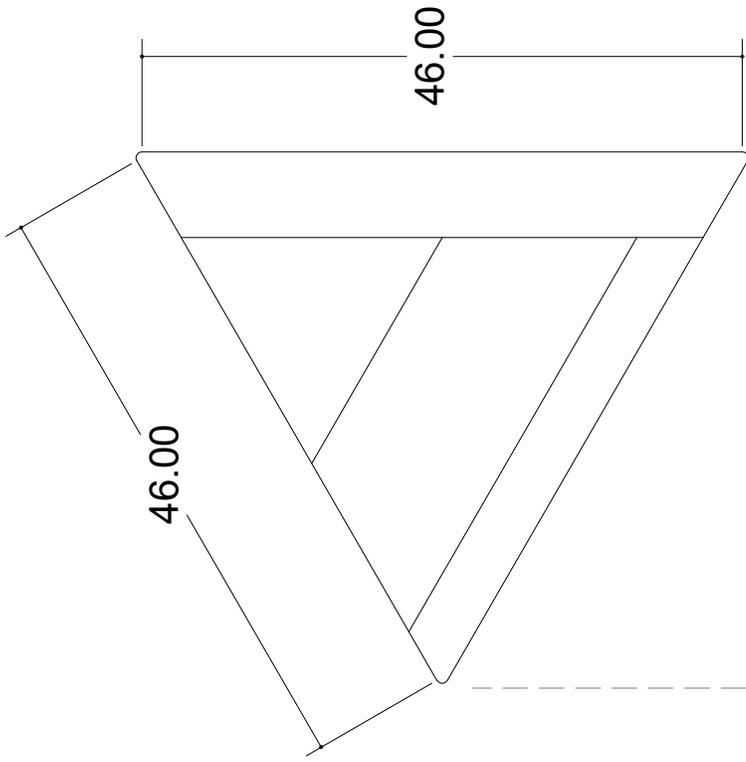
DETALLES



DETALLE K

DETALLE L

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	N° DE PIEZAS 1	ACOTACIÓN CM	ESCALA S/E
PROYECTO	NOMBRE DE PLANO PIEZA A		N° DE PLANO 2/4
PROTOTIPO 1. MODELO A-2			



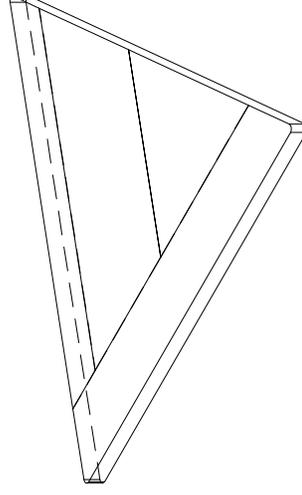
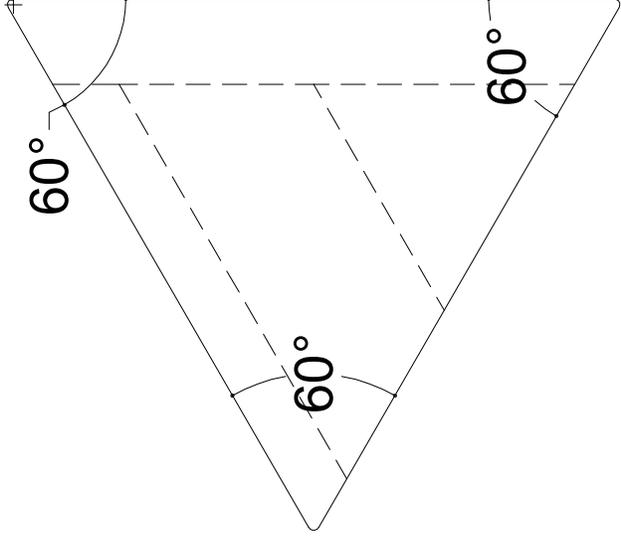
VISTA SUPERIOR

0.2500



VISTA FRONTAL

R0.0625



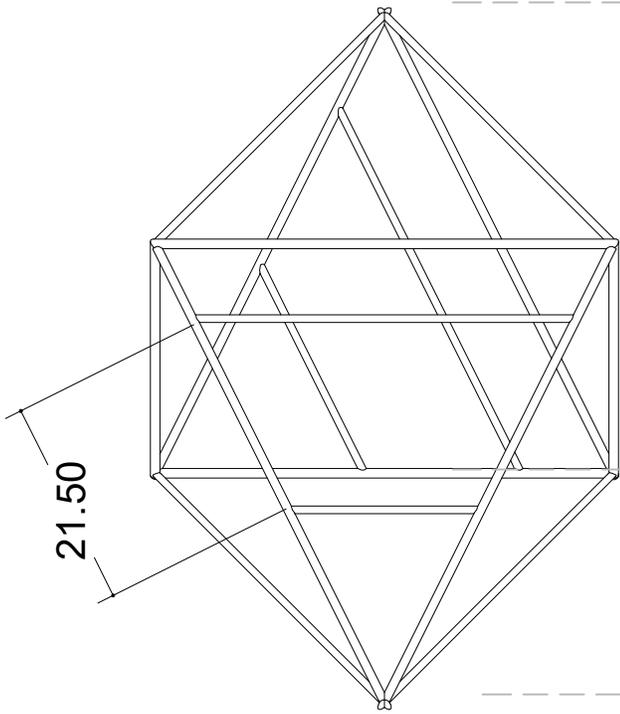
ISOMÉTRICO

ESPECIFICACIONES

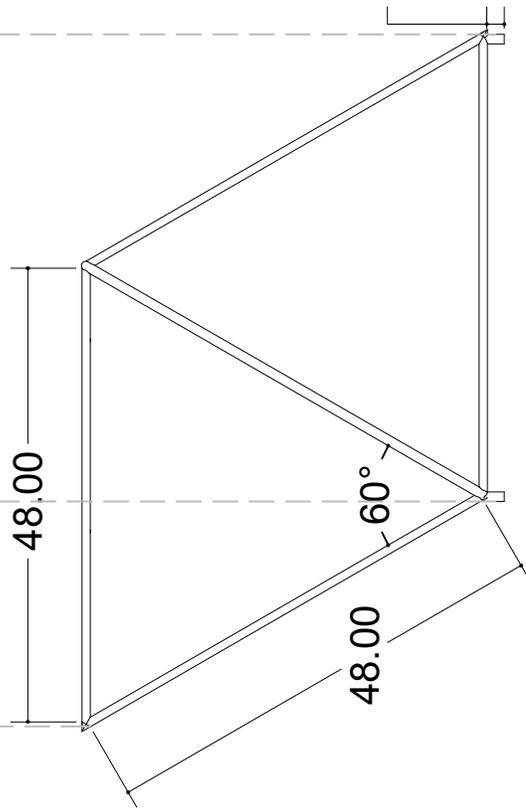
Las dimensiones entre las piezas de madera se verán condicionadas a las partes que se puedan recuperar de los elementos recolectados.

Las uniones de los elementos serán a través de acoplamientos.

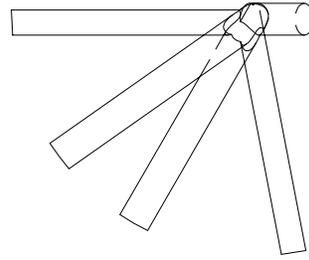
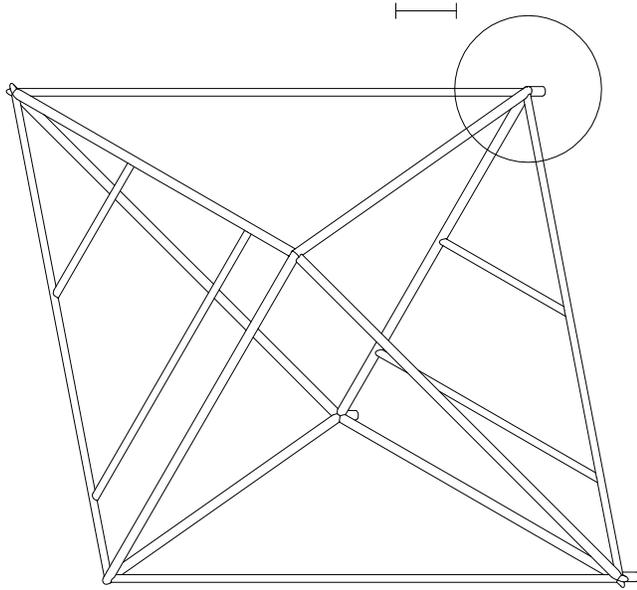
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	N° DE PIEZAS 1	ACOTACIÓN CM	ESCALA S/E
PROYECTO	NOMBRE DE PLANO PIEZA B		N° DE PLANO 3/4
PROTOTIPO 1. MODELO A-2			



VISTA SUPERIOR



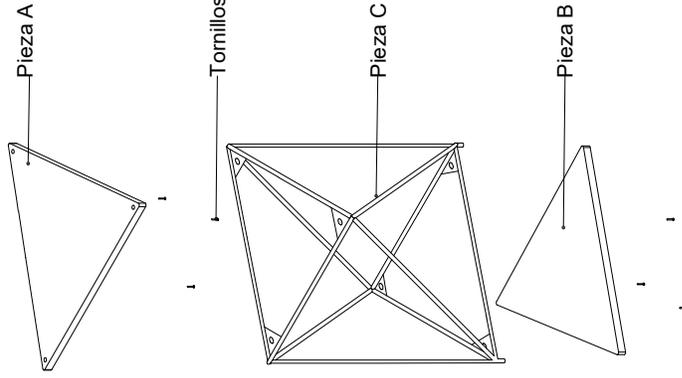
VISTA FRONTAL



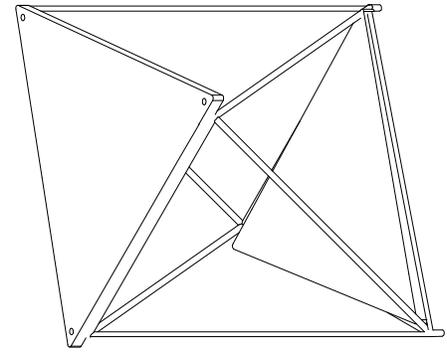
DETALLE I

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	N° DE PIEZAS 1	ACOTACIÓN CM	ESCALA S/E
PROYECTO	NOMBRE DE PLANO PIEZA A		N° DE PLANO 4/4
PROTOTIPO 1. MODELO A-2			

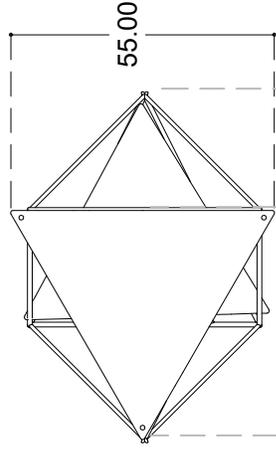
- Planos prototipo final



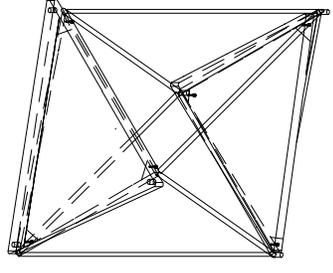
VISTA EN EXPLOSIVO



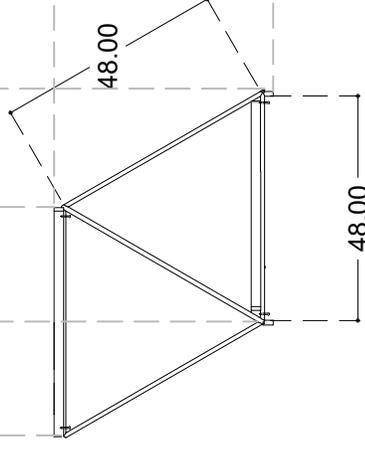
ISOMÉTRICO



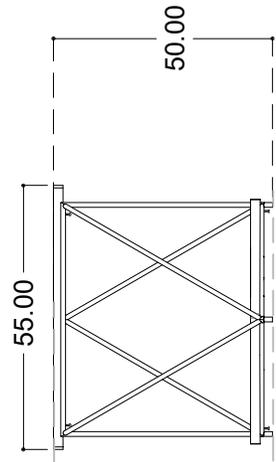
VISTA SUPERIOR



VISTA CON TRANSPARENCIA



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

LISTADO DE MATERIALES

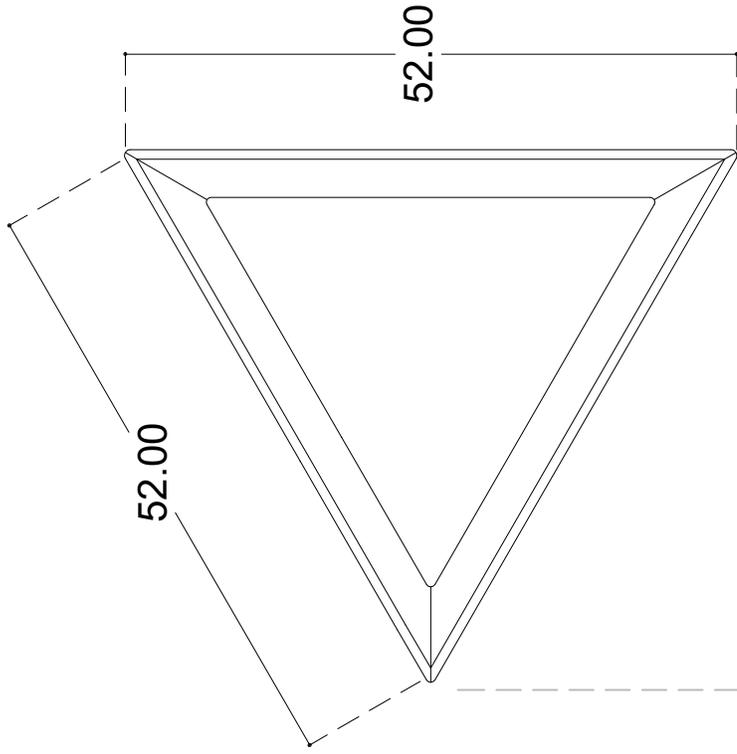
PIEZA A. Dueñas de pino unidas mediante acoplamiento con galleta. Acabado dos manos de cera sólida AD-0915.

PIEZA B. Dueñas de pino unidas mediante acoplamiento con galleta. Acabado dos manos de cera sólida AD-0915.

PIEZA C. Varrillas de 3/8" unión por medio de soldadura con arco y electrodo. Acabado dos manos de esmalte transparente brillante.

Recubrimiento con malla sombra de fibra de vidrio color negro fijada según diseño.

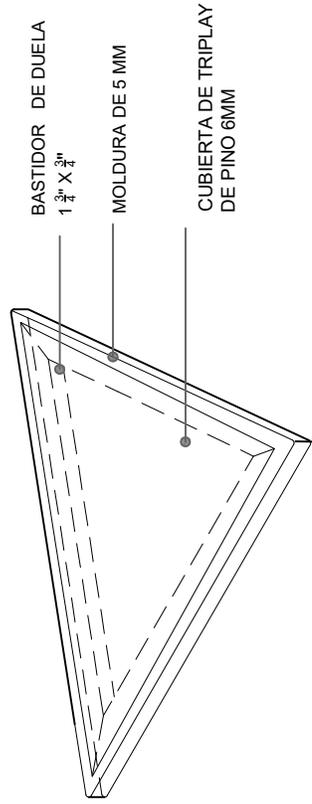
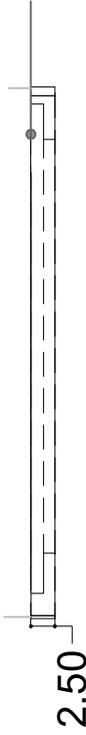
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	Nº DE PIEZAS 1	ACOTACION CM	ESCALA S/E
PROYECTO MODELO A-2	NOMBRE DE PLANO GENERAL		Nº DE PLANO 1/5



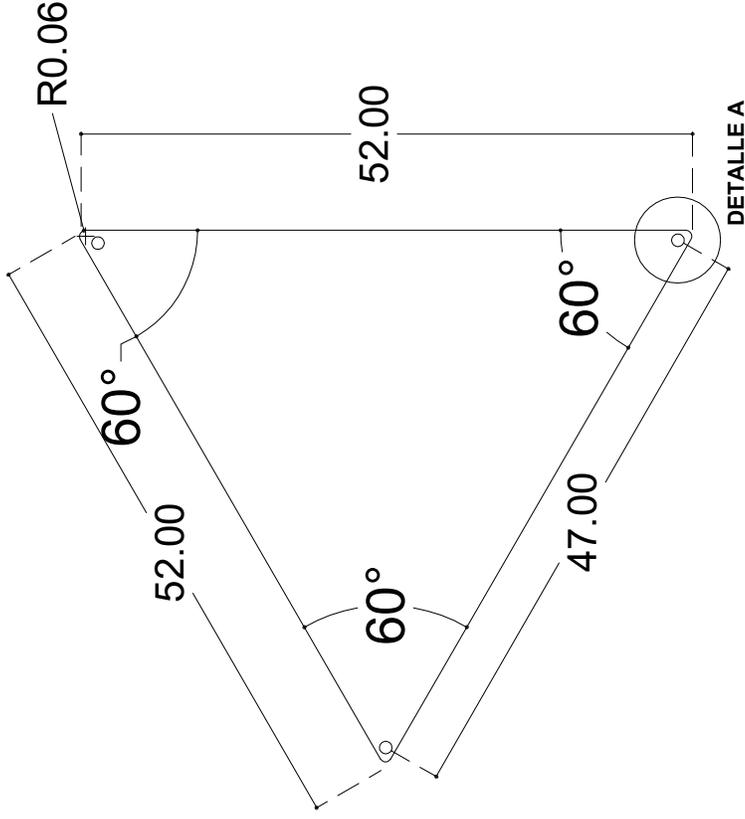
BASTIDOR. VISTA SUPERIOR

CANAL DE 6MM PROFUNDIDAD PARA RECIBIR CUBIERTA

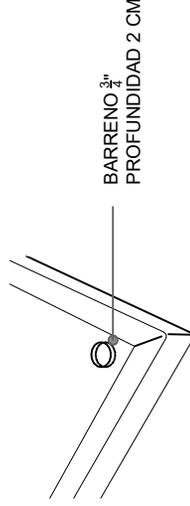
BASTIDOR. VISTA FRONTAL



ISOMÉTRICO CONJUNTO

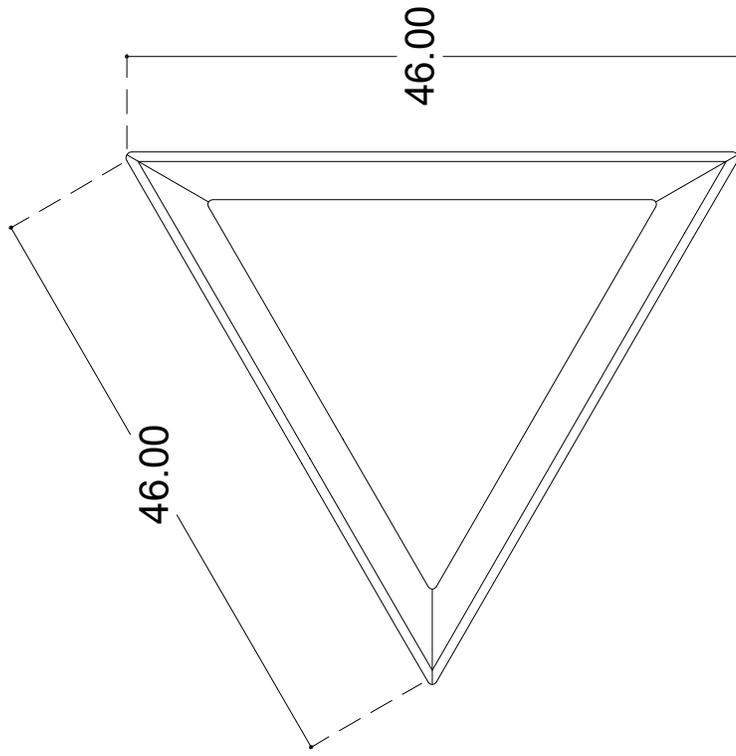


CUBIERTA. VISTA SUPERIOR



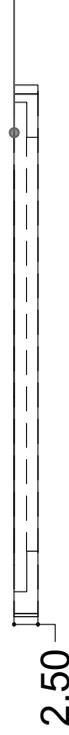
DETALLE A

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	Nº DE PIEZAS 1	ACOTACION CM	ESCALA S/E
PROYECTO	NOMBRE DE PLANO PIEZA A		Nº DE PLANO 2/5
MODELO A-2			

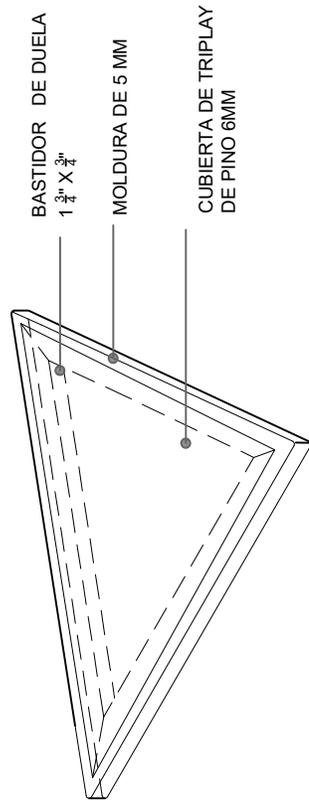


**BASTIDOR
VISTA SUPERIOR**

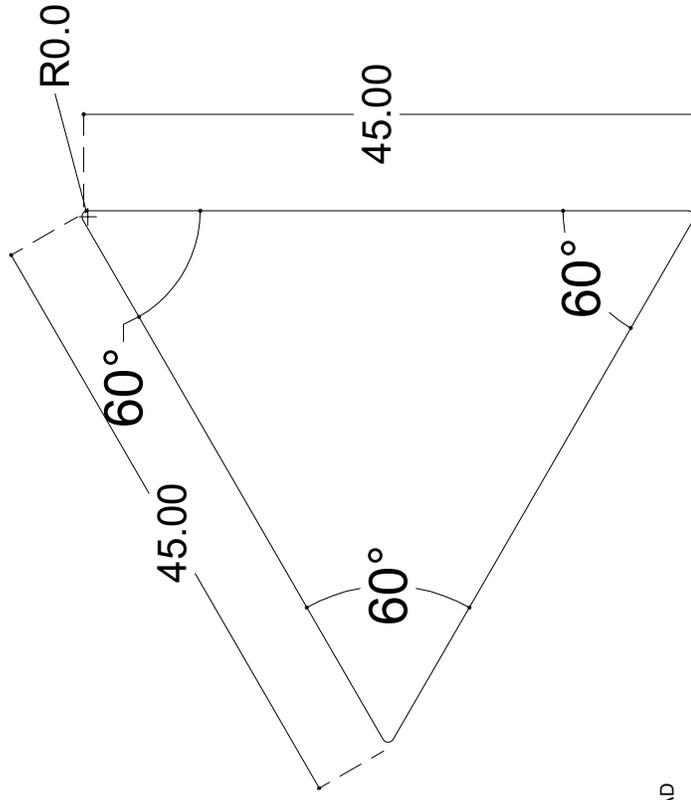
CANAL DE 6MM PROFUNDIDAD
PARA RECIBIR CUBIERTA



**BASTIDOR
VISTA FRONTAL**

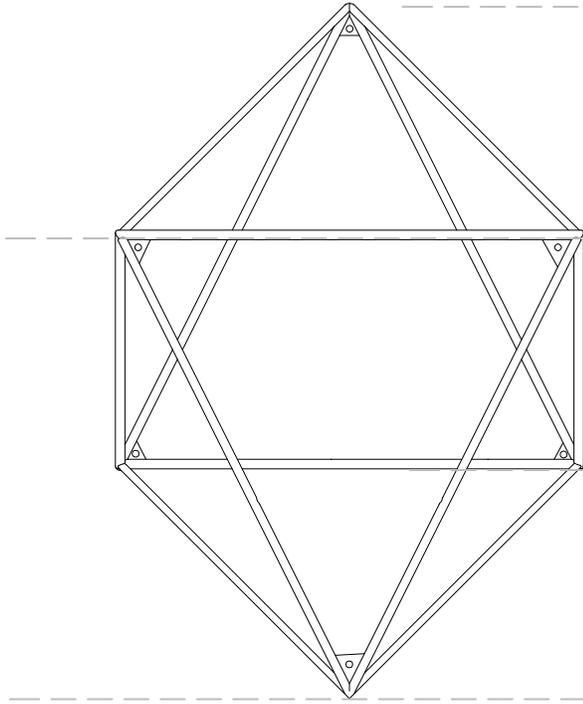


ISOMETRICO CONJUNTO

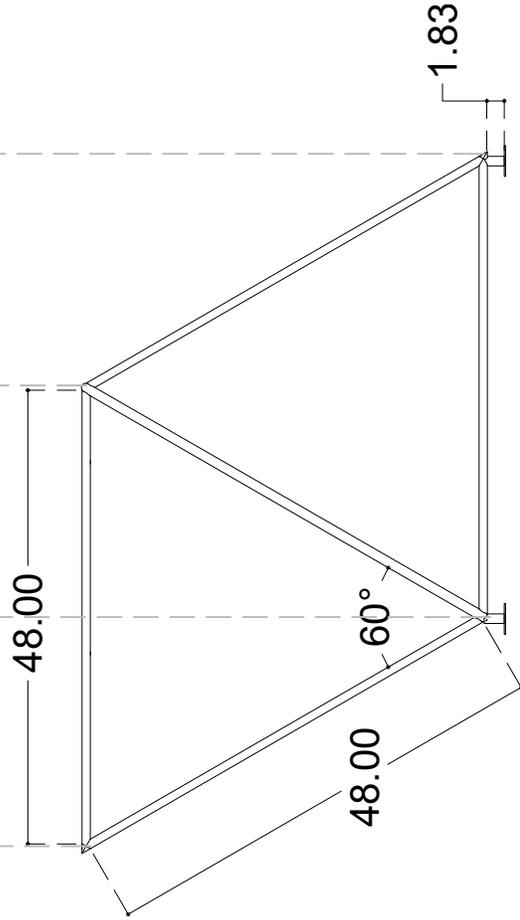


**CUBIERTA
VISTA SUPERIOR**

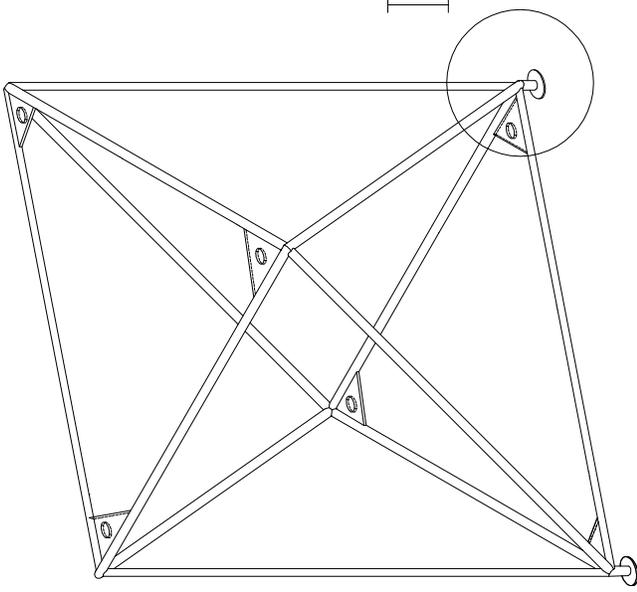
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	Nº DE PIEZAS 1	ACOTACION CM	ESCALA S/E
PROYECTO MODELO A-2	NOMBRE DE PLANO PIEZA B		Nº DE PLANO 3/5



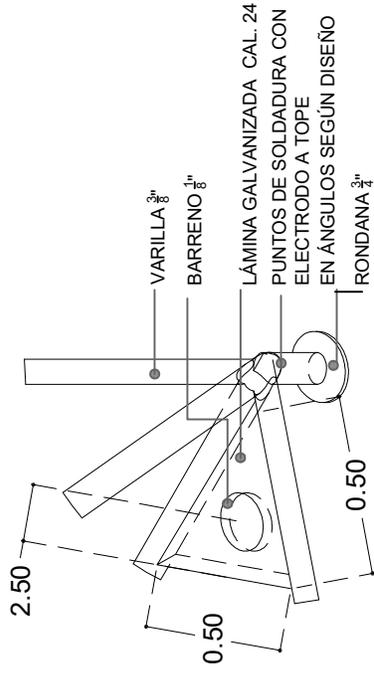
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

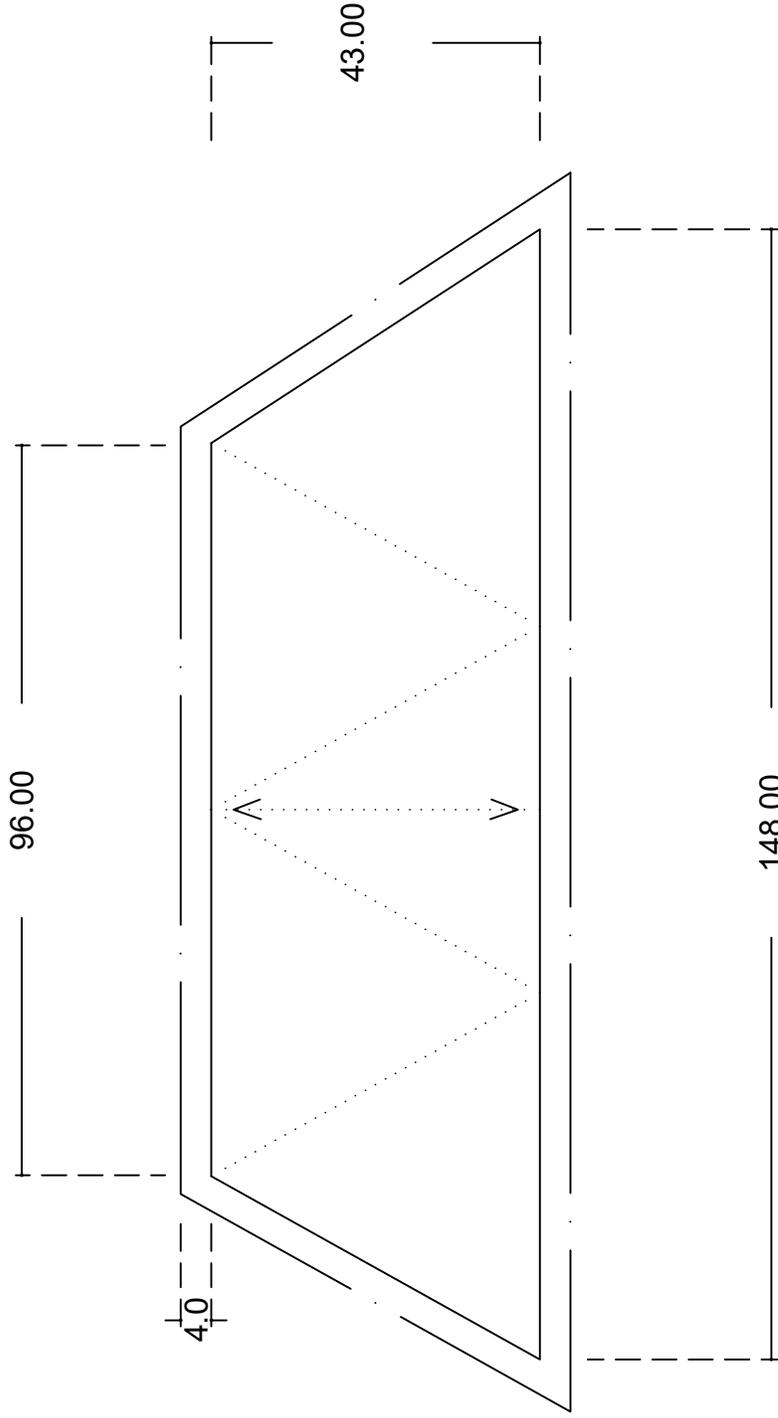


ISOMÉTRICO



DETALLE I

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	N° DE PIEZAS 1	ACOTACION CM	ESCALA S/E
PROYECTO	NOMBRE DE PLANO PIEZA C		N° DE PLANO 4/5
MODELO A-2			



TRAZO PLANO

ESPECIFICACIONES

MATERIAL: malla sombra de fibra de vidrio color negro.
 TÉCNICA: hilván a mano a 1 cm. de separación, con hilo comercial marca Torsal calibre 40-2 políester color negro.

SIMBOLOGÍA

- PLIEGUES
-> HILO DE TELA
- COSTURA
- FIGURA



MODELO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA			
MAESTRÍA EN DISEÑO DE MUEBLES	N° DE PIEZAS 1	ACOTACION CM	ESCALA S/E
PROYECTO MODELO A-2	NOMBRE DE PLANO ENVOLVENTE		N° DE PLANO 4/5

- Desglose general de costos de fabricación por modulo.

Modelo A-2		
Pieza a	\$ 210	Recuperación de material + mano de obra + acabados.
Pieza b	\$ 250	Recuperación de material + mano de obra + acabados.
Pieza c	\$ 210	Recuperación de material + mano de obra + acabados.
Envolvente	\$ 50	Recuperación de material + mano de obra
Costos indirectos %	\$ 360	
Costo total por modulo	\$ 1,080	

- Archivo fotográfico. Recuperación de materiales.





- Recopilación fotográfica fabricación del 1er prototipo.



a



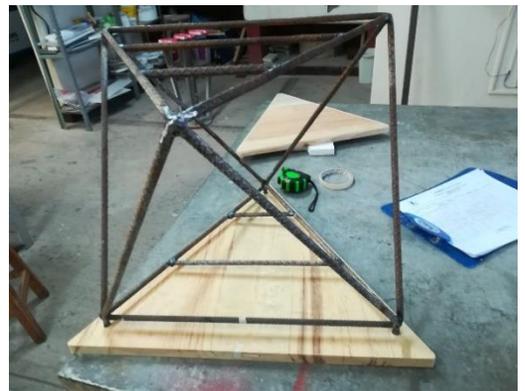
b



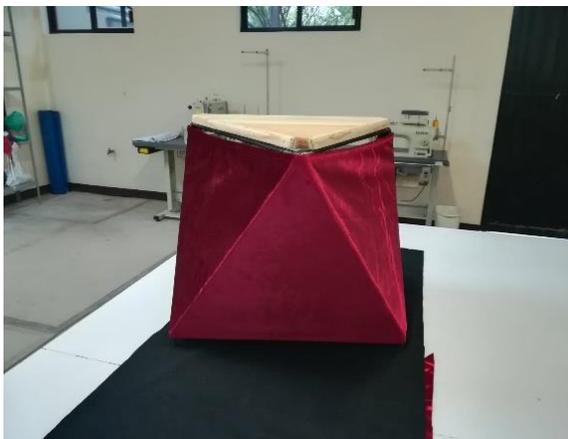
c



d



e



f

- a. b. c. Pruebas de apilamiento.
- d. Pruebas de funcionalidad
- e. Verificación de medidas, unión de piezas de madera con estructura metálica.
- f. Pruebas con tela

- Pruebas de usabilidad.



- Alternativas de mejora prototipo 2.



- Prototipo final





APILABLE . MODULAR

ECOLÓGICO .

MULTIFUNCIONAL

RESISTENTE . INDUSTRIAL

DIÁFANO . MODELO A-2

MATERIALES RECICLADOS

APILABLE . MODULAR

ECOLÓGICO .

MULTIFUNCIONAL

RESISTENTE . INDUSTRIAL

APILABLE .

MODULAR

ECOLÓGICO .

MULTIFUNCIONAL

RESISTENTE .

