



**Universidad Michoacana de San Nicolás
de Hidalgo**



Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

División de Estudios de Posgrado

Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera.

**Prototipo de mueble con retícula modular para
almacenamiento en la vivienda actual.**

Tesis que para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias y Tecnología de la Madera

Presenta:

Francisco Javier López Melgar

Director de Tesis

Dr. Raúl Espinoza Herrera

Morelia, Michoacán. Febrero del 2018

INDICE GENERAL

Resumen

Abstract

1. Introducción	01
2. Antecedentes	02
2.1 La vivienda en México	03
2.1.1 Evolución de la vivienda en México a través de los años	03
2.1.2 Tendencia de la vivienda en México	07
2.2 La industria del mueble actualmente	08
2.2.1 La industria del mueble en México	09
2.2.2 El diseño actual en México	13
2.2.3 Tendencia	15
2.3 El consumismo en México	16
2.4 Muebles reticulares	19
3. Justificación	23
4. Objetivo General	24
4.1 Objetivos específicos	24
5. Hipótesis	24
6. Materiales y Métodos	25
6.1 Equipo y materiales	25
6.2 Metodología	28
6.2.1 Desarrollo conceptual del mueble	28
6.2.2 Diseño geométrico de la retícula	31
6.2.2.1 Hexágono base	31
6.2.2.2 Repisas internas	35
6.2.2.3 Cajón estándar	36
6.2.3 Modelado 3D	37
6.2.3.1 Herrajes de resina de poliéster	41
6.2.3.2 Herrajes de acero laminado en frío	44
6.2.4 Ensamble de hexágono base	48
6.2.5 Evaluación 3D del hexágono base	51
6.2.6 Selección de material para herrajes	62
6.2.7 Evaluación 3D de laterales	66
6.2.8 Selección de material para laterales	67

6.2.9	Diseño conceptual y geométrico del mecanismo para caída libre	68
6.2.10	Modelado 3D del mecanismo para caída libre	71
6.2.11	Selección de material para mecanismo	73
6.2.12	Estimación de costos	77
6.2.12.1	Retícula hexagonal	77
6.2.12.2	Cajón para retícula	79
6.2.12.3	Repisas	80
6.2.12.4	Cajón vertical y mecanismo	81
6.2.13	Mecanizado de piezas	82
6.2.14	Modelado 3D de prototipo de mueble reticular hexagonal	85
6.2.15	Ensamble, instalación y prueba de prototipo	87
6.2.16	Comparativa: Prototipo reticular V.S. Mueble convencional	97
7.	Resumen de resultados y discusión	101
8.	Conclusiones y recomendaciones	103
9.	Bibliografía	106

Índice de figuras.

Figura 2.1	Evolución del área de vivienda en México a través de los años	05
Figura 2.2	Ejemplo de vivienda susceptible de subsidio.	07
Figura 2.3	Evolución de la participación de la vivienda vertical para los rangos salariales de [0.0, 2.6] y [2.6,5.0] VSM	08
Figura 2.4.	Radiografía de la industria del mueble	11
Figura 2.5	Comparación entre muebles RTA y muebles armados consumidos en Europa 2010-2015	16
Figura 2.6	Indicador histórico del consumo privado en el mercado interior	18
Figura 2.7	Librero en forma de retícula rectangular	20
Figura 2.8	Librero en forma de retícula romboidal	21
Figura 2.9	Estantería ofertada por las principales tiendas departamentales	22
Figura 2.10	Librero fabricado según las especificaciones del cliente	22
Figura 6.1.	Ejemplos de productos diseñados en SolidWorks	25
Figura 6.2.	Ejemplo de pieza simulada en SolidWorks Simulation	26
Figura 6.3.	Diagrama para la descripción de actividades durante el desarrollo del proyecto	28
Figura 6.3	Retícula hexagonal de un panal de abejas	30
Figura 6.4	Áreas de diferentes figuras geométricas	30
Figura 6.5	Ejemplificación para la instalación de la retícula aérea y los alcances para la mujer promedio en zona urbana	33
Figura 6.6.	Dimensiones de hexágono base para la retícula modular	34

Figura 6.7 Ejemplificación de una retícula hexagonal formada por 7 piezas.	34
Figura 6.8 Visualización del corte de 30 rectángulos de 24x40cm en escuadradora de una hoja comercial de contrachapado de 12mm	35
Figura 6.9 Tipos de repisas internas para retícula hexagonal	35
Figura 6.10 Diseño de cajón interno para hexágono base	36
Figura 6.11 1er Diseño 3D de retícula hexagonal vista frontal	37
Figura 6.12 1er diseño 3D de retícula hexagonal vista trimétrico	38
Figura 6.13 Vértices para empotramiento de hexágono base (Vista posterior)	39
Figura 6.14 Ejemplificación de la unión de una retícula hexagonal mostrando los 4 tipos de herrajes necesarios	40
Figura 6.15 Evolución del prototipo para el herraje simple doble, en resina de poliéster	42
Figura 6.16 Evolución del prototipo para el herraje simple triple, en acero laminado en frío	45
Figura 6.17 Ensamblaje de prototipo final del herraje simple triple, en acero laminado en frío	46
Figura 6.18 Vista explosionada del ensamblaje de un hexágono base con herrajes de acero	48
Figura 6.19 Ejemplos de diferentes diseños que pueden realizarse con la retícula hexagonal	49
Figura 6.20 Ejemplo de selección del acero 1045 estirado en frío, para los herrajes cal.16 del ensamblaje del hexágono base sin refuerzo	52
Figura 6.21 Ejemplo de la definición de sujeciones para el anclaje de los herrajes para empotrar cal.16 del ensamblaje del hexágono base sin refuerzo	53
Figura 6.22 Ejemplo de la definición de cargas (20kg repisa superior y 20kg repisa inferior), en el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo	54
Figura 6.23 Ejemplo del mallado fino para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo	55
Figura 6.24 Ejemplo de análisis estático de tensiones para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo	57
Figura 6.25 Ejemplo de análisis estático de desplazamientos para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo	58
Figura 6.26 Ejemplo de análisis estático de deformación unitaria para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo	59
Figura 6.27 Ejemplo de análisis estático del factor de seguridad en el límite elástico para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo	60
Figura 6.28 Ejemplo de las áreas de fallo por debajo del factor de seguridad (FS=40) en el ensamblaje del hexágono base	67
Figura 6.29. Ejemplo de mecanismos “doble-push” que existen en el mercado actualmente	69
Figura 6.30 1er diseño de la trayectoria del mecanismo para el cajón	

vertical con diferentes niveles de profundidad _____	70
Figura 6.31 Imagen de la prueba de funcionamiento cuando el pistón se encuentra atrancado en el nivel 3 _____	73
Figura 6.32 Rediseño 3D de trayectoria y pistón _____	74
Figura 6.33 Prueba de funcionamiento del mecanismo rediseñado _____	74
Figura 6.34 Representación del desplazamiento del pistón a través de la trayectoria (Izq.) y movimiento pendular controlado para la trayectoria del mecanismo para el cajón vertical (Dcha.) _____	76
Figura 6.35 Retícula hexagonal extendida (Izq.) y retícula hexagonal comprimida (Dcha.) _____	77
Figura 6.36 Espacio disponible para instalación del prototipo reticular _____	86
Figura 6.37 Distribución 3D de hexágonos para el prototipo reticular _____	86
Figura 6.38 Distribución 3D de repisas y cajones para el prototipo reticular _____	87
Figura 6.39 Prototipo reticular utilizado de manera general _____	96
Figura 8.1 Prueba de resistencia del prototipo de mueble con retícula modular _____	104

Índice de cuadros.

Cuadro 2.1 Ejemplo de muebles de diseñador en México _____	14
Cuadro 6.1. Tipos de herrajes en resina de poliéster insaturado _____	43
Cuadro 6.2 Tipos de herrajes en chapa de acero laminado en frío _____	47
Cuadro 6.3. Representación de las tres formas evaluadas para el empotramiento del hexágono base _____	50
Cuadro 6.4 Resultados de la simulación de diferentes tipos de herrajes para el hexágono base _____	61
Cuadro 6.5. Principales proveedores de láminas en Morelia _____	65
Cuadro 6.6 Propiedades de flexión estática de diferentes maderas y compuestos a base de madera _____	66
Cuadro 6.7 Resultados de la simulación de diferentes tableros para los laterales del hexágono base con herrajes de acero cal.14 laminado en frío y con una rondana como refuerzo _____	67
Cuadro 6.8 Etapas para la fabricación de las piezas principales del 1er prototipo de mecanismo para el cajón vertical en resina de poliéster _____	71
Cuadro 6.9 Materiales utilizados para el rediseño del prototipo del mecanismo para caída libre _____	75
Cuadro 6.10 Tipo y cantidad de piezas necesarias por tipo de retícula _____	78
Cuadro 6.11 Costos para retícula extendida dependiendo material y acabado _____	78
Cuadro 6.12 Costos para retícula comprimida dependiendo material y acabado _____	79
Cuadro 6.13 Tipo y cantidad de piezas necesarias para el ensamble del cajón _____	80
Cuadro 6.14 Costos para cajón dependiendo material y acabado _____	80

Cuadro 6.15 Costos para cada tipo de repisa dependiendo material y acabado _____	81
Cuadro 6.16 Tipo y cantidad de piezas necesarias para el ensamble del cajón vertical _____	82
Cuadro 6.17 Costos para cajón vertical con mecanismo dependiendo material y acabado _____	82
Cuadro 6.18 Procesos de mecanizado de las piezas necesarias para formar el prototipo de mueble reticular hexagonal _____	83
Cuadro 6.19 Listado de piezas utilizadas para la fabricación y ensamble de prototipo reticular _____	87
Cuadro 6.20 Proceso de instalación integral del prototipo reticular _____	88
Cuadro 6.21 Prueba de almacenaje del prototipo de mueble reticular _____	91
Cuadro 6.22 Comparación general una repisa hexagonal y el prototipo reticular _____	97
Cuadro 6.23 Comparación general un mueble de almacenamiento multiusos y el prototipo reticular _____	99
Cuadro 6.24 Resumen de resultados durante el desarrollo de la metodología _____	101

Índice de gráficos

Grafico 6.1 Factor de seguridad en el límite de ruptura para los diferentes tipos de herrajes _____	62
Grafica 6.2 Factor de seguridad en el límite elástico para 6 diferentes tipos de herrajes _____	63
Grafica 6.3 Comparación de resultados para el factor de seguridad en el límite elástico para 2 diferentes tipos de herrajes _____	65
Grafico 6.4 Factor de seguridad en el límite de ruptura para los diferentes tipos de laterales _____	68

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Tensión de Von Mises _____	55
--	----

RESUMEN

Actualmente vivimos en un mundo con una gran diversidad social, dificultando sin lugar a dudas el cumplimiento de las necesidades específicas de cada persona en diversas áreas, sin embargo, a pesar de esta amplia diversidad, durante años se ha observado que el consumismo afecta por igual a todos, ya sea clase social, edad, sexo, profesión, ocupación o religión. Dando como resultado la saturación de bienes materiales dentro de los hogares, originando la necesidad de crear muebles capaces de ajustarse a las diferentes demandas de almacenamiento y espacio en las habitaciones, ya que en el mobiliario ofertado hoy en día, se observa la problemática de tener su dimensión, funcionamiento, diseño y precio fijo, limitando así, su capacidad de almacenaje.

Por lo cual el objetivo del presente proyecto, fue desarrollar un prototipo de mueble para almacenamiento con retícula modular, capaz de adaptarse a cualquier espacio y tipo de vivienda, cambiar su diseño, función y dimensiones en cualquier momento que se requiera, así como poseer un precio variable dependiendo del número de módulos que la persona adquiriera.

Uno de los puntos medulares del proyecto, fue diseñar y analizar el comportamiento de los herrajes para las uniones de la retícula por medio de un software de simulación 3D, evaluando diferentes diseños y materiales para la fabricación de estos, equilibrando los costos de producción y las propiedades mecánicas de cada diseño. Así como también, se desarrolló un mecanismo que permite colocar cajones de manera vertical, con el objetivo de poder instalar la retícula en el techo de cualquier habitación optimizando el uso del espacio aéreo en la vivienda actual. Dando lugar a una retícula capaz de soportar 80 kg en cada repisa

Palabras clave: Prototipo, retícula modular, almacenamiento, mueble, hexágono.

ABSTRACT

We now live in a socially diverse world, making it difficult without a doubt to fulfill the specific needs of each person in different areas of his life, nevertheless, and in spite this huge diversity, throughout the years we have been able to notice that consumerism affects everyone equally, without distinction of social class, age, gender, profession, occupation or religion. As a result of consumerism homes have been crowded with different belongings, creating the need for furniture that can be adjusted to specific needs of space and storage in a particular room, this need has not been satisfied by conventional furniture until today.

Thus the objective of the present project is to develop a prototype of furniture for storage with a modular grid capable of adjusting to any space and household as well as being able to change its design, function and size according to your needs. Another advantage will be that the price will depend on the number of modules you obtain.

One of the most important aspects of the project was to design and analyze the behavior of the ironworks in the grid's unions using a 3D software simulator, evaluating different designs, materials, costs of production and the mechanical properties of each design, another important detail is that a mechanism that allows to place drawers vertically was designed to install the grid onto the ceiling of any room optimizing the use of the upper space in any modern home. Giving as a result a grid that is capable of carrying up to 80 kg on each shelf.

1. INTRODUCCIÓN

La reducción de espacio dentro de los hogares se ha observado a través de los años y puede contemplarse al visitar la casa de los abuelos, ya que comúnmente tienen recámaras amplias, corredores y muebles de grandes dimensiones. Actualmente, debido al crecimiento demográfico tan acelerado, México está entre los 11 países más poblados del mundo, lo que ha originado una demanda cada vez mayor de viviendas, obligando a la industria inmobiliaria a reducir drásticamente la superficie de las casas ofertadas, debido al agotamiento del espacio geográfico dentro de las ciudades.

La consecuencia de la falta de espacio dentro de los hogares, es la eliminación de actividades de recreación dentro de la vivienda, la disminución de la comodidad y la falta de espacio libre para la ejecución de alguna actividad. Sin embargo, son necesidades secundarias, que los habitantes pueden compensar en otros lugares, como parques, plazas comerciales, etc. No obstante, existe una necesidad primaria que no se puede eliminar sin importar el tamaño de la vivienda o situación económica, y es la de almacenar objetos de cualquier índole dentro del hogar, debido a que vivimos en una sociedad de consumo, donde una de las principales actividades de ocio de la población es la adquisición de bienes materiales o servicios adicionales, con lo que complacen su deseo de estatus social o satisfacción material. Con esto se obtiene una saturación inminente de pertenencias dentro del hogar. Y si a esto se le añade que en el mercado mexicano actual se cuenta con pocas opciones de mobiliario que favorezcan una administración del espacio habitable de una manera más flexible, por lo que es necesario una configuración espacial acorde con las necesidades de los habitantes.

Es por esto, que el objetivo del presente trabajo fue diseñar, analizar y construir un prototipo de mueble para almacenamiento en la vivienda actual, para poder brindar una posible solución y marcar una tendencia diseño de muebles flexibles, ajustándose en lo mayor posible a las diferentes necesidades de cada familia.

2. ANTECEDENTES

El presente proyecto tiene por título: “Diseño y construcción de un prototipo de mueble con retícula modular, para almacenamiento en la vivienda actual”. Por lo que es necesario, profundizar en algunos temas de relevancia para contextualizar el trabajo:

1. La vivienda en México. En este tema, se analizaron primeramente algunas definiciones básicas como “vivienda” y “habitar”. Para poder establecer, las características primordiales que debe tener un hogar. Y poco a poco, se fue adentrando en la historia y ciertas especificaciones de la vivienda del mexicano promedio. Ya que el objetivo de estudiar un poco la vivienda, es debido a que el prototipo que se va a desarrollar cumpla plenamente con las características o necesidades observadas durante la investigación.
2. La industria del mueble en México. Un tema primordial para el proyecto, debido a que a partir de la problemática actual que se está viviendo en este sector es que surge el objetivo de la investigación. Ya que los diseñadores, carpinteros y demás personas involucradas en la industria del mueble, no están contemplando la necesidad actual de la sociedad, al seguir fabricando en su mayoría, muebles robustos, de grandes dimensiones, con poca flexibilidad en su diseño, con escasos acabados y precios elevados. Se están olvidando que la sociedad evoluciona, el entorno cambia, la gente se actualiza, la diversidad aumenta y para poder cumplir con cada uno de los diferentes estratos sociales y económicos es necesario, rediseñar el mueble mexicano, partiendo primeramente del conocimiento de las necesidades/problemáticas de los habitantes promedio en México.
3. El consumismo en México. Se preguntaran por qué el consumismo tiene que ver en este proyecto. Y es que el consumismo como tal, está ligado a una sola palabra llena de problemática, llamada “acumulación”. Para aclarar esta situación, habría que analizar la siguiente pregunta: *¿Por qué si ya tenemos un artículo que sigue cumpliendo el fin para el que fue creado, compramos la última versión?* Esto se debe a que vivimos en una economía de mercado donde la mercadotecnia ha evolucionado de generar información para cubrir necesidades básicas, a cubrir necesidades de carácter social, de ego o autorrealización, que nos permiten mantener cierto estatus social. Dando lugar a una acumulación impresionante

de objetos en los hogares, saturando el entorno, y disminuyendo el espacio vital dentro de las viviendas.

2.1 La vivienda en México

Según la Real Academia Española define a la *vivienda* como “*el lugar cerrado y cubierto para ser habitado por personas*” (1). Solo que esta definición por sí misma, origina una nueva pregunta ¿Qué es habitar? Y para responder, se recurre nuevamente a la Real Academia Española, la cual define *habitar* como: “*el ambiente particularmente adecuado a los gustos y necesidades personales de alguien*” (1).

Al juntar estas dos definiciones, se obtiene una versión extendida de lo que significa la palabra vivienda, que sería: “*lugar cerrado, cubierto y adecuado particularmente a los gustos y necesidades de las personas que viven en él*”. Esta definición incita a preguntarse: ¿Las personas adecuan la vivienda a sus necesidades o son las personas las que se adecuan a la vivienda existente? Y para poder contestar, es necesario profundizar un poco más en el tema.

El artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos hace mención sobre la vivienda: “*Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo*” (2).

2.1.1 Evolución de la vivienda en México a través de los años

En septiembre de 1985 la Ciudad de México sufrió el terremoto más grande en su historia. El movimiento telúrico registró 8.1 grados según la escala de Richter, durando alrededor de dos minutos. El siniestro convirtió la ciudad en un gran rompecabezas de desastres. Para combatir tal destrucción, se organizó un grupo de trabajo conformado por ingenieros y arquitectos de la UNAM, del Colegio de Arquitectos de México y del IPN. En la reconstrucción se utilizaron nuevas técnicas de construcción y materiales mucho más resistentes para eludir desastres similares en el futuro (3).

Este fenómeno natural, además de traer graves consecuencias económicas, introdujo un cambio en la forma de pensar, reglamentar y construir la arquitectura en México. Acontecimientos significativos, como el derrumbe de algunos edificios – del Multifamiliar Juárez no quedó prácticamente nada y en Tlatelolco tres torres de 20 niveles se derrumbaron - hicieron que la mayoría de la gente abandonara estos recintos y nunca más se construyeron complejos con esas características.

Para la reconstrucción de la vivienda, el Gobierno del presidente Miguel de la Madrid determinó expropiar 7000 predios (lotes baldíos en su mayoría). Un año después, el 7 de abril, el gabinete económico del Gobierno Federal aprobó un presupuesto de más de 200 millones de pesos para el programa de Renovación Popular. Con estos recursos, 44 000 viviendas de 40 m² fueron construidas (3).

Hacia los años ochenta y noventa, se produjo una redefinición en la acción del Estado en materia de vivienda como resultado de un nuevo marco de reestructuración nacional y global en la economía mundial. Desde entonces, la participación estatal en los programas de vivienda se ha restringido a la promoción y financiamiento habitacional, estimulando con ello la participación social y privada a fin de que construyan y financien la construcción de viviendas (3).

Durante el Gobierno del presidente de México, Carlos Salinas de Gortari (1988 - 1994) se llevaron a cabo importantes modificaciones en materia de vivienda y desarrollo urbano que tuvieron grandes implicaciones. Se reformaron leyes relacionadas con el suelo, dando la oportunidad a ejidatarios y comuneros de negociar sus terrenos en forma privada con agentes privados o públicos. Esto facilitó la incorporación de este tipo de suelo al desarrollo urbano. Suelo que, al ser adquirido a muy bajo precio por grandes agentes, se convirtieron en los desarrollos habitacionales alejados de las ciudades que se conocen actualmente (3).

En el año 2000, como parte de la propuesta de campana del presidente Vicente Fox Quezada, se propuso un ritmo anual de financiamiento de 750 000 viviendas, logrando así un crecimiento de 2 350 000 viviendas en su sexenio, pretendiendo un ritmo de 2 300 viviendas por día - la mayoría en la periferia de las ciudades (3). Las políticas públicas implementadas entre los años 2000 a

2012, enfocadas en la generación de viviendas en volumen, impulsaron un crecimiento importante en el sector. Las políticas de referencia integraban, entre otros, factores como:

- a) Construcciones de viviendas económicas para atender la demanda e impulsar el sector habitacional que se encontraba rezagado.
- b) Impulso de los organismos nacionales de vivienda integrados por diversas instituciones.
- c) Fomentar el ofrecimiento de la vivienda en volumen y acorde con la capacidad de compra de la población (4).

Un aspecto muy importante para el diseño y desarrollo de vivienda de cualquier tipo es el tamaño de la misma. Las dimensiones de cualquier construcción son determinadas por las necesidades, el presupuesto y la finalidad de cada proyecto. En el caso de la vivienda, ésta debe ser capaz de contener los espacios para las actividades esenciales de un estilo de vida particular.

Si analizamos históricamente las dimensiones de la vivienda en México sucede algo peculiar, en la figura 2.1 se puede observar que en los primeros años del siglo XX se presentó un incremento en sus dimensiones; sin embargo, a partir de 1980 éstas volvieron a disminuir, debido a los acontecimientos mencionados con anterioridad.



Figura 2.1 Evolución del área de vivienda en México a través de los años (3).

Son muchas las razones que pueden influir en las dimensiones de la vivienda económica, las más importantes son los precios de los predios y de la construcción, y el ingreso económico que perciben las personas a las que están destinados estos productos

La construcción aumentará su costo debido a la inflación económica, y en el caso de los predios se considera el costo debido a la ubicación, especulación e infraestructura de un lugar. Eso provoca que se busquen lotes en zonas ubicadas en la periferia de las ciudades (zona conurbada) que, como resultado de su lejanía y falta de infraestructura, resultan muy económicos y viables para desarrollos económicos unifamiliares pero provocan situaciones complicadas para el desarrollo de la vida diaria de los usuarios, como lo son los largos traslados y la carencia de seguridad pública concluyendo con el abandono de la vivienda.

La disminución de las dimensiones de la vivienda y la ubicación de estos nuevos desarrollos detonan el crecimiento de la mancha urbana, que crece descontroladamente y sin un orden urbano en la mayoría de los casos (3).

El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) considera que la superficie de la vivienda es un eje estratégico para mejorar la calidad de vida de los trabajadores y sus familias, propiciándoles un espacio suficiente para el desarrollo personal de cada individuo en la vivienda. Por esta razón, el Instituto considera que al ampliar el monto máximo de crédito, de acuerdo con la capacidad de cada trabajador, le facilita a los derechohabientes y acreditados, acceder a soluciones habitacionales de mayor tamaño y con características que mejor se adecúen a sus necesidades, de manera que incrementen el valor de su patrimonio.

En 2009, el INFONAVIT (5) estableció la medida mínima de construcción de 38 metros cuadrados (m²) para las viviendas financiadas en su adquisición. Por su parte, desde 2013, el Gobierno de la República señaló como tamaño mínimo de la vivienda, 45m², impulsando una política que promueve una mayor calidad de vida.

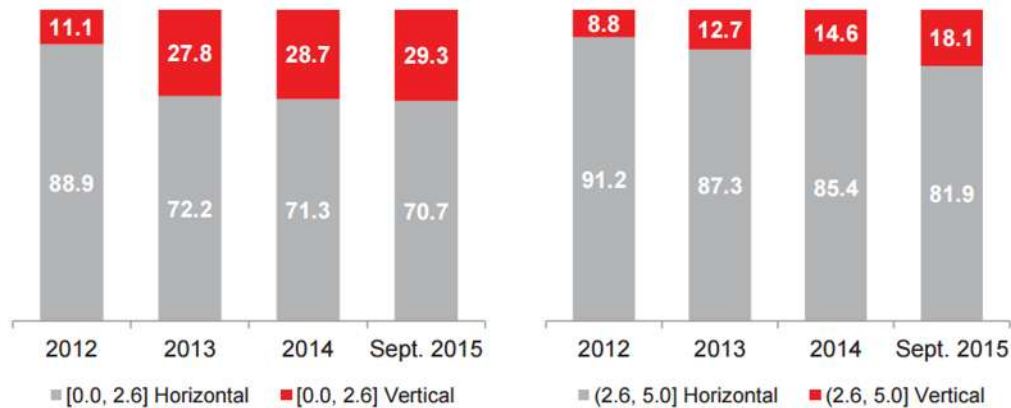
Adicionalmente, se tiene que, de 2010 a agosto de 2015, los m² de construcción han aumentado en promedio 11.8% en la vivienda susceptible de subsidio, con un terreno promedio de 6x15m, una construcción estándar de 55m², sala-comedor, cocina, baño completo, dos recamaras y área de lavado sin techar, como se puede observar en la figura 2.2.



Figura 2.2 Ejemplo de vivienda susceptible de subsidio.

2.1.2 Tendencia de la vivienda en México

Desgraciadamente el espacio geográfico tiene un límite, y la tendencia en el futuro va ser a la vivienda vertical, y como parte de la Política Nacional de Vivienda y como estrategia para aumentar la densidad y la compactación de las ciudades bajo un esquema de desarrollo urbano sustentable e inteligente, el INFONAVIT (5), a través del Programa Federal de Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal para Vivienda, privilegia la adquisición de vivienda vertical para los trabajadores con ingresos de hasta 2.6 Veces el Salario Mínimo (VSM). A partir de 2013, en ambos rangos salariales [0.0, 2.6] y [2.6, 5.0] VSM, la mayor proporción de los créditos originados por el Instituto se dirigió a la adquisición de vivienda vertical como se muestra en la figura 2.3.



Fuente: Infonavit.

Figura 2.3 Evolución de la participación de la vivienda vertical para los rangos salariales de [0,0, 2,6] y [2,6, 5,0] VSM (Enero 2012 – Septiembre 2015). (5)

2.2 La industria del mueble actualmente

Durante los últimos años, la industria del mueble en el mundo se ha visto fuertemente influida por la inestabilidad del entorno económico. Los muebles, al no ser artículos de primera necesidad, son una categoría de consumo que se ve directamente afectada. Países que históricamente han sido los más importantes productores de muebles en el mundo, como en el caso de Italia, han enfrentado duras crisis económicas que han afectado significativamente al sector. Sin embargo, de acuerdo a los resultados de los estudios económicos realizados por el Centro de Estudios Industriales (CSIL por sus siglas en inglés) en relación a la industria del mueble en el mundo, la demanda mundial de muebles se ha duplicado en los últimos 10 años, llegando a aproximadamente US\$410 mil millones, dando cuenta de un crecimiento sostenido de dicha demanda.

Por otra parte, el comportamiento y evolución de los niveles de importación y exportación de estos productos ha sido positivo. Los principales importadores de muebles en el mundo son Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido y Canadá. A pesar de que el sector se ha visto fuertemente golpeado por crisis económicas, se ha observado que en países como EEUU los

niveles de importación se recuperaron durante el año 2012, volviendo a los niveles observados previo a la crisis del 2008.

Por el lado de la exportación, China es el principal exportador mundial de muebles y ha aumentado sus exportaciones significativamente, de US\$25 mil millones el 2009 a US\$45 mil millones el 2012. A este país, le siguen como principales exportadores países como Alemania, Italia, Polonia y Estados Unidos.

Por último, cabe destacar que el comercio internacional de muebles representa aproximadamente el 1% del comercio mundial de la industria de elaboración manufacturera. En términos de su evolución, se registró un rápido crecimiento hasta 2008 (US\$117 mil millones), seguido por una fuerte contracción de -19% en 2009 y una recuperación en 2010 y 2011 (6).

2.2.1 La industria del mueble en México

Es de suma importancia, conocer primeramente la situación actual de la industria del mueble a nivel mundial, como se mostró anteriormente, ya que de ahí se puede partir y evaluar los hechos en la industria del mueble en el país. Como pudimos analizar, la industria del mueble sigue creciendo, “pero” esto se debe gracias a la evolución que países como China, Alemania, Italia, Polonia y Estados Unidos han sabido proporcionarle a sus muebles principalmente en su diseño, dimensiones y funcionalidad. Lo cual es una desventaja significativa a la producción mayoritaria que tenemos de muebles en México (7).

Los principales factores que afectan a la industria mexicana es la falta de tecnología, de diseño, financiamiento y la competencia del exterior; si ésta industria no se moderniza, el país estará inundado de empresas extranjeras. La industria del mueble en México muestra un gran deterioro en las últimas décadas, que se agudiza por la falta de tecnología, innovación, diseño y la globalización del sector, que implica la entrada de muebles a muy bajo precio, principalmente de Asia (7).

Este sector se encuentra muy lejos de la época dorada que vivió con el mueble rústico en los años setenta, ochenta y noventa, advirtió José Luis de la Fuente Salcido, director general de la empresa Confort y Diseño Mueblero. Esto se debe en gran parte a que el sector presenta diversas dificultades. Tal vez las más significativas tienen que ver con la errática política del sector público en el ámbito forestal (7).

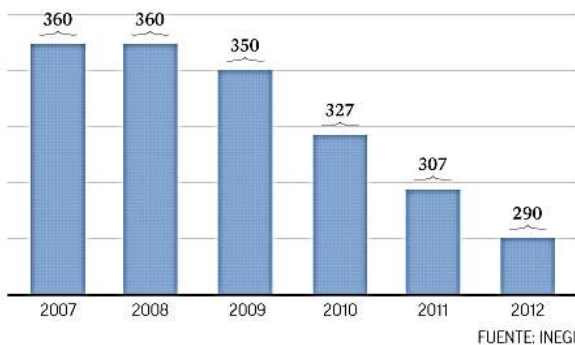
También, está la deficiente información y el ejercicio parcial de los planes de apoyo económico y fiscales de gobierno federal; las fracciones arancelarias sin la debida especificación y control, que motiva que se importen muebles provenientes de China por debajo de su valor real; además, está la falta de financiamiento, así como el crecimiento de la informalidad.

A fines de los noventa, México ocupaba el tercer lugar mundial en ventas, sólo después de Estados Unidos e Italia, comercializaba sus artículos en 70 países y al menos 20 mil empresas aportaban 2.6 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) y generaban aproximadamente 150 mil empleos. En cambio en el año 2014, el sector representaba solamente el 1.3 por ciento del PIB, sumaba 17 mil empresas y generaba aproximadamente 129 mil empleos directos que representan sólo 1.8 por ciento del total de la industria manufacturera. En tanto, la Asociación de Fabricantes de Muebles en Jalisco (AFAMJAL), precisó que la competencia asiática, en particular la de China, con sus grandes volúmenes de producción a bajos precios, ha impactado en las exportaciones de la industria del mueble mexicana en al menos en la última década, como se puede observar en la figura 2.4 (7).

Caen negocios

Número de establecimientos

En cinco años cerraron 70 empresas dedicadas a la fabricación de muebles



Lideran chinos en EU

Cifras en millones de dólares en 2013

En la venta de muebles y accesorios México es el cuarto proveedor de Estados Unidos, mientras que China está a la cabeza



Figura 2.4. Radiografía de la industria del mueble (8)

Según la AFAMJAL, lo que requiere la industria nacional es incursionar en nuevos mercados y enfocarse a nichos de alto valor agregado, pero para ello se necesita impulsar el diseño original. “Colar al mueble mexicano como marca internacional y lograr una identidad propia que pudiera incluso llegar a marcar tendencia en la moda”.

En los últimos cinco años, los subsectores de la industria del mueble que más han resentido la competencia desleal y la desaceleración económica en el país, han sido los de muebles para el hogar en madera y tapicería; los metálicos, de oficina, los armables, los productos en conglomerados o plásticos, así como el de cocinas.

Moisés Daniel Cuenca, presidente de la Rama 80, fabricante de muebles y equipos para cocinas integrales de la CANACINTRA, expuso que entre los principales problemas que enfrenta este sector están la falta de ventas en el mercado interno y las malas prácticas comerciales. (7)

La búsqueda de muebles con diseños modernos, a precios más baratos y que se puedan adaptar a sus necesidades, ha provocado que los consumidores jóvenes volteen su mirada hacia las firmas extranjeras.

Por el momento son contadas las empresas muebleras del exterior que han podido penetrar México con éxito, pero si la industria nacional no se “pone las pilas” y se reconvierte para ofrecer a este segmento de la población lo que desea, en un lapso no

mayor a tres años el mercado estará inundado por compañías similares a IKEA u Orchestra Brasil, “que están cubriendo las necesidades de un importante número de mexicanos”, alertó Juan Carlos Rivera (9).

El director del Departamento de Administración, Mercadotecnia y Negocios Internacionales del Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe, dijo que la penetración de los productos IKEA en el mundo, se debe a que los precios que ofrece son comparativamente más atractivos que los precios mexicanos.

Por tanto, las empresas mexicanas deben tener presente que los jóvenes no sólo buscan la modernidad, sino tener la posibilidad de cambiar la totalidad de su entorno en periodos de cinco o diez años, sin tener que invertir cantidades de dinero estratosféricas, precisó. Dijo que la necesidad de renovación en la industria es urgente.

El sector tiene que remodelar la casa si quiere recuperar su lugar en las exportaciones, competir en los mercados internacionales y fortalecerse para evitar que siga siendo desplazada en el mercado interno por las empresas globales (9).

La industria del mueble en México tiene una larga tradición artesanal que es poco competitiva y se ve amenazada por países como China, Brasil y Suecia (por la eventual llegada de IKEA). En los años 60, la industria mexicana elevó la producción por el rápido crecimiento de la población.

En los años 70, la demanda fue de mueble rústico colonial. En los 80 el mueble se fabricó predominantemente con tableros de aglomerado a expensas del mueble tradicional. En la década de los 90, el uso de maquinaria industrial se volvió común entre los fabricantes y resurgió el mueble rústico. En los 2000 con la llegada de las máquinas de control numérico el mueble moderno minimalista se volvió popular. La producción ha caído desde 2006 y a partir de 2008 ha entrado en franca recesión (10).

Hay que detener el deterioro y cierre de empresas mexicanas, especialmente las micro y las pequeñas. La industria del mueble cuenta con 17 000 empresas aproximadamente, la gran

mayoría son microempresas (95.1%). En innovación en el 2013 México fue el país 63 de 142, lo que no ayuda a crear nuevos productos sistemáticamente.

Los indicadores de la industria reflejan un panorama poco halagador. El problema es que la competitividad mundial ha aumentado, por las cadenas de producción global establecidas por fabricantes y comerciantes que han reducido costos en un ambiente muy competitivo. La globalización de la industria se ha facilitado por innovaciones tecnológicas y por la reducción global de barreras a la inversión.

Luis Enrique Espinosa Gómez, profesor de la Universidad Iberoamericana, opina que los males estructurales en la industria del mueble en México son:

- Muchas empresas pequeñas,
- 6 a 7 empleados promedio por empresa,
- Diversos modelos y gran variedad de diseños,
- Una sola línea de productos,
- Poca maquinaria especializada y equipo semi industrial, e
- Industria semi desarrollada, con capacidad instalada ociosa y bajos volúmenes de producción (10)

2.2.2 El diseño actual en México

El diseño se entiende como toda aquella actividad creativa que tiene por fin, proyectar objetos que sean útiles y estéticos. Desgraciadamente en México, el diseño se toma como el “mejorar productos existentes” modificando su acabado y su geometría, obteniendo productos visualmente más atractivos, pero ridículamente más costosos, como se puede observar en el cuadro 2.1. Hablando particularmente de los muebles y accesorios de diseñador, ya que todos tienen como finalidad un producto ornamental, muy llamativo, totalmente original en su estética. Casi nunca se piensa en mejorar su funcionalidad, en disminuir su costo, en multiplicar su uso, o en ahorrar espacio.

Cuadro 2.1 Ejemplo de muebles y accesorios de diseñador en México

Imagen	Descripción	Precio
	<p>Tortilleros de madera con espacio para piedra caliente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Material</u>: Madera de tzalam y encino • <u>Dimensiones</u>: 18 cm x 18 cm x 7 cm 	\$2,185
	<p>Juego de cucharas hechas a mano.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Marca</u>: Ayres / México • <u>Material</u>: Madera de tzalam • <u>Dimensiones</u>: 25cm x 5 cm 	\$1,100
	<p>Pieza modular decorativa en madera de huanacaxtle.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Dimensiones</u>: 30x30x30cm • <u>Material</u>: Madera de huanacaxtle 	\$3,100
	<p>Serie de organizadores colgantes para almacenar y exhibir libros, plantas y frutas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Dimensiones</u>: 22x18x15cm • <u>Material</u>: Base de metal con pintura electrostática y correa 100% de algodón. Bastón de fresno o nogal 	\$ 1,150

Estos productos se obtienen en la “Galería Mexicana de Diseño”, una empresa dedicada a promover e impulsar el diseño en el país. Este espacio, localizado en la colonia Polanco de la Ciudad de México, funciona desde hace 23 años como un foro para poner en contacto al diseñador con el mercado y sus demandas. De esta manera facilita tanto a consumidores como a diseñadores un medio para conocer los aspectos formales y funcionales de estética y producción de los objetos que se realizan en México y el resto del mundo.

Así como también en “Hecho y Derecho”, una iniciativa creada en el 2013. Se trata de una tienda en línea que vende muebles de diseño mexicano, cuya producción se lleva a cabo en

comunidades mexicanas utilizando maderas certificadas por el *Forest Stewardship Council*, una organización internacional sin ánimo de lucro que tiene como objetivo la promoción de la gestión responsable de los recursos forestales del planeta desde un punto de vista ambiental, social y económico. Creadores como Ariel Rojo, Emiliano Godoy, Ezequiel Farca y Héctor Esrawe, y marcas como Dupuis y Pirwi destacan como los nombres más reconocidos y posicionados (14).

Con este tipo de productos, nunca se va a salir del gran bache en el cual se encuentra la industria del mueble.

2.2.3 Tendencia

Los muebles “*Ready To Assemble*” (RTA por sus siglas en inglés), se refiere a todo aquel mueble que se adquiere desarmado y listo para ensamblarse por parte del consumidor en el espacio deseado, lo cual permite disminuir significativamente sus dimensiones para así, disminuir gastos de transportación y almacenaje. También es conocido en diferentes partes del mundo como “paquete plano”, “tumbar”, “DIY - hágalo usted mismo”, “auto- montaje” y “kit de muebles”.

Según la quinta edición de la investigación “El Mercado Europeo para Muebles RTA” publicado por CSIL, en 2015 el consumo de muebles RTA en Europa alcanzó un valor de EUR 14 mil millones. En la figura 2.5, se observa que el mercado de muebles RTA mostró en Europa un mejor desempeño que el mercado de "muebles armados", creciendo 13% en el período 2010-2015 frente al + 3% de los muebles armados.

El consumo de muebles RTA en Europa está muy concentrado ya que más de la mitad de las ventas se realizan en tres mercados: Alemania, Francia y el Reino Unido (11).

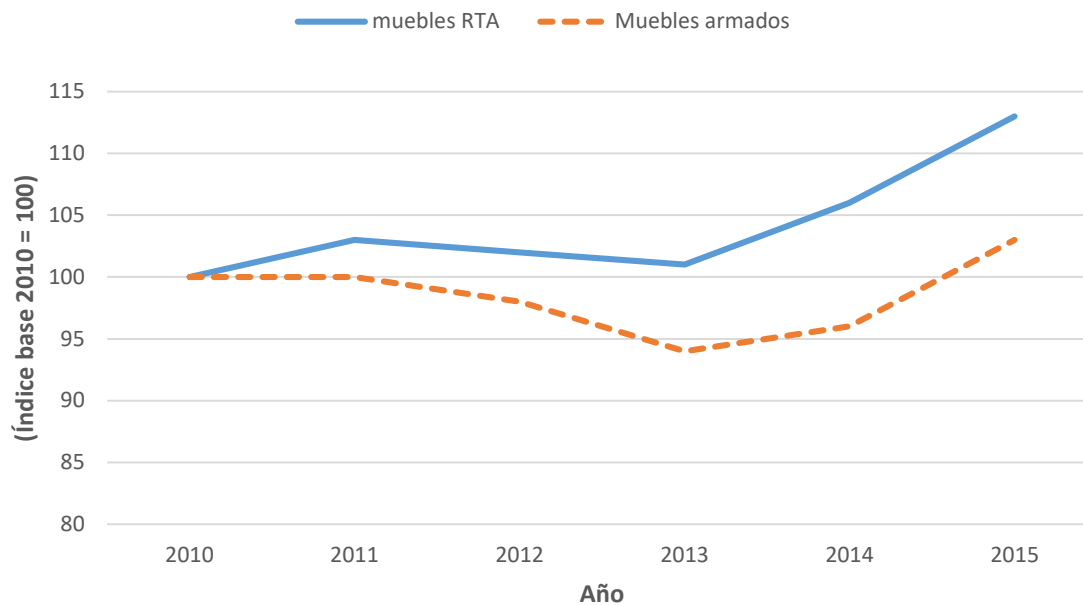


Figura 2.5 Comparación entre muebles RTA y muebles armados consumidos en Europa 2010-2015 (12).

Por otro lado, en la industria inmobiliaria se observa una tendencia marcada por espacios cada más reducido, tanto en vivienda como en locales comerciales. Así, cada vez se ven más los departamentos de alrededor de 65 metros cuadrados (para una familia completa), o establecimientos de 25 metros cuadrados o islas y córners dentro de las plazas.

En consecuencia, surge la necesidad de maximizar el aprovechamiento de los espacios para hacerlos rentables. Y para conseguir ese objetivo, surgen dos palabras clave: diseño y funcionalidad. Lo que origina una tendencia que apunta hacia los muebles multifuncionales, muebles modulares, con diseño innovador y RTA (13).

2.3 El consumismo en México

Podemos empezar definiendo al consumismo como la tendencia inmoderada a adquirir, gastar o consumir bienes, no siempre necesarios (1).

Para entender el consumismo es necesario recordar qué es una sociedad de consumo. Este tipo de sociedades están regidas por la oferta y la demanda de productos y servicios, derivadas de la

capacidad económica de producción masiva de los mismos, que corresponde a una etapa avanzada de industrialización de los países.

En un entorno económico globalizado los hábitos de consumo se permean, siendo los países más desarrollados y con mayor poder adquisitivo el ancla que jala al resto de las naciones; esto dado por un deseo aspiracional de ser y tener las cosas que poseen los consumidores en dichos países. Es notorio que en el país las familias han disminuido el gasto neto para pagos básicos y aumentado el gasto destinado a esparcimiento.

Sucede que el porcentaje que una familia destina a cubrir necesidades básicas se reduce a medida que los ingresos aumentan, por lo tanto, los hogares tienen más oportunidad de destinar un porcentaje mayor de sus ingresos a bienes denominados “de lujo”. Esto significa que, con respecto a la estructura del gasto de los hogares, México empieza a parecerse a los países desarrollados (17).

En un nivel macroeconómico, por supuesto que el consumismo beneficia a las economías. Por ejemplo, en una recesión, el consumo ayuda a reactivar la economía al haber flujo de efectivo entre la población, empresas y sector público; además, ayuda a mejorar la oferta de bienes y servicios; genera mejores oportunidades de trabajo, etc., lo que beneficia al final del día la reputación del país en cuestión frente a otras economías.

Con el desarrollo de tiendas web, el consumo se vio potencializado al permitir que los consumidores pudieran adquirir productos y servicios en la comodidad de sus hogares y oficinas a cualquier hora del día y no sólo a través de sitios online del país donde radicaban sino de cualquier otra parte del mundo. Tan sólo en América Latina las compras electrónicas aumentaron 106% entre el 2007 y 2009, alcanzando los \$21 800 mdd en el 2009. México se encuentra entre los países de la región impulsores del comercio electrónico, registrando un crecimiento de 91% en el mismo periodo llegando a los \$24 545 mdp.

Es importante resaltar que pese a la crisis que tuvo lugar desde finales de 2008 y durante 2009, no hubo desaceleración del comercio electrónico (15), tal como se muestra en la figura 2.6.

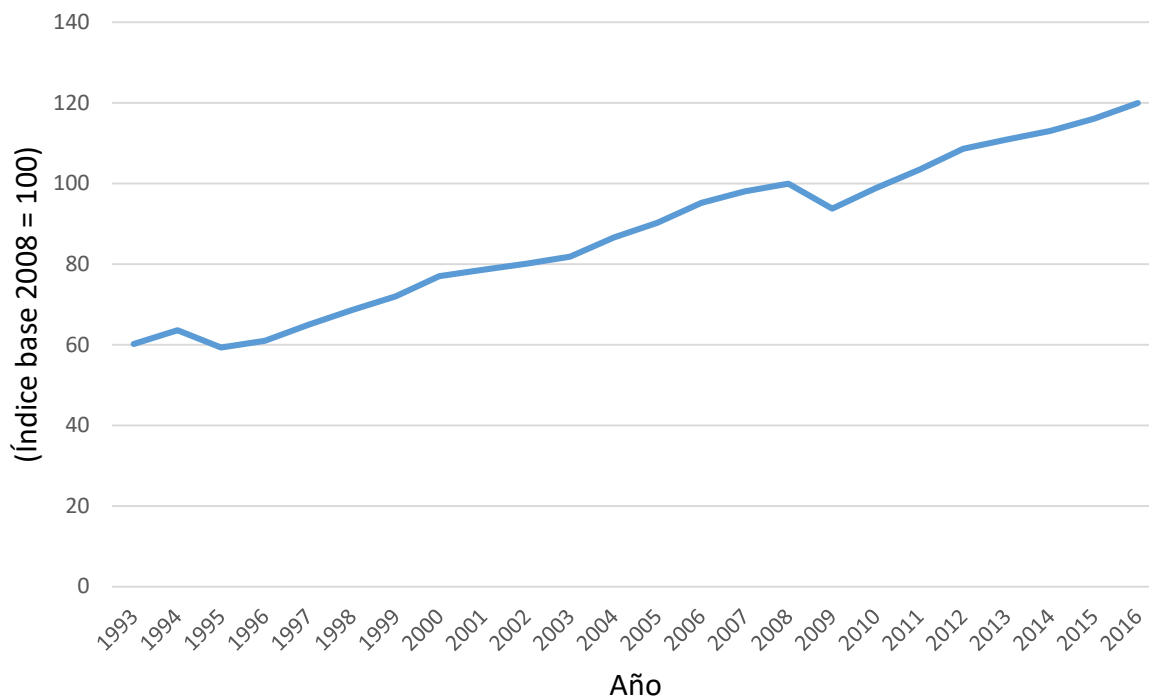


Figura 2.6 Indicador histórico del consumo privado en el mercado interior (16).

Este indicador, mide el comportamiento del gasto realizado por los hogares residentes del país en bienes y servicios de consumo, tanto de origen nacional como importado; quedan excluidas las compras de viviendas u objetos valiosos. La serie de este indicador inicia en el mes de enero de 1993 y sus resultados están expresados en forma de índices de volumen físico tipo Laspeyres con base fija en el año 2008=100, incluyendo índices mensuales, acumulados y sus correspondientes variaciones porcentuales anuales (16).

Esto reafirma que el consumismo es la tendencia que rige nuestro entorno; los compradores se encuentran en el mercado esperando la llegada de la última versión de la computadora, el celular con una función más avanzada, el nuevo modelo de auto, etc., para adquirirlos independientemente de su confianza en la economía (18).

El consumismo tiene diversas consecuencias, pero la que es de interés para el proyecto, es el agotamiento del espacio dentro de nuestros hogares debido a la acumulación descontrolada de objetos y/o productos diversos, independientemente del tamaño de la vivienda, situación económica, edad, sexo y/o estudios profesionales, ya que el consumismo no distingue entre estas y todos somos participes sin ser conscientes.

El agotamiento de espacio para almacenar diversos tipos de productos, origina una problemática dentro de los hogares, impidiendo una correcta organización de nuestras pertenencias, abarrotando los cajones, repisas y gabinetes de las habitaciones, lo cual ocasiona la pérdida eventual de objetos, la formación de insectos y pequeños animales rastreros, contaminación visual, pérdida de tiempo al buscar un objeto para su utilización, accidentes por una incorrecta organización, descomposición gradual de los productos al estar en mayor contacto con el aire y las condiciones atmosféricas externas (sol, humedad, etc.).

Debido a que es un problema que afecta a un mayor porcentaje de personas en el mundo, se va a tomar como guía para originar diseños que satisfagan la necesidad de “almacenaje” y que nos brinde una posible solución a esta problemática.

2.4 Muebles reticulares

El proyecto empieza con una investigación sobre lo que actualmente existe de mobiliario en forma de retícula; pero, ¿qué se entiende por retícula? Tal vez lo primero que se piense es un conjunto de elementos, ya sean cuadrados, círculos, triángulos, rombos, etc. unidos o dispuestos entre sí, formando una red.

La retícula tiene varias ventajas sobre cualquier mueble común, debido al valor agregado que esta aporta, como es la estética visual y el diseño modular, ya que utiliza una figura geométrica simple, que al estar alineada con más figuras idénticas, se convierte en una red visualmente muy atractiva.

Una de las aplicaciones prácticas más conocidas son los mosaicos. Los polígonos regulares pueden formar un mosaico periódico si repetimos una forma poligonal como módulo. Sólo hay tres polígonos que con la misma loseta puedan cerrar un espacio plano sin dejar huecos son: el triángulo equilátero, el cuadrado, y el hexágono regular (23).

En la actualidad existen muebles diseñados a partir de una retícula, los más comunes los encontramos en estanterías o libreros, como se muestra en la figura 2.7 y 2.8, de diferentes

tamaños y materiales, sin embargo también se utilizan para separar espacios dentro de una habitación en forma de biombos partiendo de la figura geométrica más simple como es el cuadrado o el rectángulo, ya que su fabricación no es muy compleja.



Figura 2.7 Librero en forma de retícula rectangular (19).



Figura 2.8 Librero en forma de retícula romboidal (20).

Desgraciadamente este tipo de mobiliario no se encuentra tan accesible para cualquier persona, debido a que solo algunas mueblerías lo ofrecen con ciertas especificaciones de fabricación, como dimensiones y materiales. Ya que en las principales tiendas departamentales, se venden módulos rectangulares comúnmente solo en escasas medidas y pocos materiales, como se puede observar en los ejemplos de la figura 2.9, por lo que resulta limitado el adecuar la vivienda a los gustos y necesidades de los habitantes.



Figura 2.9 Estantería ofertada por las principales tiendas departamentales (21)

Las personas que no están de acuerdo con lo ofertado en las tiendas departamentales, contratan un carpintero/diseñador que les fabrique un mueble a las especificaciones especiales de su vivienda, así como el acabado y los materiales requeridos como se puede observar en el ejemplo de la figura 2.10, lo que aumenta radicalmente el precio de adquisición de este mueble.



Figura 2.10 Librero fabricado según las especificaciones del cliente

3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto se origina en la inquietud de un fabricante de muebles personalizados (FIGO Ingeniería en Mobiliario, Morelia, Mich.) el cual al paso de los años observa la necesidad de crear un mueble para almacenamiento capaz de cumplir con la ventaja económica que tiene un mueble producido en serie y a la vez con las características especiales de un mueble personalizado como es poder escoger dimensiones, acabados, materiales, diseño; y al mismo tiempo ser capaz de adaptarse al bolsillo de las personas.

Al cumplir este objetivo, los primeros beneficiarios serían todas aquellas familias mexicanas, que requieran de un mueble que cumpla en la mayor medida posible con sus necesidades de almacenamiento, espacio, acabado, diseño, y precio. Y a su vez, se impulsa la economía de la localidad donde se fabricaría el mueble, ya que los materiales utilizados serían obtenidos con proveedores de la misma comunidad, apoyando el consumo local.

Con la correcta difusión del proyecto, se originaría una inquietud en todos los participantes dentro de la industria del mueble, sobre nuevos desarrollos, aplicación del diseño 3D en el desarrollo de mobiliario, diseño de mecanismos de plegado y herrajes, etc. Y en un futuro no muy lejano marcar una tendencia de diseño dentro de esta industria.

4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar, analizar y construir un prototipo de mueble con retícula modular para almacenamiento en la vivienda actual

4.1 Objetivos específicos

1. Diseñar una retícula modular con especificaciones de material, ensamblaje e instalación.
2. Analizar el comportamiento en las uniones de la retícula.
3. Desarrollar un mecanismo para controlar la caída libre de los gabinetes aéreos de la retícula modular.
4. Realizar una proyección del costo de la retícula modular propuesta.
5. Construir el prototipo de retícula modular en escala real.
6. Comparar el prototipo con mobiliario semejante.

5. HIPÓTESIS

1. Un mueble con retícula modular presenta mayores beneficios, comparado con un mueble de almacén convencional” (Costo, diseño, estética, acabado, flexibilidad, resistencia, funcionalidad, etc.)
2. Los herrajes utilizados en los nodos son lo suficientemente resistentes para soportar cualquier carga doméstica.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Equipo y materiales

Para el diseño de los herrajes se utilizó el programa SolidWorks, el cual se caracteriza por ser un software CAD (Diseño Asistido por Computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp. Este programa permite modelar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles, y producir planos técnicos necesarios para su fabricación.

Al diseñar en este programa, se puede simular virtualmente las condiciones, analizar el diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto, como se puede observar en los ejemplos de la figura 6.1.

Actualmente se utiliza en diversos campos, como diseño mecánico, sistemas mecatrónicos, cinemática, ensamble de robótica, diseño automotriz y aeroespacial, biomecánica y diseño de dispositivos médicos.



Figura 6.1. Ejemplos de productos diseñados en SolidWorks (25)

SolidWorks Simulation permite simular el comportamiento de piezas y ensamblajes mediante la aplicación del Análisis por Elementos Finitos (FEA). El Método de los Elementos Finitos (FEM) es un método numérico de cálculo empleado en la resolución de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería como es el análisis de tensiones o análisis estático, térmico, análisis de fatiga, no lineal, entre otros.

Este método se basa en dividir el modelo o geometría a validar en múltiples partes de pequeño tamaño denominadas “elementos”. La división del modelo 3D en pequeñas partes divide un problema complejo en muchos problemas de mayor simplicidad y que pueden ser resueltos de forma simultánea en menor tiempo. Los elementos comparten entre ellos puntos comunes de intersección llamados “nodos”. En la figura 6.2 se muestran los elementos con sus respectivos nodos en una pieza simulada en SolidWorks Simulation.

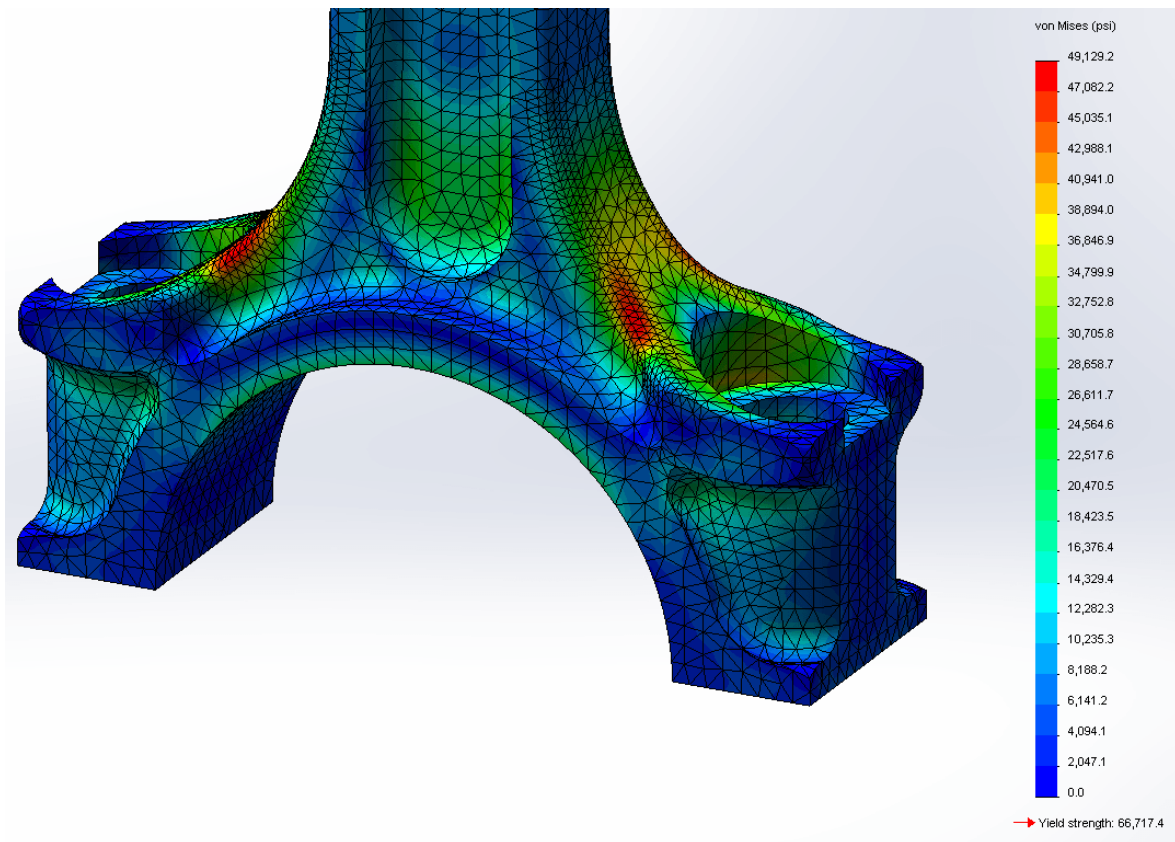


Figura 6.2. Ejemplo de pieza simulada en SolidWorks Simulation, (26)

Los programas basados en FEM formulan ecuaciones matemáticas que rigen el comportamiento de cada uno de los elementos teniendo en cuenta su conectividad con los demás elementos a través de los nodos. Las ecuaciones empleadas en el Estudio Estático definen los

desplazamientos de cada uno de los nodos en las direcciones X, Y, y Z en función de la carga, las restricciones de movimiento y las propiedades mecánicas del material empleado, entre otros aspectos. El desplazamiento de cada uno de los nodos permite al programa calcular las deformaciones unitarias en las diferentes direcciones y las tensiones resultantes.

Su uso permite estudiar el comportamiento mecánico y térmico de un modelo de pieza o ensamblaje bajo ciertas condiciones de servicio sin necesidad de crear un prototipo físico real del mismo. Este tipo de validación virtual permite evaluar el comportamiento de su modelo de forma rápida y económica sin tener que invertir recursos en ensayos destructivos o cuando no es posible ensayar objetos en escala real por la complejidad de estos (28).

El corte de los herrajes, el fresado de la trayectoria y otros procesos industriales, fue realizado en la empresa Deshard Systems México la cual se dedica al desarrollo, diseño y fabricación de maquinaria por Control Numérico (CNC), además de diversos componentes y sistemas de automatización de procesos industriales.

El corte de los laterales se realizó en la empresa llamada Centro Maderero el Cedro, la cual se dedica al comercio al por mayor de madera para la construcción y la industria.

El moldeo y reproducción de la trayectoria, la fabricación del pistón, el troquelado de los herrajes y el acabado de herrajes y laterales, se realizó en la empresa llamada FIGO Ingeniería en Mobiliario, dedicada al diseño y fabricación de mobiliario personalizado.

Los materiales necesarios para la fabricación del prototipo fueron los siguientes:

- Acero laminado en frío calibre 14.
- Contrachapado de 12 mm.
- Resina de poliéster insaturado.
- Redondo de 3/8".
- Tubo moflero de 1/2".
- Caucho de silicón P-48.
- Corredera de extensión reforzada de 40 cm.
- Diversos resortes.
- Tornillería diversa.

6.2 Metodología

En la figura 6.3 se muestra el diagrama de actividades realizadas a lo largo del proyecto, para poder cumplir con todos los objetivos específicos planteados, hasta llegar a la fabricación del prototipo.

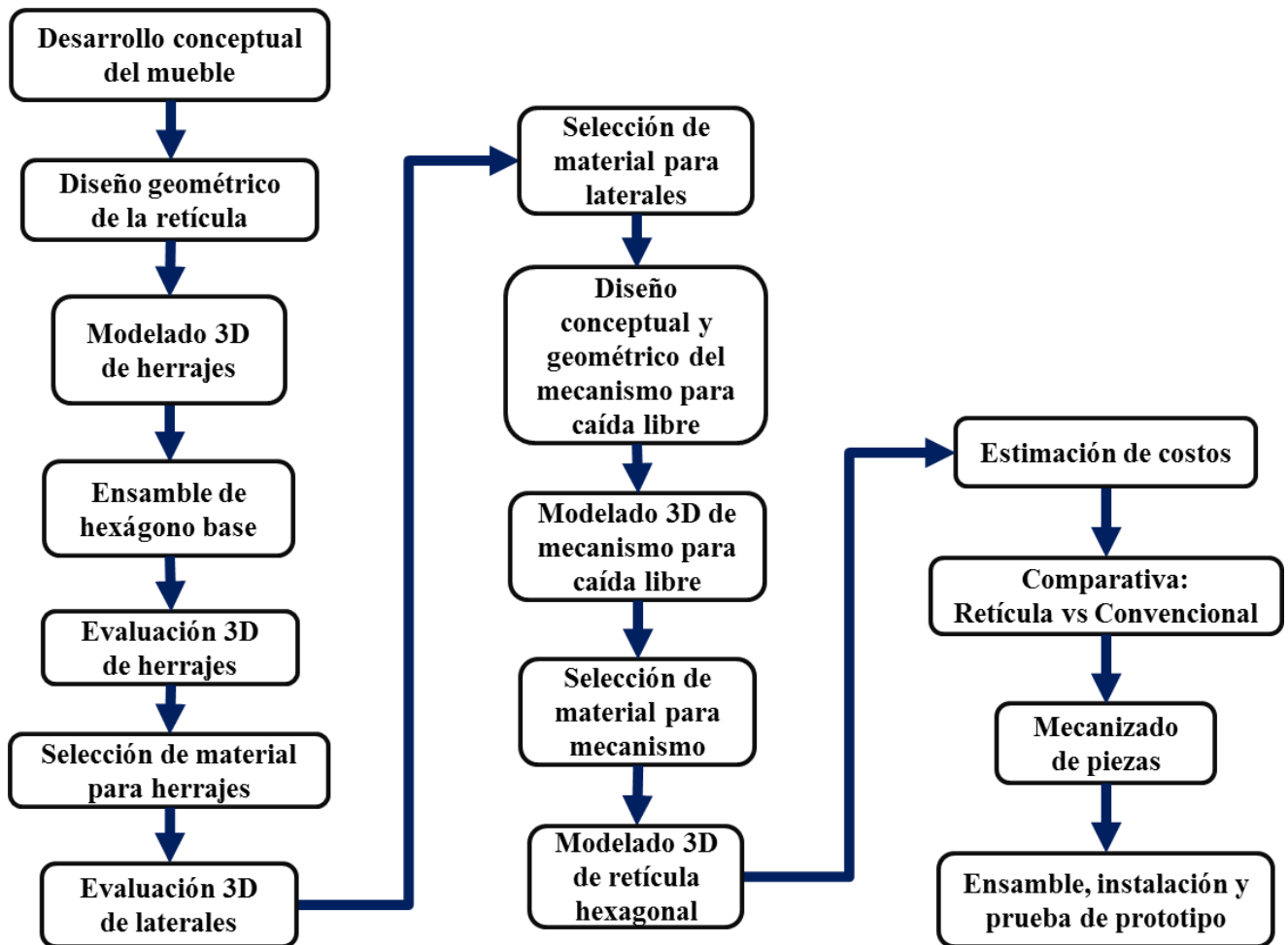


Figura 6.3. Diagrama para la descripción de actividades durante el desarrollo del proyecto

6.2.1 Desarrollo conceptual del mueble

Tal como se explicó con anterioridad, se identificó la necesidad de crear un mueble para almacenamiento flexible en todas sus características, capaz de producirse en serie y a la vez contar con las características especiales de un mueble personalizado como son: poder escoger

dimensiones, acabados, materiales, diseño; y al mismo tiempo ser capaz de adaptarse al bolsillo de cualquier persona.

Esta idea nació, debido a que en los ocho años de experiencia de la empresa “FIGO Ingeniería en Mobiliario”, se pudo observar una tendencia por parte de los clientes de querer adquirir un producto que se pueda adaptar a su espacio y al estilo de su vivienda, ya que los muebles existentes en el mercado, ya sea de tiendas departamentales o mueblerías, vienen con dimensiones estándares, así como 1 o 2 opciones de acabado y materiales.

Lo que conlleva a buscar fabricantes independientes que cumplan con todas las especificaciones que el cliente requiera, aumentando significativamente el costo y el tiempo de producción del mueble. Conforme se avanzó en la investigación, se encontró una manera particular que probablemente podría abarcar esta extensa flexibilidad para el diseño del prototipo, una retícula.

Como se mencionó en los antecedentes, sólo hay tres polígonos regulares que al unirse repetidamente entre sí puedan cerrar un espacio plano sin dejar huecos, y estos son: el triángulo equilátero, el cuadrado y el hexágono regular.

Aunque las abejas han sabido durante millones de años que los hexágonos son las formas más eficaces para desarrollar los panales de miel, sólo muy recientemente los matemáticos han aclarado por completo la Conjetura del Panal: entre las infinitas elecciones de diferentes estructuras que las abejas podrán haber construido, el retículo de hexágonos que se puede observar en la figura 6.3, permite a la colonia maximizar su capacidad de almacenamiento de miel minimizando el consumo de cera en la construcción de las paredes de las celdas.

Esta conjetura, que ha sido objeto de una profunda curiosidad por parte de los matemáticos y permanecía sin demostrar desde la fecha de su planteamiento por Pappus de Alejandría (c.290-c.350), fue finalmente resuelta en 1999 por el matemático Thomas C. Hales (1958), de la Universidad de Pittsburg (24).

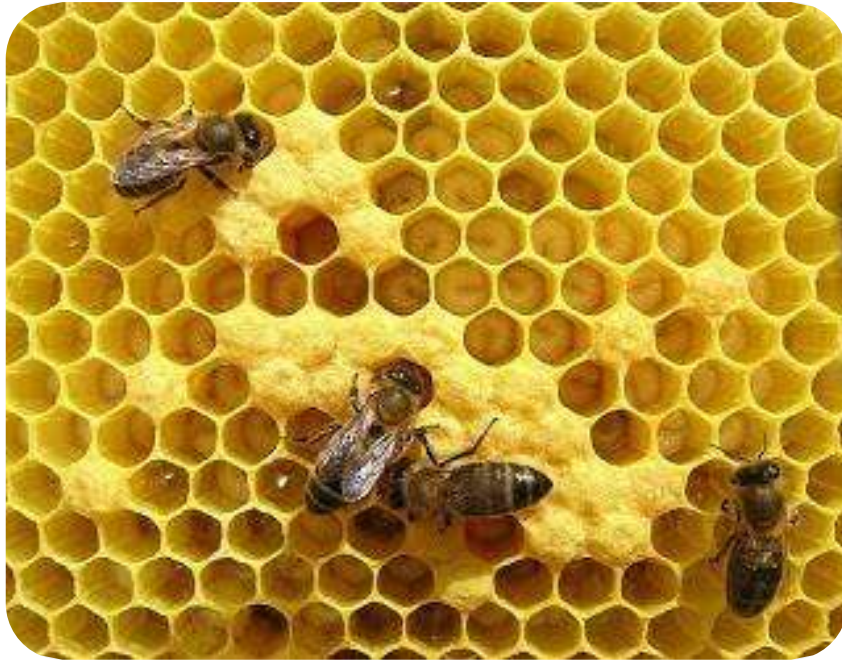


Figura 6.3 Retícula hexagonal de un panal de abejas (30)

Este hecho se puede demostrar de una manera muy simple, en la figura 6.4, tenemos un cuadrado, un triángulo y un hexágono regular con un perímetro igual a 12 cm cada uno, si suponemos que el área del hexágono representa el 100% (es decir, la máxima capacidad de almacenaje) y lo comparamos con los otros polígonos regulares, podemos observar que el área del hexágono es 13.6% mayor a la del cuadrado y 33.3% mayor que la del triángulo. Así que nuestro diseño inicial de retícula modular, constara de un hexágono como base de esta.

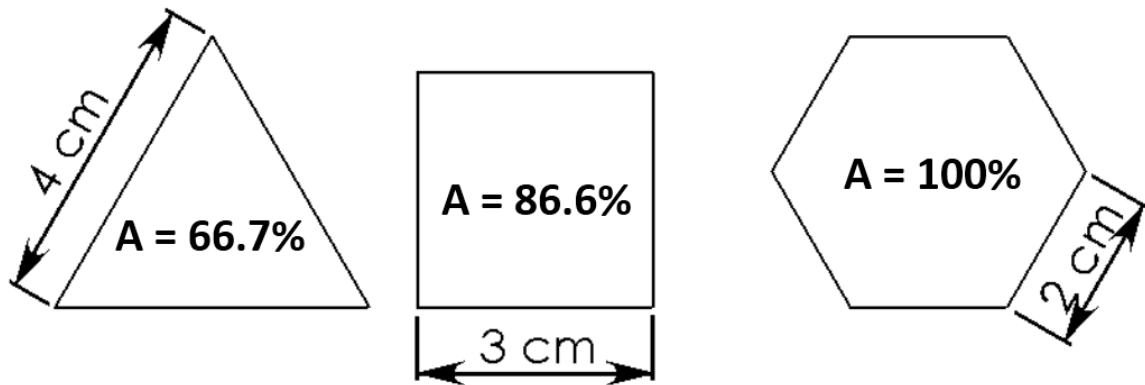


Figura 6.4 Áreas de diferentes figuras geométricas

Al describir la forma que va tomar el mueble, se prosigue a nombrar las características/ventajas que le otorga la retícula hexagonal a un mueble para almacén:

- ✓ Flexibilidad en su costo, ya que el precio final estaría principalmente ligado al tamaño de la retícula que el cliente adquiriera y en segundo lugar, al material elegido. para que cualquier familia sin importar su situación económica sea capaz de adquirirlo
- ✓ Flexibilidad en su diseño, ya que el cliente elegiría la distribución de la red que se pueda adaptar mejor a su espacio, sin importar el tamaño de la vivienda.
- ✓ Diferentes tipos de acabado, para que pueda combinar con el estilo o color de cualquier vivienda.
- ✓ Amplia flexibilidad en sus dimensiones, ya que la retícula brinda la facilidad de escoger las dimensiones que requieren dependiendo del número de hexágonos que se adquieran para poder instalarse en cualquier espacio dentro de la vivienda.
- ✓ Diferentes tipos de funcionamiento, se pretende que no solo sea una repisa hueca, si no esté la opción de tener cajones en su interior, así como diferentes divisiones en las repisas para que se pueda adecuar a las necesidades particulares de cada familia.

Características especiales consideradas:

- ✓ Retícula modular RTA. Se consideró desarrollar un sistema modular armable, el cual es capaz de transportarse en cualquier tipo de auto e instalarse sin mucha complejidad por la mayoría de los habitantes.
- ✓ Retícula horizontal y vertical. Se pretende que el flujo de la retícula empieza por su instalación en cualquier muro y pueda fluir también de manera vertical en el techo.

6.2.2 Diseño geométrico de la retícula

6.2.2.1 Hexágono base

Para definir las dimensiones del hexágono “base”, que permitirá crear la retícula, se tuvieron que equilibrar 4 aspectos importantes:

1. Presentación y dimensiones de la materia prima.

Siendo la medida comercial de 122x244 cm, para cualquier tipo de tablero, ya sea MDF, contrachapado, OSB y aglomerado, siendo estos los más comerciales.

2. Datos antropométricos.

Pensando en que la retícula se pueda expandir hasta el espacio aéreo de cualquier habitación, es importante que esta no estorbe para el tránsito cotidiano de los habitantes, y a su vez pueda ser alcanzada por cualquier adulto ya sea hombre o mujer. Es por eso que los datos que se tomarán serán solamente de la mujer en la zona urbana (32), ya que su estatura y alcances son menores comparados con los del hombre,

- a. La Estatura es de 164.7 cm
- b. La longitud del brazo hacia adelante es de 67.5 cm
- c. Altura de los hombros es de 133.3 cm

En la figura 6.5 se muestra el perfil de una persona, en este caso con los datos antropométricos de una mujer, y se pueden observar las diferentes alturas resultantes al instalar el cajón vertical, garantizando el correcto alcance para la activación del cajón vertical.

3. Altura promedio de una casa.

El código de edificación de vivienda 2010, así como también las disposiciones y reglamentos de vivienda-2006 (INFONAVIT), nos señala que la altura mínima debe de ser de 2.4 m

4. Dimensiones promedio de un gabinete.

La medida más común utilizada por los fabricantes de cocinas integrales de un gabinete superior es de 30 x 60 x 30 cm, dando un volumen de almacenaje de 54,000 cm³.

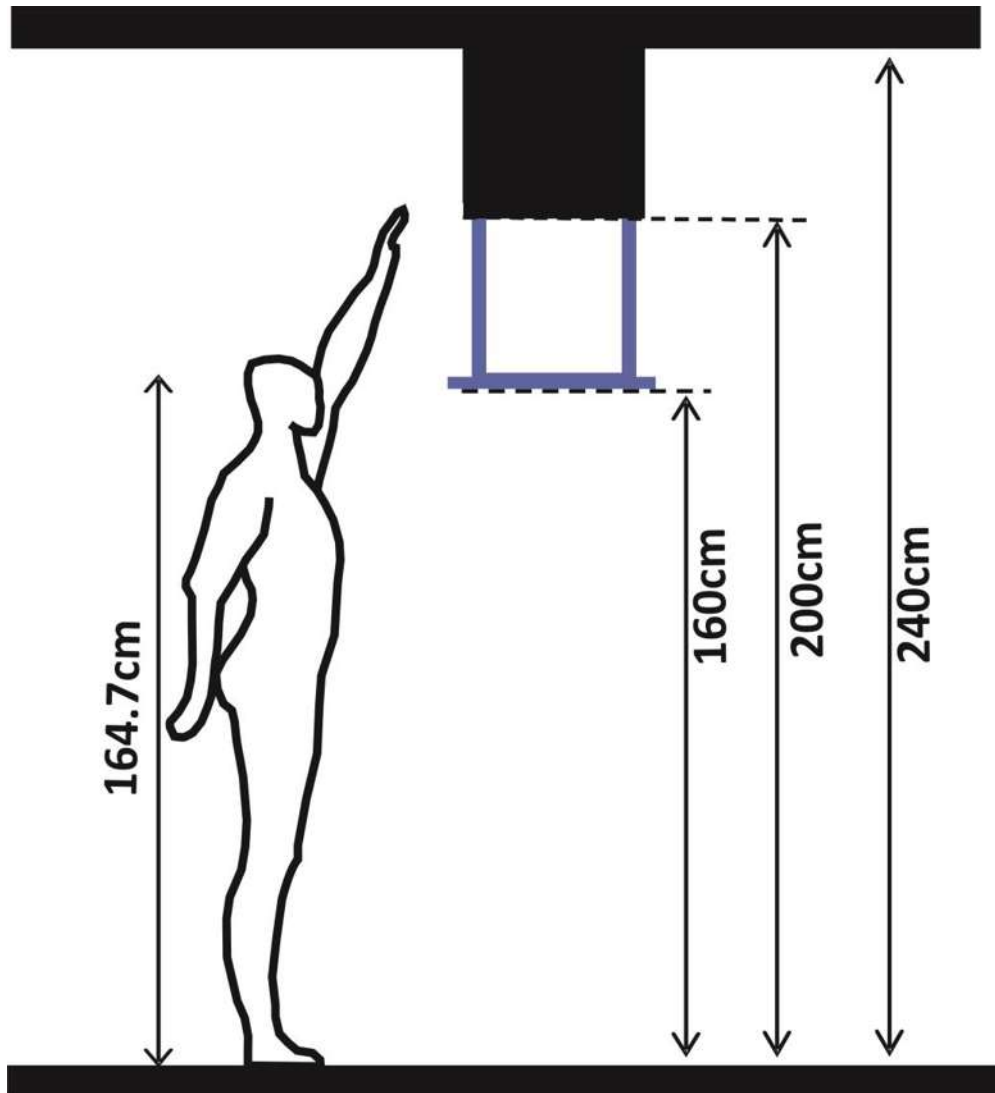


Figura 6.5 Ejemplificación para la instalación de la retícula aérea y los alcances para la mujer promedio en zona urbana

Por lo cual se tomó la decisión de formar hexágonos con 6 lados iguales de 24 x 40 cm, como se muestra en la figura 6.6, con un volumen interno para almacenaje de 59,860 cm³; por ejemplo, una red de aproximadamente 7 hexágonos, la cual se puede apreciar en la figura 6.7 se obtiene al cortar 30 rectángulos iguales de una hoja comercial, como se muestra en la figura 6.8,. Aprovechando el 99% de la hoja, con un mínimo de desperdicio.

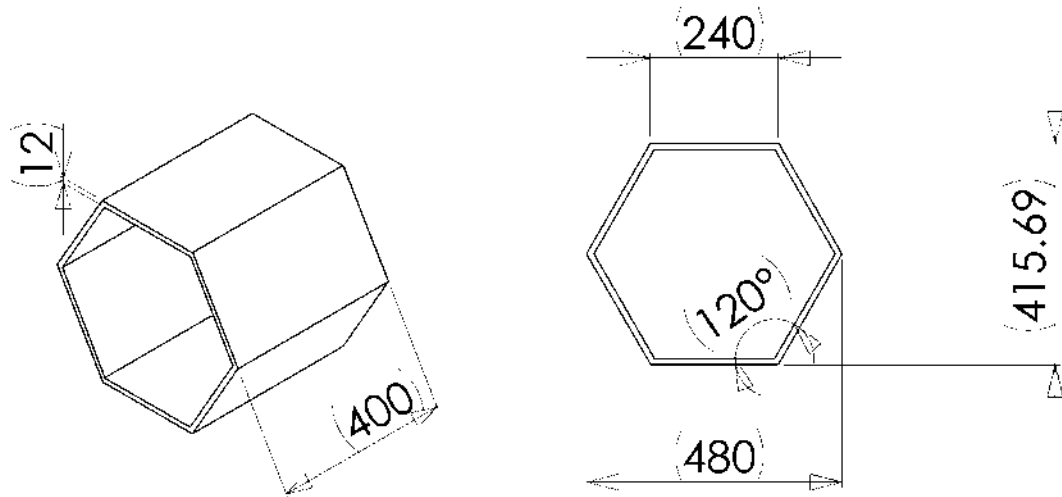


Figura 6.6. Dimensiones de hexágono base para la retícula modular (Acot: mm)

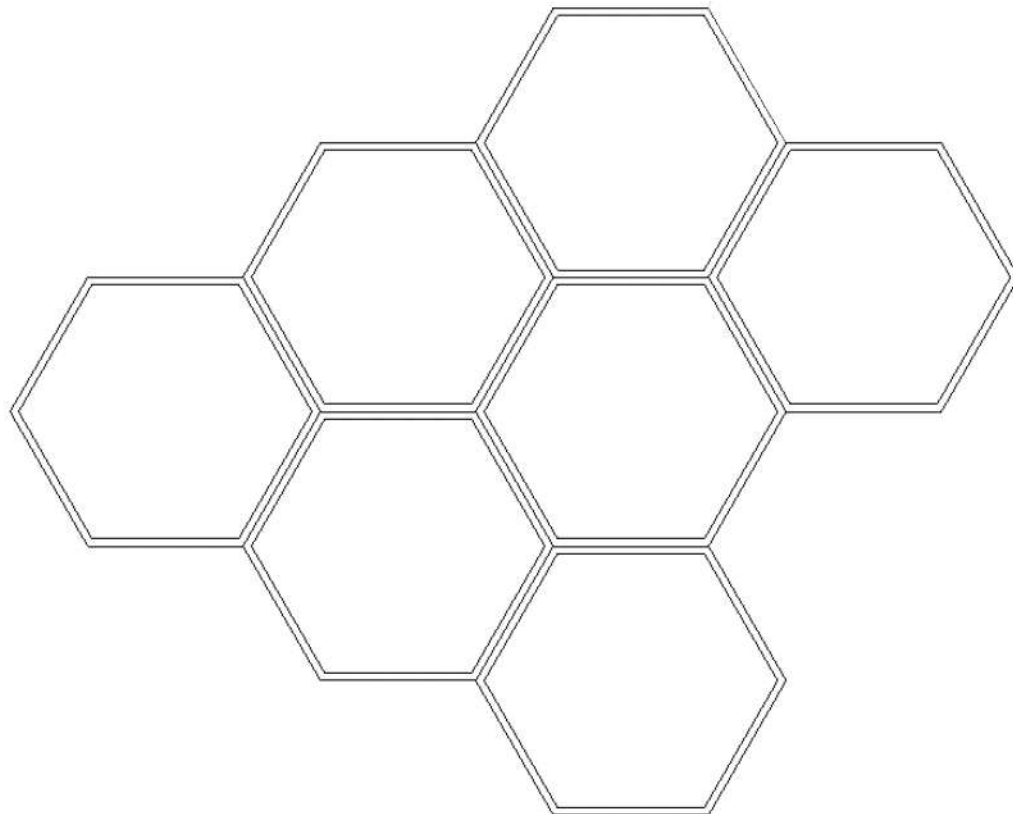


Figura 6.7 Ejemplificación de una retícula hexagonal formada por 7 piezas.

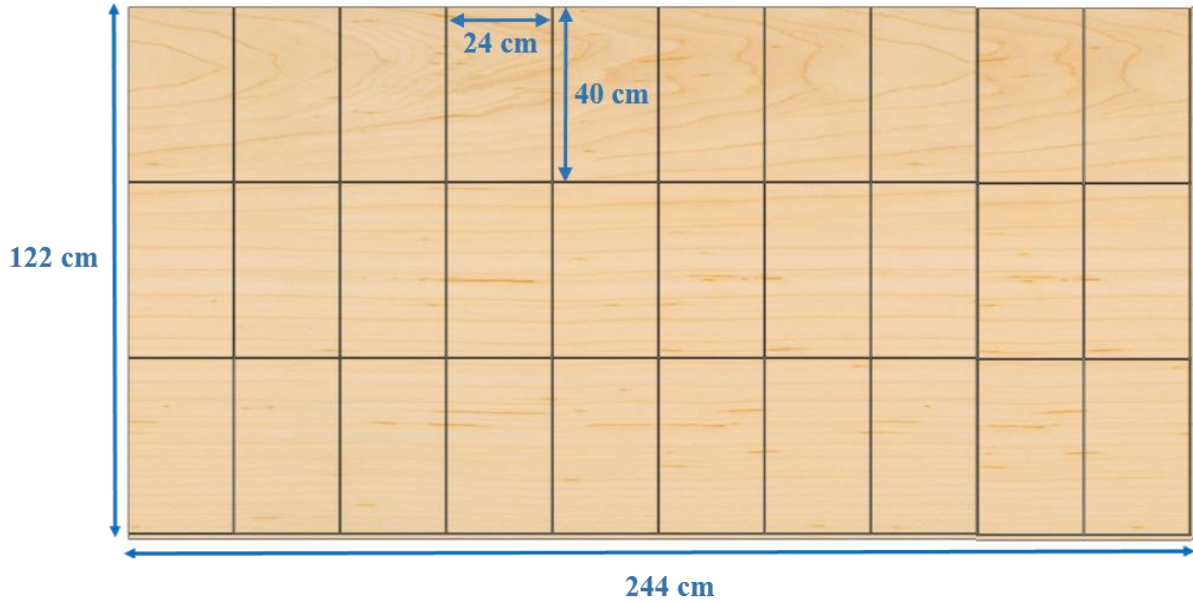


Figura 6.8 Visualización del corte de 30 rectángulos de 24 x 40 cm en escuadradora de una hoja comercial de contrachapado de 12 mm.

6.2.2.2 Repisas internas

La base del mueble es la retícula hexagonal, tal como se explicó con anterioridad, sin embargo, se requieren diseñar diferentes repisas en caso de querer dividir el espacio dentro del hexágono para diferentes tipos de artículos, como se muestra en la figura 6.9. Así también, es importante diseñar un cajón en caso de querer aumentar el número de funciones de la retícula, como el que se muestra en la figura 6.10.

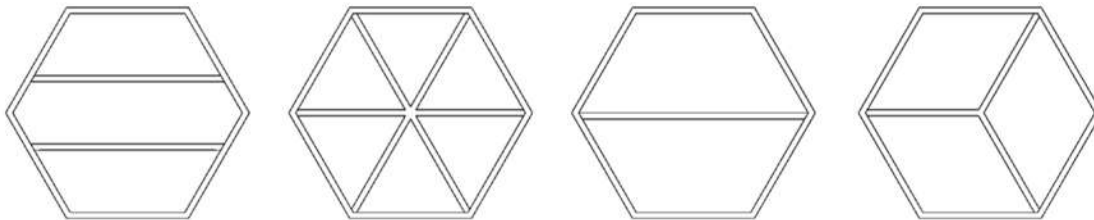


Figura 6.9 Tipos de repisas internas para retícula hexagonal

6.2.2.3 Cajón estándar

Se pretende que la retícula pueda armarse empezando desde cualquier muro de la habitación, y continuar de manera vertical al techo de esta misma. Para así poder maximizar el espacio para el almacenamiento, ocupando el espacio aéreo de cualquier habitación sin entorpecer las actividades cotidianas de los habitantes.

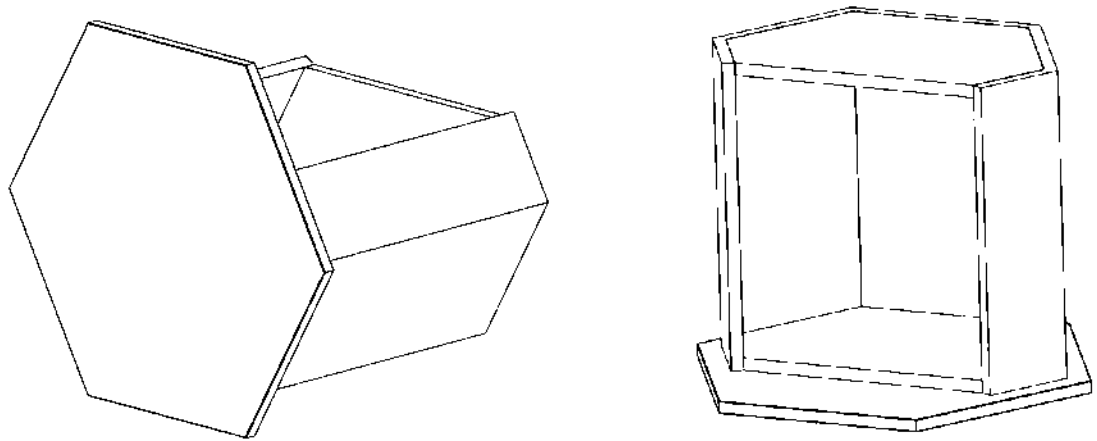


Figura 6.10 Diseño de cajón interno para hexágono base

El cajón debe ser estandarizado, para que se pueda usar ya sea de manera convencional o de manera aérea (vertical). Ya sea horizontal o vertical, el cajón se instalaría con un par de correderas de extensión reforzadas de 40 cm aprox. lo único que se agregaría al cajón aéreo, sería el mecanismo que controla la velocidad en caída libre de este.

6.2.3 Modelado 3D

Al definir la forma, la dimensión y las especificaciones de la retícula hexagonal, se desarrolló un 1er prototipo de la retícula final en formato 3D, con ayuda del software SOLIDWORKS 2013 para su modelado. Es importante indicar, que en este primer prototipo, no se muestra la manera en la cual se va ensamblar la retícula. Ya que este modelo solo tiene el objetivo de mostrar visualmente las características mencionadas en el desarrollo conceptual y geométrico.

En la figura 6.11 y 6.12 se puede observar una retícula hexagonal iniciando por la parte inferior de la habitación/espacio la cual fluye hasta el techo de esta misma, también se pueden apreciar algunos cajones y repisas, los cuales se desarrollaron geoméricamente con anterioridad.

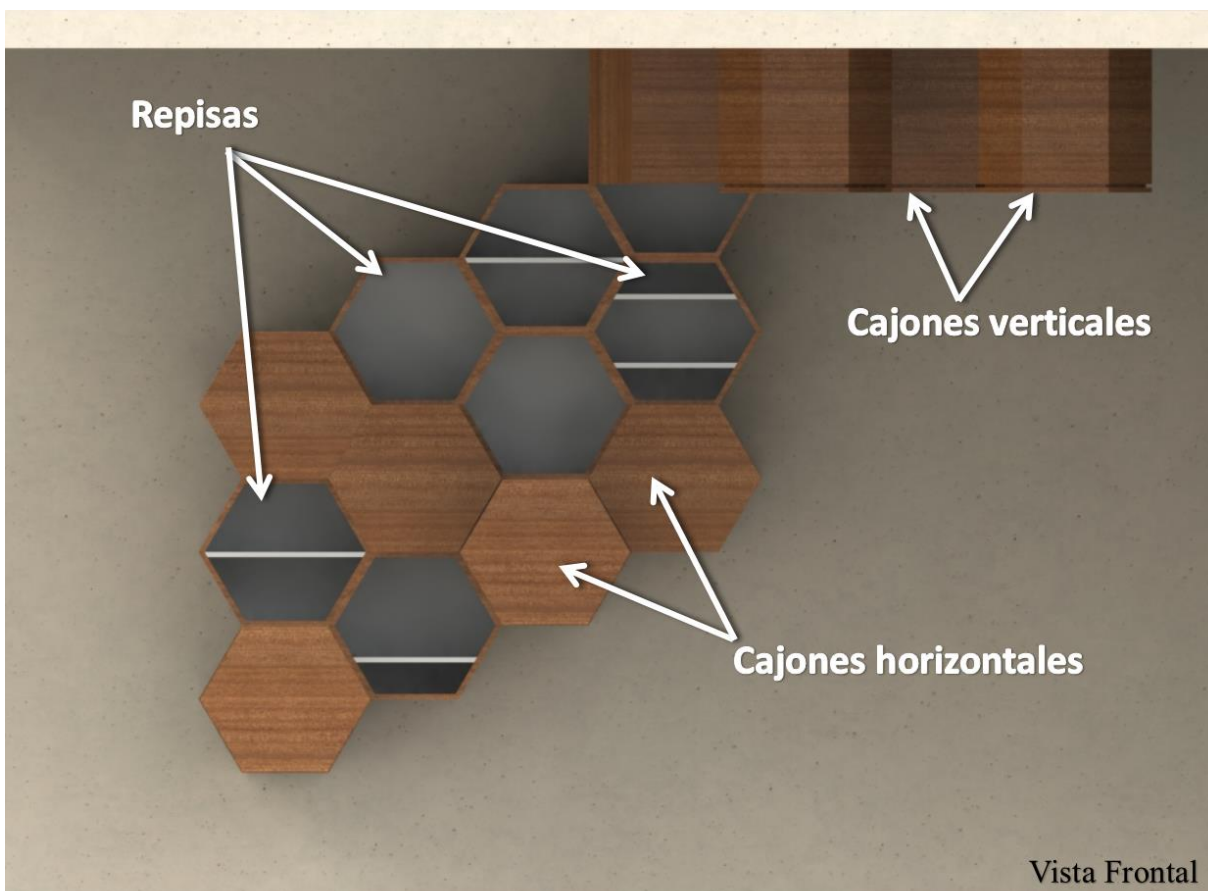


Figura 6.11 1er diseño 3D de retícula hexagonal vista frontal

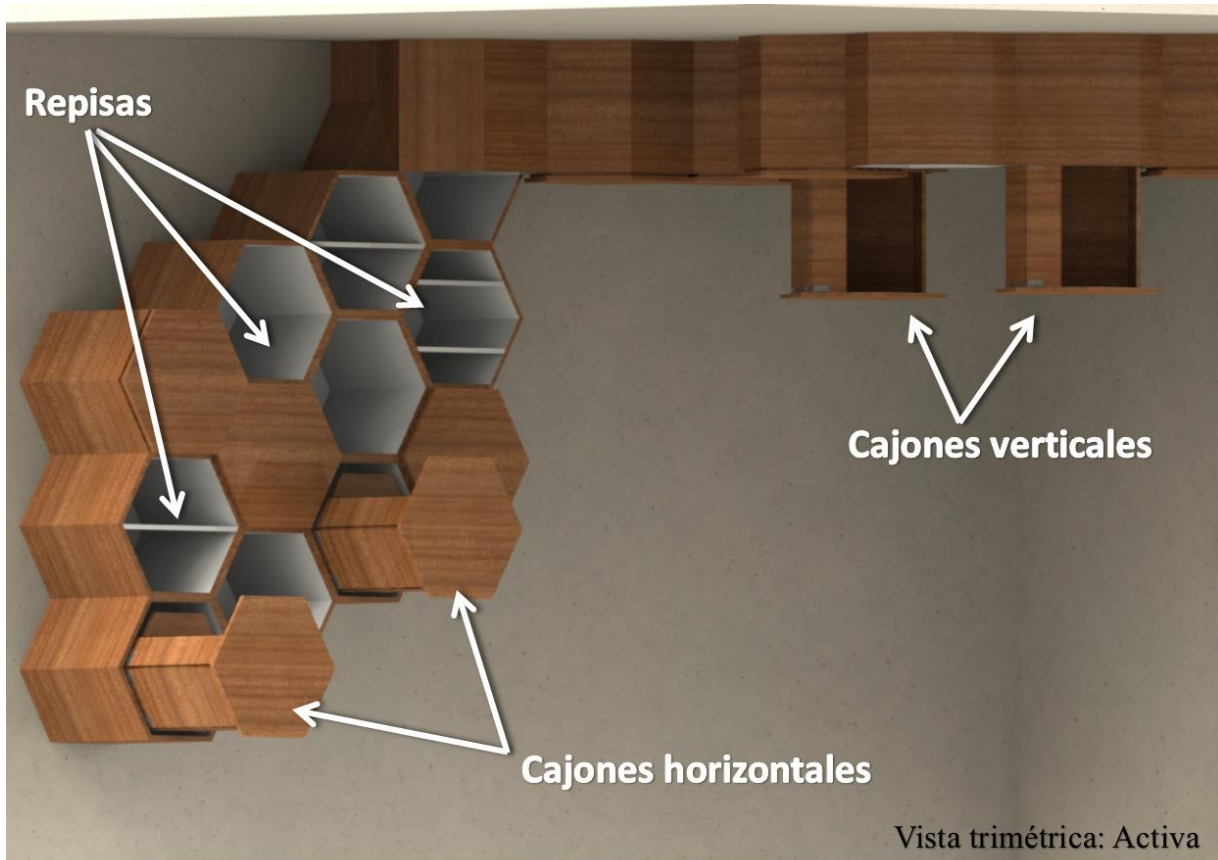


Figura 6.12 1er diseño 3D de retícula hexagonal vista trimétrico.

Al tener el diseño 3D de la retícula, se prosigue con el diseño de los herrajes, los cuales cumplirán con la función de unir los rectángulos/laterales en el ángulo exacto (120°) para formar hexágonos de las mismas dimensiones, dando lugar a una retícula hexagonal perfecta; ya que no es conveniente desarrollar una retícula con hexágonos independientes por las siguientes razones:

1. Aumento en costos de materia prima, debido a la doble pared que existiría al unir un hexágono a otro hexágono.
2. Aumento en costos de transportación y almacenaje, debido al volumen interno desperdiciado en cada hexágono
3. Aumento en mano de obra, al tener que contar con más personal para el armado de los hexágonos antes de su transportación.
4. Mayor desgaste de máquinas y herramientas de corte.

Antes de comenzar con el diseño de los herrajes, fue necesario analizar cuantos tipos de herrajes diferentes se necesitan para completar la retícula, así como la posición de cada uno de ellos.

Para evitar la deformación del hexágono, fue necesario empotrarlo de tres de sus seis vértices, repartidos simétricamente cada 120° como se puede observar en la Figura 6.13. Los herrajes básicos son los que pueden unir dos o tres laterales, los cuales estarán ubicados principalmente en la parte frontal de los hexágonos. Sin embargo, ya que la retícula está diseñada para empotrarse al muro fue necesario diseñar otros dos herrajes que cumplan con esta función, además de poder unir dos o tres laterales, dependiendo de su posición en la retícula.



Figura 6.13 Vértices para empotramiento de hexágono base (Vista posterior)

Por lo tanto para formar un hexágono base se necesita un total de 12 herrajes, 6 frontales y 6 posteriores, de los cuales 3 de estos últimos, tengan la capacidad para poder empotrar el hexágono al muro y así evitar su deformación; tal como se ejemplifica en la figura 6.14.

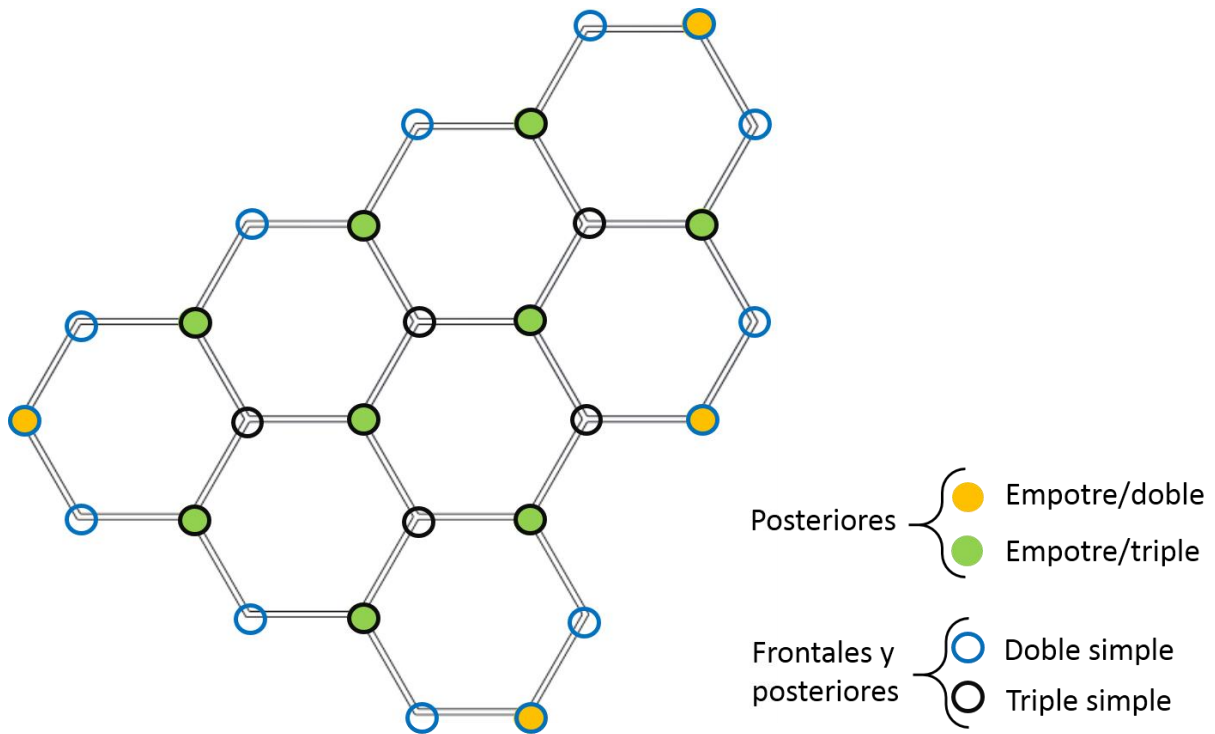


Figura 6.14 Ejemplificación de la unión de una red hexagonal mostrando los 4 tipos de herrajes necesarios.

En resumen los herrajes necesarios serían los siguientes:

1. Herraje simple para unir 2 laterales
2. Herraje simple para unir 3 laterales
3. Herraje con pestaña para empotrar y capaz de unir 2 laterales
4. Herraje con pestaña para empotrar y capaz de unir 3 laterales

Al observar y analizar las ventajas y desventajas de los herrajes que existen actualmente, se decidió por empezar con el desarrollo de un juego de herrajes en resina de poliéster debido a la experiencia en este campo, así como el bajo precio de la materia prima. Posteriormente por recomendación del Sr. Luis Chagolla, Gerente General de Deshard Sytems México, se diseñaron herrajes en chapa de acero laminado en frío, debido a la facilidad de producción masiva en este tipo de material, comparada con la complejidad que conlleva el realizarlos en resina de poliéster. Mostrando a continuación la evolución en el diseño de cada herraje, así como evaluación y selección final.

6.2.3.1 Herrajes de resina de poliéster

La resina de poliéster está considerada como un plástico termoestable. Como su nombre implica, un material termoplástico se deforma con la temperatura, en tanto que uno termoestable tiene forma permanente y no se deforma con la temperatura. Los termoestables son resinas que experimentan un cambio químico, llamado curado, durante su elaboración a fin de formar estructuras transversales y tornarse permanentemente insolubles e infusibles. Por tanto, no se pueden derretir y procesar de nuevo (33).

Las propiedades mecánicas dependen de las unidades moleculares que forman la red y de la extensión y densidad de los enlaces cruzados. Lo primero está determinado por los productos químicos iniciales usados y lo segundo por el control de los procesos de unión reticular que están involucrados en el curado. Las propiedades están sujetas a grandes variaciones dependiendo del sistema químico usado y de las condiciones de curado (34).

Este tipo de resina es utilizada principalmente para replicar piezas ornamentales y como matriz para materiales compuestos como fibra de vidrio, que tienen aplicaciones comerciales e industriales, y en el transporte por tierra y por mar.

Las resinas termoestables se consideran normalmente como sólidos frágiles. Esta afirmación debe ser modificada, pues la evidente fragilidad en ensayos a tracción uniaxiales simples, es en parte por la preparación de las muestras y por los procedimientos de ensayo (34).

Como se mencionó anteriormente, debido a la experiencia en el uso de este material, se diseñaron los herrajes para los diferentes tipos de unión en la retícula, manejando un espesor de 5 mm, tratando de equilibrar sus propiedades mecánicas, así como su vista y ensamblaje con las demás piezas que forman la retícula. En la figura 6.15 se muestra la evolución que tuvo el primer prototipo, ya que se observó un aumento de su resistencia al colocar un nervio o refuerzo en la parte interna del herraje, así como también una ranura específicamente para la colocación de un fondo dentro del hexágono base con el fin de reforzar este.

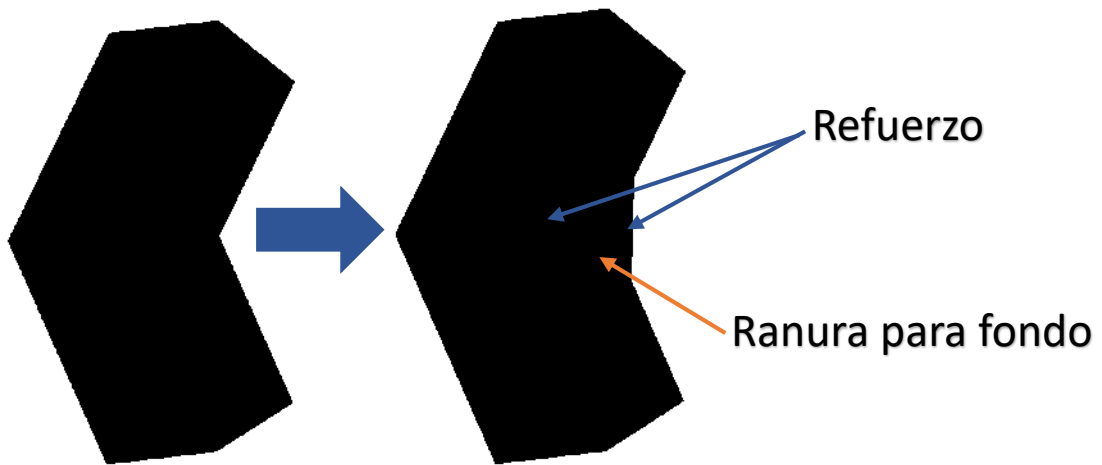




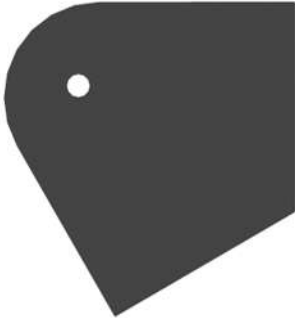





Figura 6.15 Evolución del prototipo para el herraje simple doble, en resina de poliéster.

Posteriormente se realizó el diseño de los 4 tipos de herrajes diferentes, necesarios para formar la retícula hexagonal, para su posterior ensamble y simulación, tal como se pueden observar en el cuadro 6.1

Cuadro 6.1. Tipos de herrajes en resina de poliéster insaturado

Tipo de herraje	Dimensiones	Vista superior	Vista trimétrica
Herraje simple para unir 2 laterales	Espesor: 0.5 cm Altura: 3.7 cm Largo: 6 cm Ancho: 4.9 cm		
Herraje simple para unir 3 laterales	Espesor: 0.5 cm Altura: 3.7 cm Largo: 7.6 cm Ancho: 6.6 cm		
Herraje con pestaña para empotrar y capaz de unir 2 laterales	Espesor: 0.5 cm Altura: 3.7 cm Largo: 6.6 cm Ancho: 6.15 cm		
Herraje con pestaña para empotrar y capaz de unir 3 laterales	Espesor: 0.5 cm Altura: 3.7 cm Largo: 8.87 cm Ancho: 6.6 cm		

6.2.3.2 Herraaje de acero laminado en frío

Se conoce como laminación, laminado o incluso rolado, al proceso industrial que consiste en tomar la lámina de acero obtenida en caliente y reducirle su espesor, proporcionándole mejores propiedades físicas y excelente acabado superficial que la hace utilizable en otras actividades industriales como son la industria automotriz, la producción de muebles, gabinetes y electrodomésticos, así como en la construcción.

El proceso se inicia una vez la lámina obtenida en caliente ha sido desoxidada y aceitada, haciéndola pasar continuamente por unos tanques de agua que realizan la limpieza previa antes de llevarla a los tanques con HCl a una temperatura de 15°C y una concentración aproximada de 15-18 %, en donde se eliminan las capas de óxido que trae consigo la lámina, dejando la superficie limpia, pero con algunos residuos ácidos, los cuales se eliminan en cubas de enjuague con sprays de agua caliente. Adicionalmente se cortan los bordes laterales, los cuales presentan grietas y fallas en su uniformidad.

Por último, previo al rebobinado, se aplica una fina capa de aceite para la protección del material ya decapado, durante el almacenamiento temporal, antes de seguir al proceso de laminación propiamente dicha. Una vez ha sido desoxidado y aceitado el acero laminado en caliente, pasa a un proceso de reducción de espesor en frío a temperatura ambiente; para lograrlo, el material se somete a una tensión longitudinal entre dos desbobinadoras, obligándolo a fluir a través del par de cilindros de laminación, que aplican una fuerza de compresión reduciendo el espesor y aumentando su longitud.

Como resultado de la laminación en frío, la microestructura del acero se distorsiona volviéndose muy frágil y dura. Por este motivo el material debe ser sometido a un proceso de tratamiento térmico denominado recocido, el cual regenera la microestructura y restablece la ductilidad del acero. Una vez finalizado el recocido, es necesario devolver el material al laminador, para darle a la bobina una pasada de acondicionamiento superficial, proceso llamado temple (35).

Se consideró utilizar acero laminado en frío debido a su espesor, su gran resistencia mecánica, y su facilidad de producir piezas de forma masiva. En la figura 6.16 se muestra la evolución que tuvo el primer prototipo, ya que el principal problema radicó en colocar un “tope” o pared que

limitara el avance del lateral, y así garantizar la formación de un hexágono perfecto, como se puede observar en los primeros 2 prototipos, el primero logra detener el avance del lateral con una pequeña brida en su diseño, y el segundo con un injerto de resina de poliéster en forma de hexágono, que se introduce en el hueco con la misma forma en el herraje, deteniendo el avance del lateral. Sin embargo, durante el desarrollo de estos, se observó que no era necesario un mecanismo para detener los laterales en la posición exacta, ya que simplemente con que el lateral tenga un pequeño barreno de 5 mm en la posición exacta en cada esquina, para lograr colocar el tornillo, traspasando el herraje y guiándolo hasta el barreno en el lateral, se acomodaría perfectamente logrando así el hexágono perfecto, como se muestra en la figura 6.17.

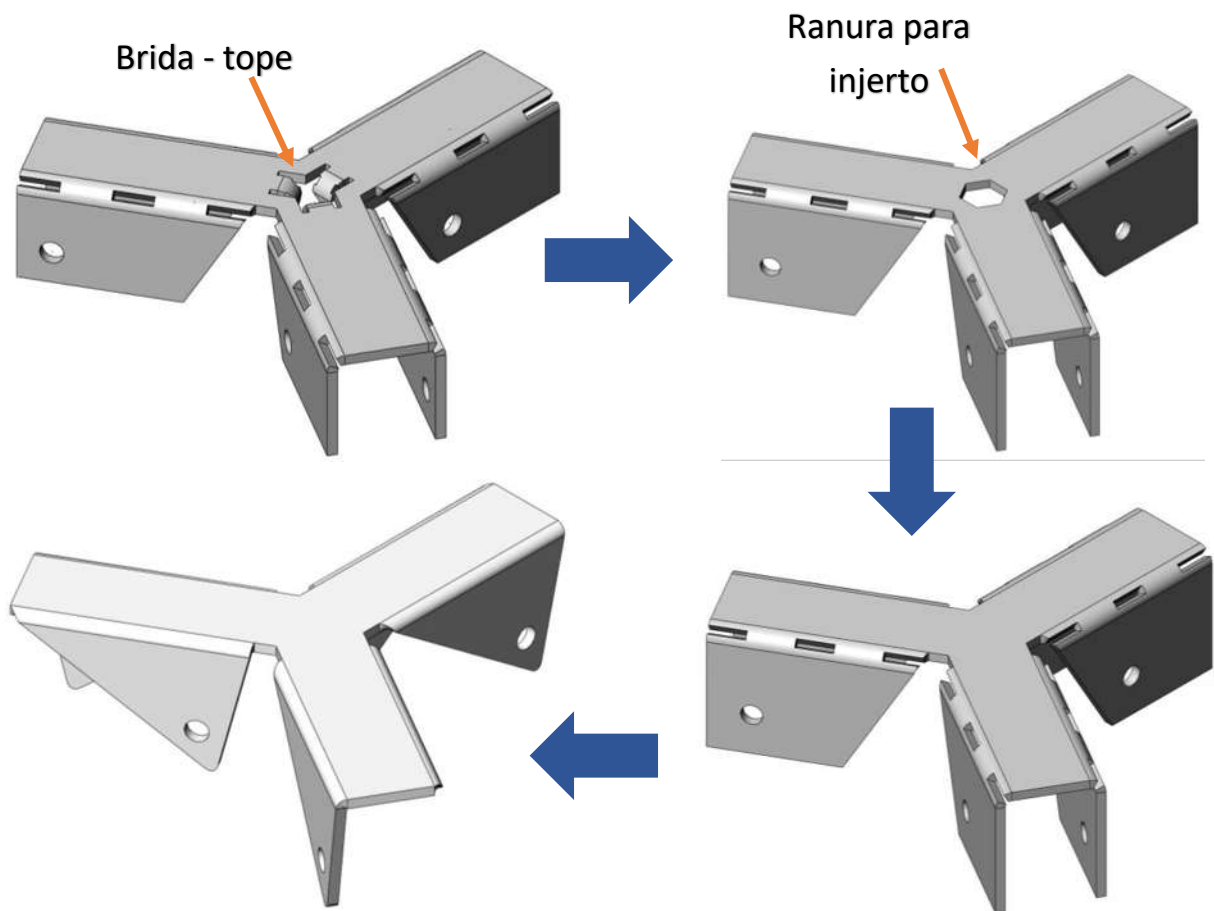


Figura 6.16 Evolución del prototipo para el herraje simple triple, en acero laminado en frío.

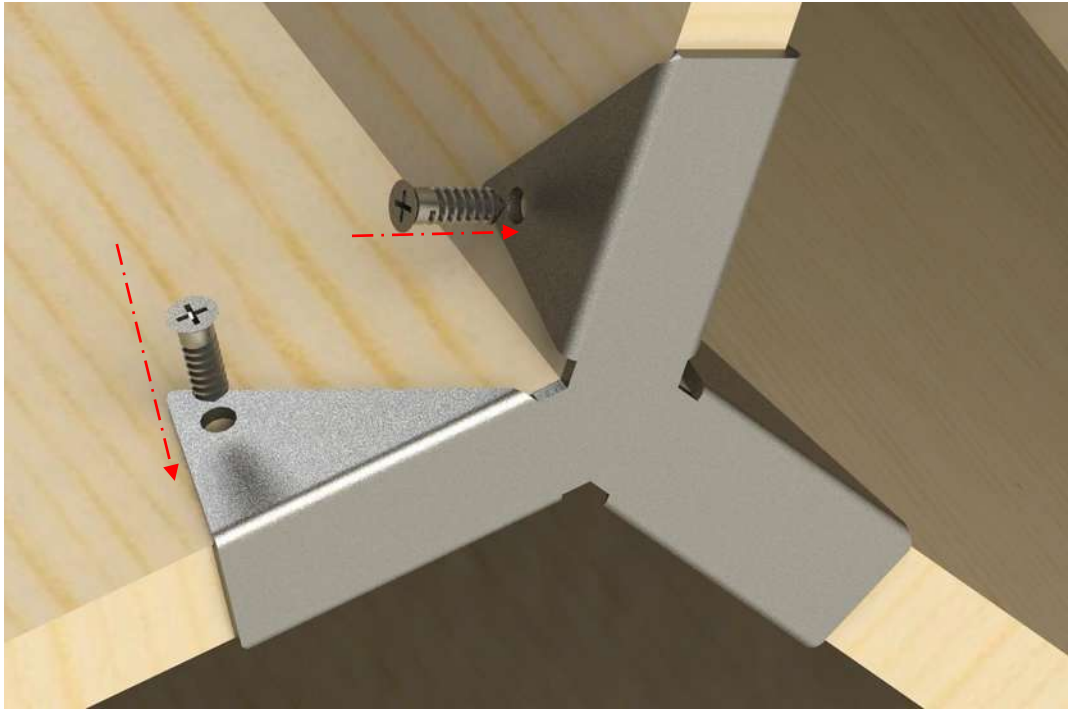
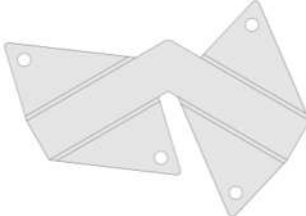
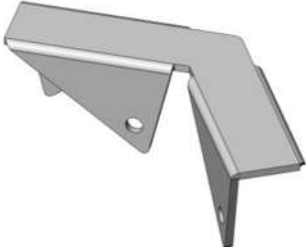
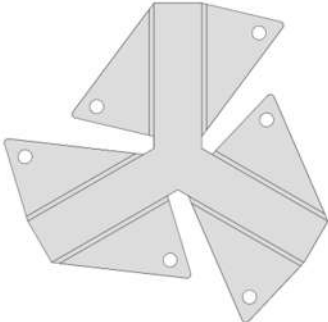
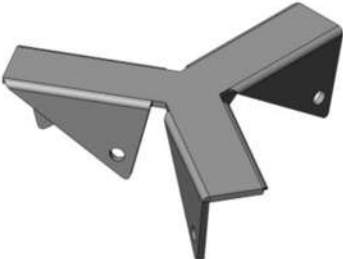
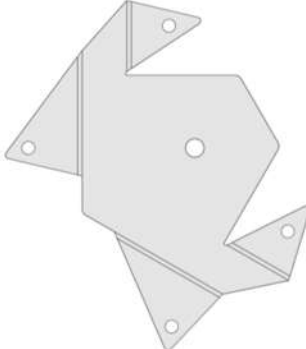

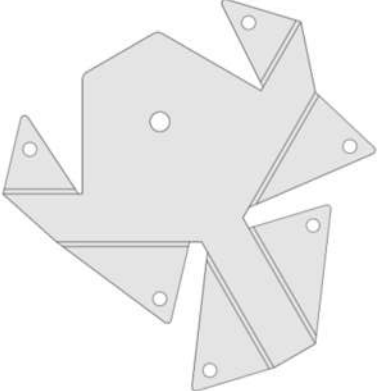
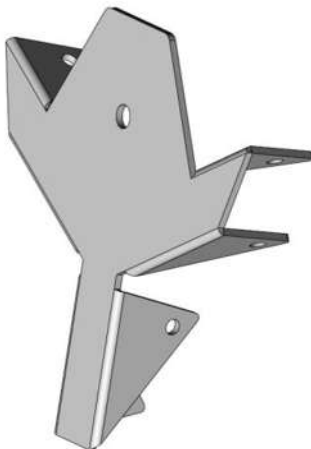


Figura 6.17 Ensamblaje de prototipo final del herraje simple triple, en acero laminado en frío.

Para poder garantizar lo anterior, es necesario fabricar una plantilla en una placa de acero con los 4 barrenos, uno en cada esquina, para poder copiar estos a todos y cada uno de los laterales por ocupar, para formar la retícula hexagonal. Además, es necesario un maquinado preciso de los tableros ya que podrían no coincidir las perforaciones del herraje con las del tablero.

Posteriormente se realizó el diseño de los cuatro tipos de herrajes diferentes, necesarios para formar la retícula hexagonal, como se puede observar en el cuadro 6.2; para su posterior ensamble y simulación

Cuadro 6.2 Tipos de herrajes en chapa de acero laminado en frío

Tipo de herraje	Dimensiones (Plegado)	Vista desplegada	Vista plegada trimétrico
Herraje simple para unir 2 laterales	Largo: 7.6 cm Ancho: 3.2 cm		
Herraje simple para unir 3 laterales	Largo: 7.6 cm Ancho: 6.6 cm		
Herraje con pestaña para empotrar y capaz de unir 2 laterales	Largo: 8 cm Ancho: 5.7 cm		
Herraje con pestaña para empotrar y capaz de unir 3 laterales	Largo: 8.8 cm Ancho: 8 cm		

6.2.4 Ensamble de hexágono base

En la figura 6.18 se pueden observar las piezas principales que forman al hexágono base, como son los diferentes tipos de herraje, y sus laterales. No obstante, el ensamblaje del hexágono base independientemente del material de los herrajes, requiere:

- 3 herrajes para empotrar.
- 9 herrajes de unión de dos o tres laterales.
- 6 laterales de cualquier tablero de 12 mm.
- 48 tornillos metálico #6 x 5/16" (4 por cada herraje).

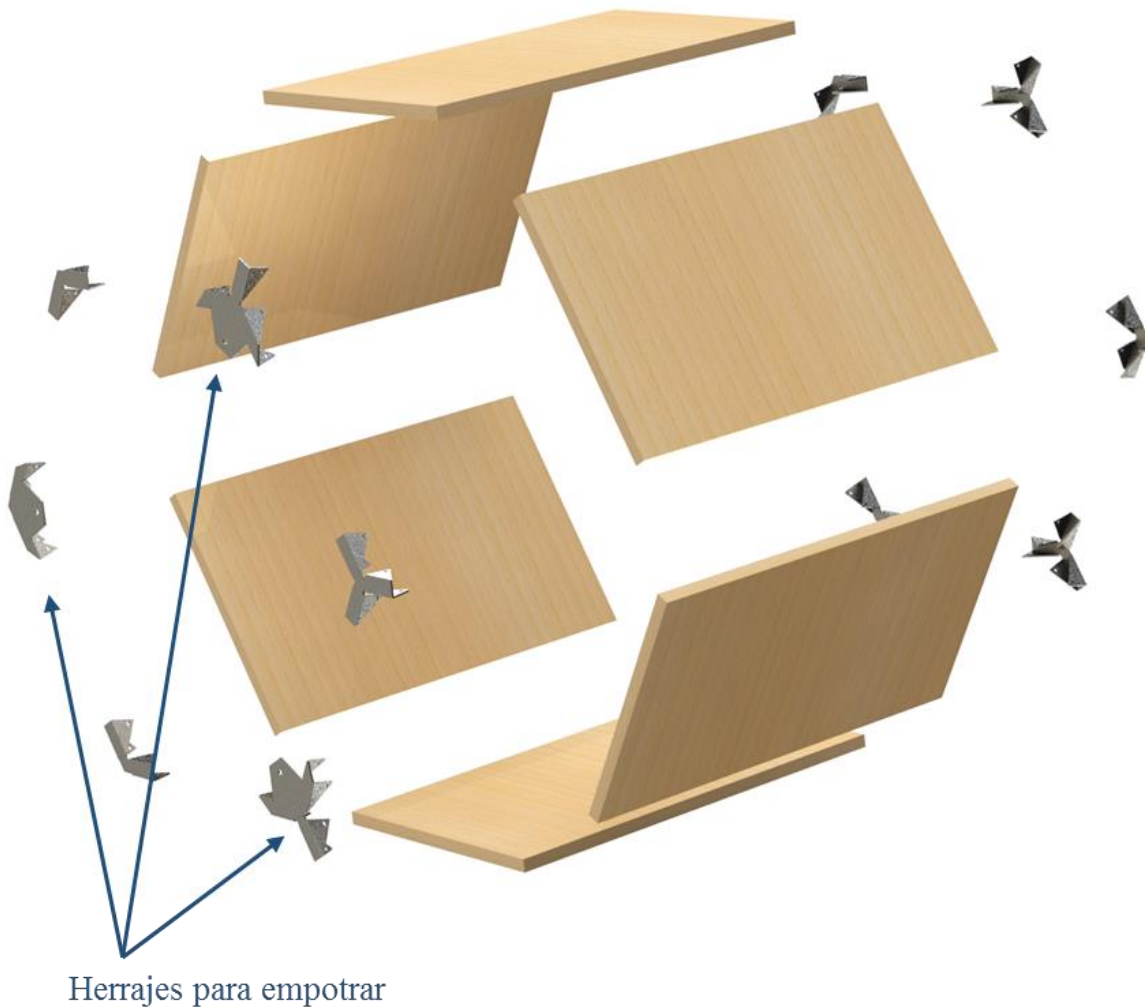


Figura 6.18 Vista explosionada del ensamblaje de un hexágono base con herrajes de acero

En la figura 6.19, se muestran 4 ejemplos de diferentes diseños que pueden realizarse con la retícula hexagonal, ya que el diseño depende de las necesidades y gustos cada persona, es por eso que no se puede simular o evaluar un diseño en particular de la retícula, ya que los resultados no se podrían generalizar para la infinidad de diseños que es posible realizar. Debido a esto, se evaluó un solo hexágono empotrado al muro con sus diferentes tipos de herrajes, y así se definió el parámetro de resistencia mínimo. Tal como nos menciona Josemaría Escrivá de Balaguer: “La resistencia de una cadena se mide por su eslabón más débil”.

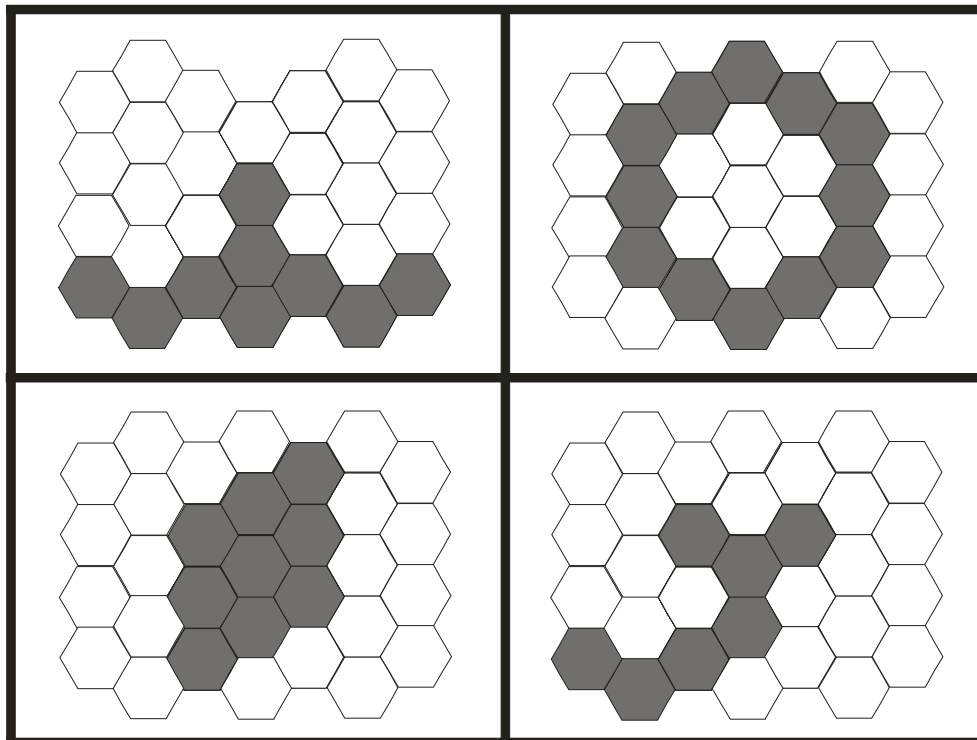


Figura 6.19 Ejemplos de diferentes diseños que pueden realizarse con la retícula hexagonal

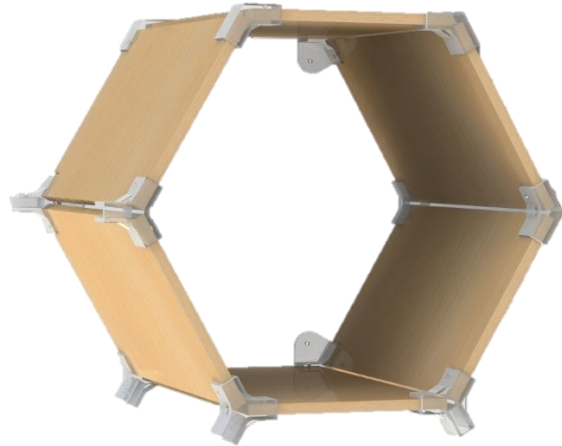
Para la evaluación, se manejaron 3 diferentes calibres para la lámina de acero, un solo espesor para la resina de poliéster, y 3 diferentes formas de reforzar el empotramiento del hexágono, siendo la primera sin ningún tipo de refuerzo, en la segunda se colocó una rondana antes de insertar los tornillos, y la tercera con un fondo hexagonal del mismo material que los laterales con un espesor de 9 mm, y después los tornillos, estas diferentes formas se pueden apreciar en el cuadro 6.3.

Cuadro 6.3. Representación de las 3 formas evaluadas para el empotramiento del hexágono base

Hexágono base sin refuerzo

Herrajes en chapa de acero laminado en frío

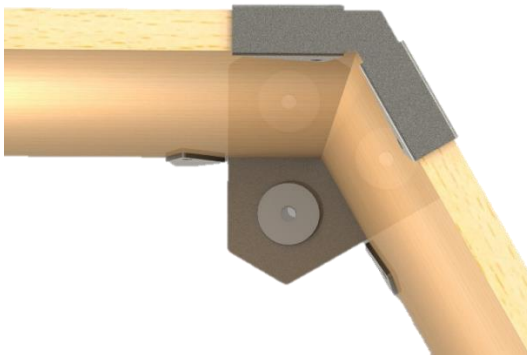
Herrajes en resina de poliéster insaturado



Hexágono base con rondana en herraje para empotre

Herrajes en chapa de acero laminado en frío

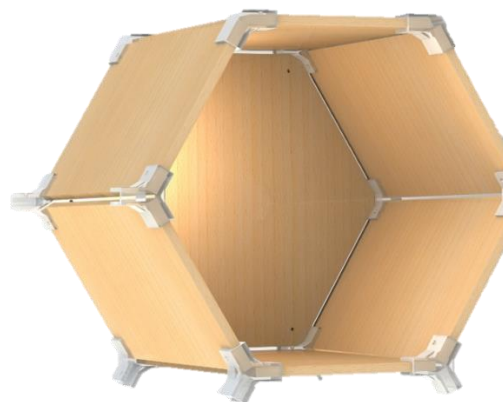
Herrajes en resina de poliéster insaturado



Hexágono base con fondo hexagonal

Herrajes en chapa de acero laminado en frío

Herrajes en resina de poliéster insaturado



6.2.5 Evaluación 3D del hexágono base

Específicamente se realizó un análisis estático utilizando el software SolidWorks Simulation 2013, permitiendo conocer cómo se deforma el hexágono base bajo la acción de ciertas cargas y como estas se transmiten a través del mismo. El análisis calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción que se producen sobre el hexágono base estudiado cuando se somete a la acción de cargas y a unas restricciones de movimiento (sujeciones).

La simulación permite evaluar el Factor de Seguridad (FS) y rediseñar el modelo para evitar el fallo en las zonas en las que se tienen elevadas tensiones. Un Factor de seguridad (FS) inferior a la unidad indica una falla del material. Cuando el factor de seguridad es mayor a la unidad el modelo se encuentra sometido a bajas tensiones y tiene la posibilidad de eliminar material y reducir su peso (optimización) sin necesidad de hacer prototipos físicos y pruebas de campo que encarecen el proyecto e incrementan el tiempo de lanzamiento del producto.

Es importante mencionar que el análisis estático no tiene en cuenta las fuerzas inerciales y supone un comportamiento lineal en el material simulado (El material recupera la forma original cuando deja de aplicarse la carga). A continuación se describirá el proceso de simulación que se llevó a cabo para cada material y sus diferentes refuerzos para empotramiento.

El primer paso es seleccionar en el software, los materiales utilizados para las diferentes piezas que forman el ensamblaje, como se muestra en el ejemplo de la figura 6.20, así como también el programa permite modificar o agregar ciertas propiedades que el usuario considere de vital importancia para el estudio.

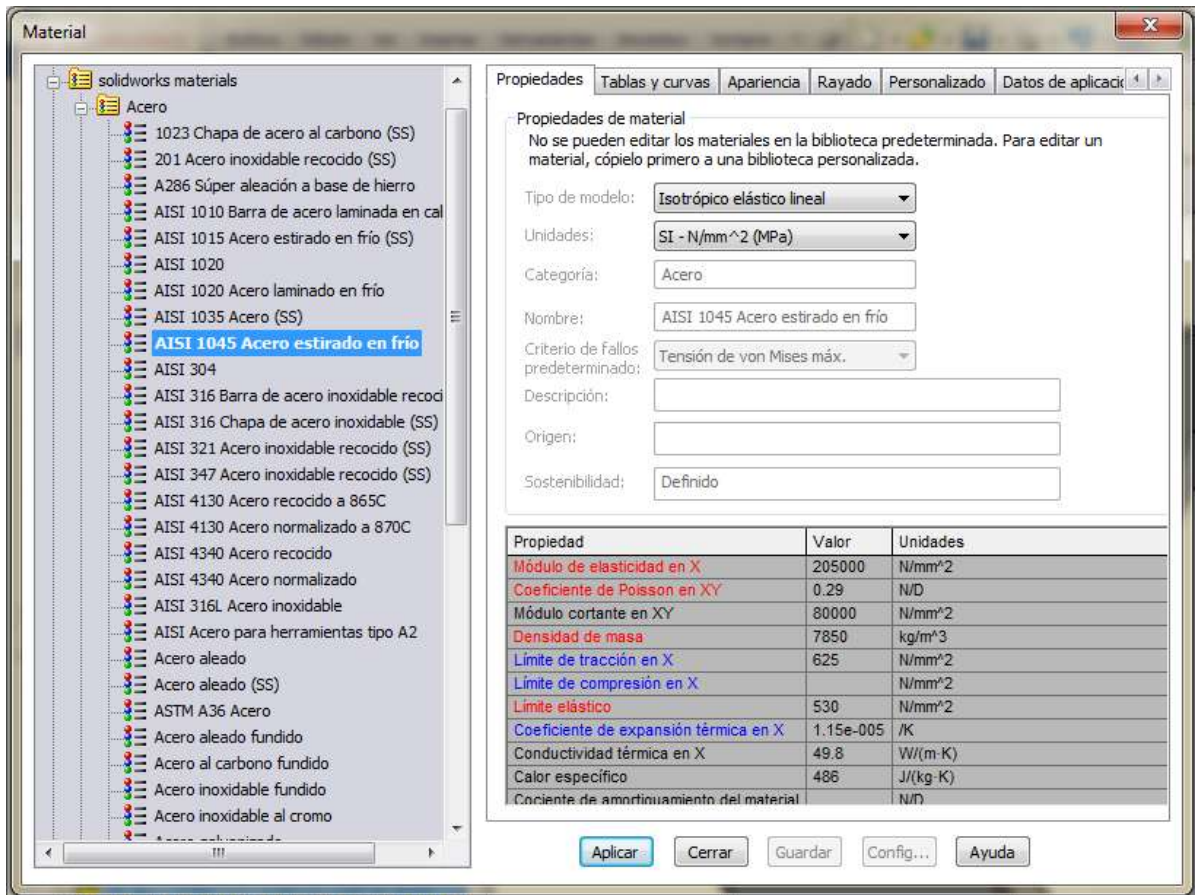


Figura 6.20 Ejemplo de selección del acero 1045 estirado en frío, para los herrajes cal.16 del ensamblaje del hexágono base sin refuerzo.

Se continúa por especificar las sujeciones del hexágono base. Estas definen la forma en la que el modelo está posicionado y anclado en el entorno. En este caso el anclaje se realizara por medio de 1 tornillo en cada herraje con empotre, y en el software se selecciona la cara interna del barreno donde se colocaría el tornillo, como se muestra en la figura 6.21.

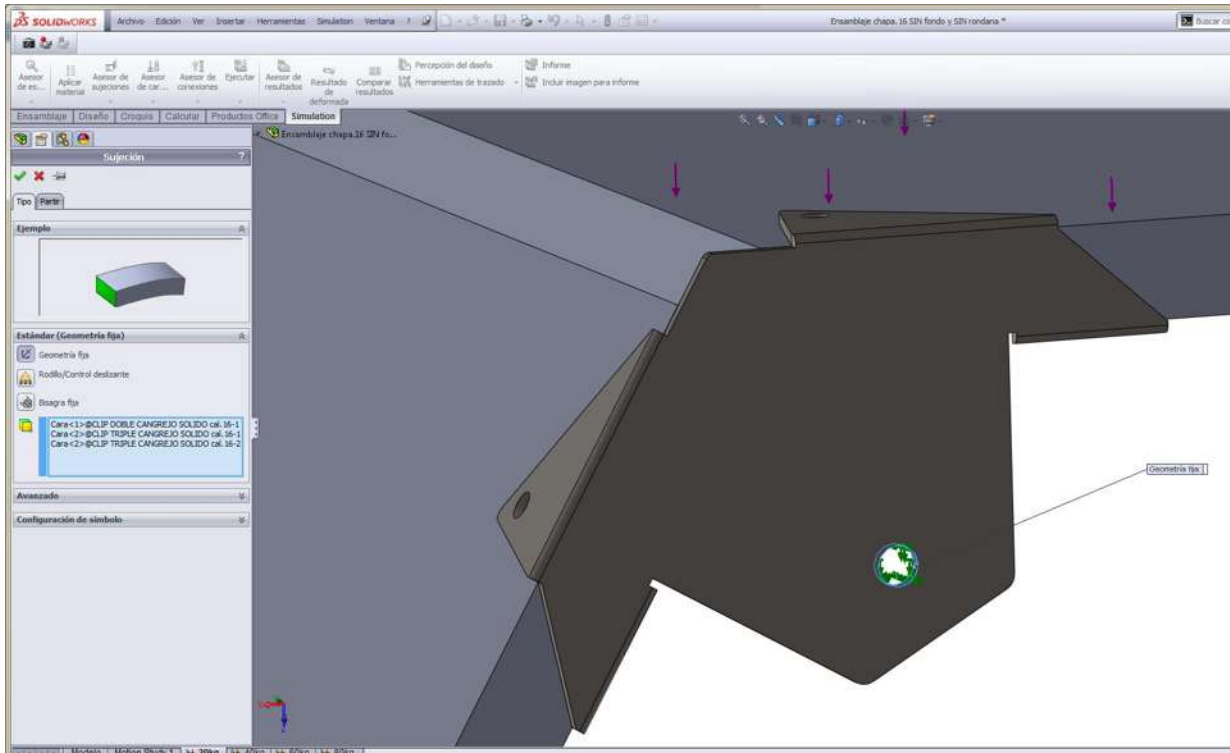


Figura 6.21 Ejemplo de la definición de sujeciones para el anclaje de los herrajes para empotrar cal.16 del ensamblaje del hexágono base sin refuerzo.

El siguiente fue especificar las cargas que actúan sobre el hexágono base, para definir las cargas se hicieron pruebas físicas de los elementos más pesados a almacenar comúnmente en los hogares, como son libros, cristalería, vajilla cerámica, líquidos, entre otros. El resultado fue que ninguna combinación superó los 60kg, A pesar de esto se quiso evaluar la posibilidad de que cada repisa soporte el peso promedio de un mexicano, siendo 75 kg, para que puedan ser usados como asientos en ciertos casos que las personas así lo requieran. Por lo cual se evaluaron los diferentes ensambles a 4 cargas diferentes: 20, 40, 60 y 80 kg, sobre cada repisa horizontal del hexágono, una en la repisa superior y la otra en la repisa inferior, como se muestra en la figura 6.22, las flechas purpuras muestran la dirección de la fuerza aplicada; Ya que en estas zonas es donde normalmente se colocarían diferentes productos u objetos, dependiendo las necesidades de los habitantes, desde ropa, juguetes, toallas, botellas, hasta loza, herramienta, y productos pesados, inclusive el peso mismo de una persona.

Posteriormente mallamos el hexágono base, la malla es el conjunto de pequeños cuerpos tetraédricos que llenan todo el volumen del modelo objeto de estudio. Cuando se desean

resultados más precisos se debe incrementar el número de nodos del análisis o reducir la medida de las figuras. De esta forma, la misma geometría está ocupada por mayor número de polígonos (elementos) con más puntos de control (nodos).

Los modelos mallados con elementos de pequeño tamaño permiten obtener resultados más precisos pero requieren de mayor tiempo de cálculo. En este caso la densidad de la malla fue fina, para obtener resultados más precisos, así como se muestra en la figura 6.23.

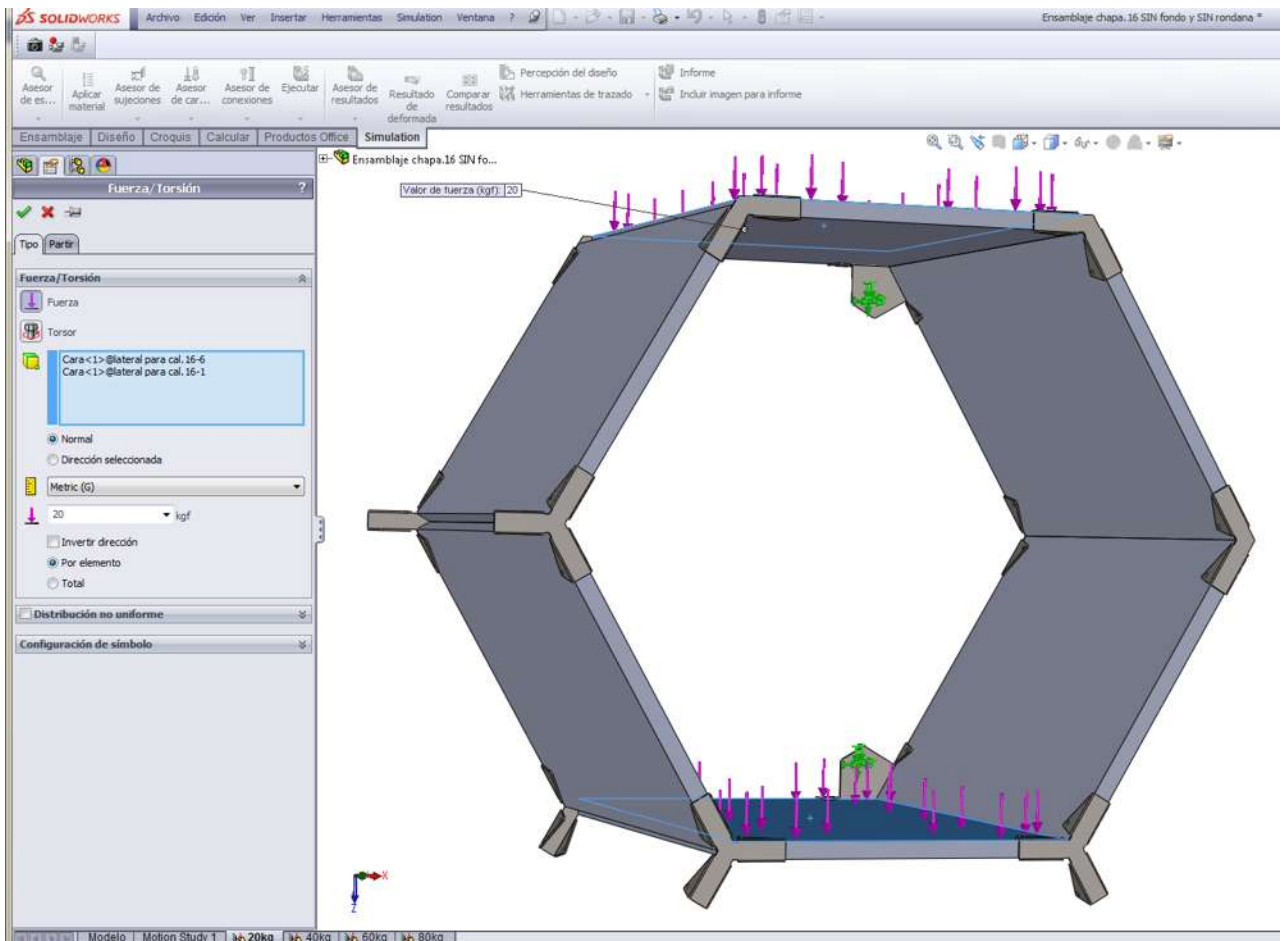


Figura 6.22 Ejemplo de la definición de cargas (20 kg repisa superior y 20 kg repisa inferior), en el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo.

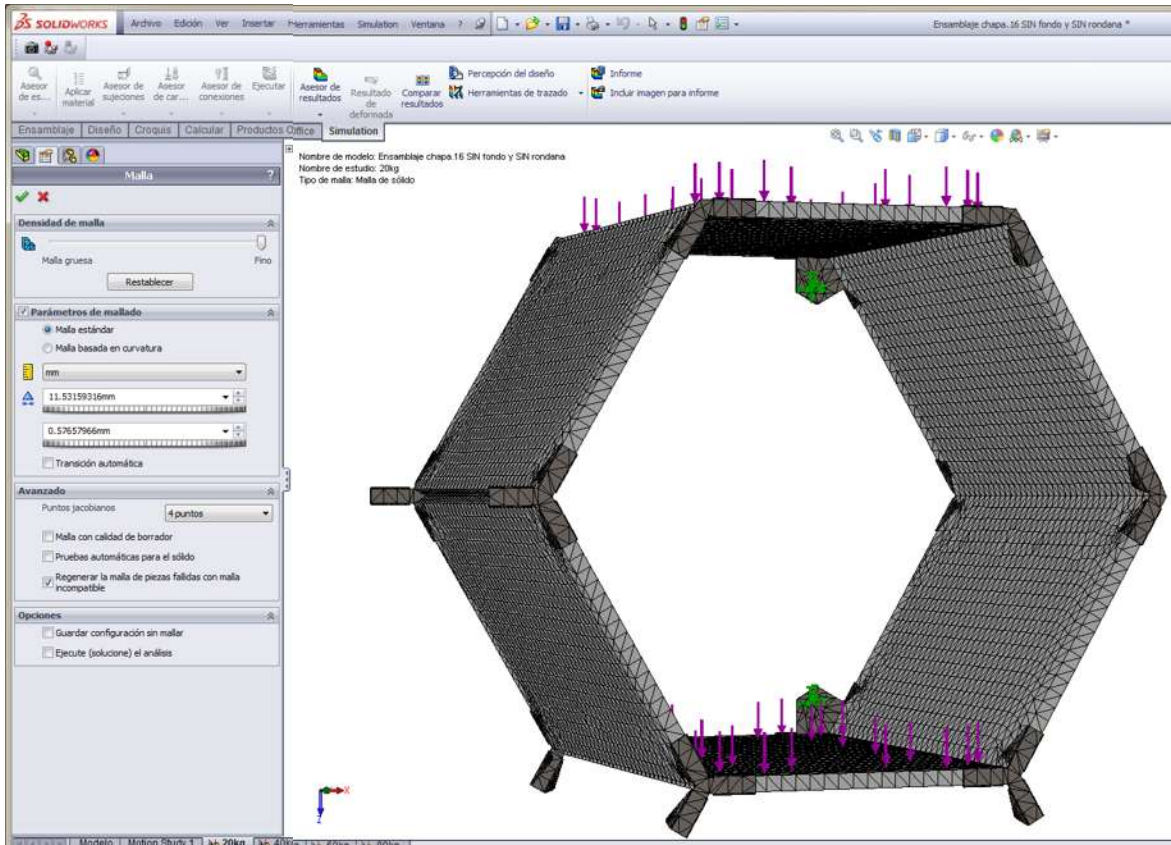


Figura 6.23 Ejemplo del mallado fino para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo.

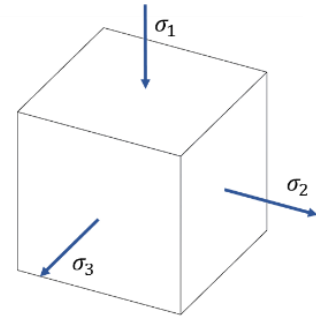
Una vez definido el tipo de estudio (estático), las cargas, las sujeciones y el mallado del modelo, se puede ejecutar el análisis. En la carpeta de resultados, el primer elemento son las tensiones, donde se puede apreciar el modelo deformado y con una serie de colores que definen las tensiones Von Mises (N/m^2) en cada uno de los puntos. La tensión de Von Mises es la tensión equivalente que actúa sobre los elementos diferenciales del modelo y que es comparada con la tensión límite elástico del material como se muestra en la Ec. (1). Permite conocer si la tensión está dentro de la zona elástica y óptima o por el contrario se encuentran en la zona plástica no deseada. Se calcula mediante la expresión:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad \text{Ec. (1)}$$

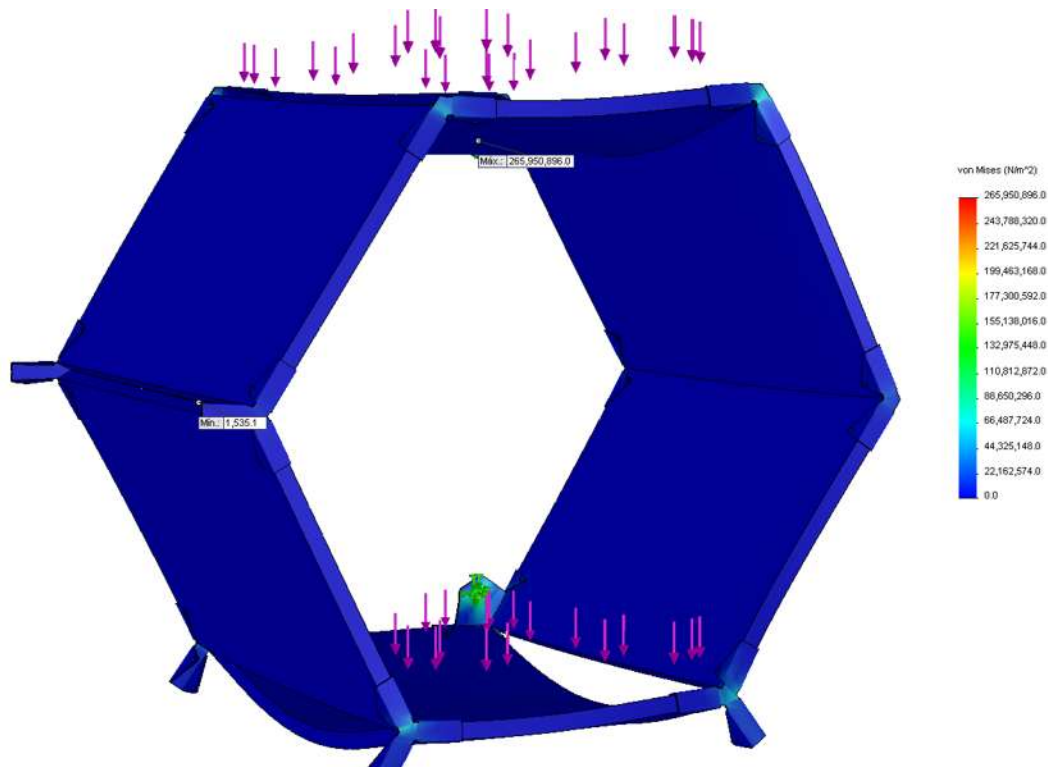
Donde:

σ_{eq} = Tensión de Von Mises (tensión equivalente)

σ_1 , σ_2 y σ_3 son los tres componentes principales de la tensión que son normales a las caras de un cubo.



Los colores cálidos (rojo, amarillo) representan las mayores tensiones mientras que los colores más fríos (azules y verdes) representan las menores tensiones en el modelo, como se muestra en la figura 6.24.



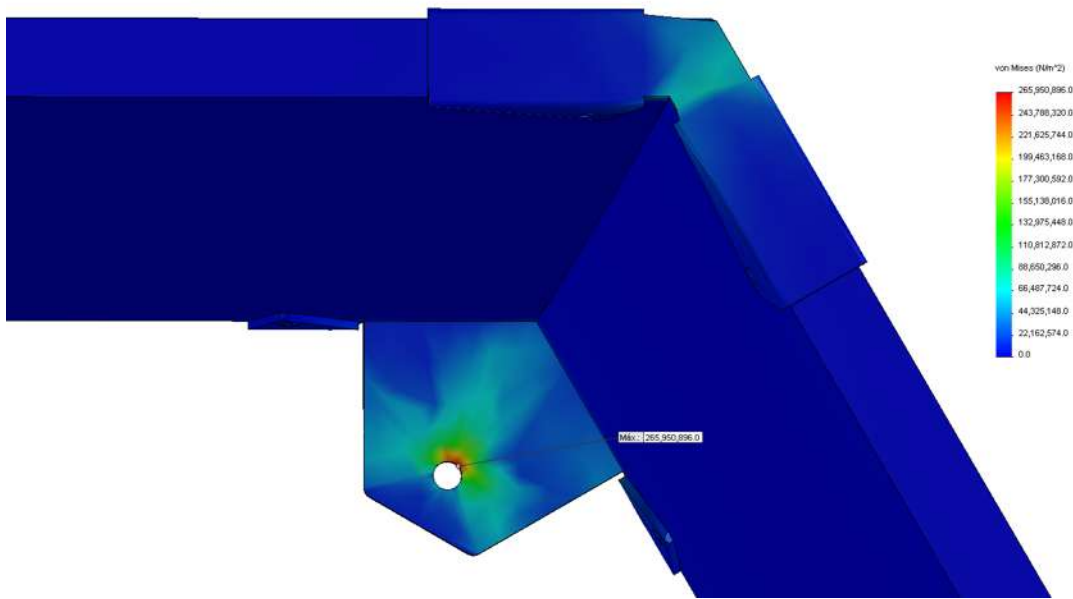


Figura 6.24 Ejemplo de análisis estático de tensiones para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo

Es importante tener en cuenta que la deformación observada en la primer imagen de la figura 6.24 no es real sino que se encuentra ampliada según una escala de deformación preestablecida, en este caso es 63.71 veces mayor que la real (1:1).

El software nos indica también el punto con mayor tensión, como se muestra en la segunda imagen de la figura 6.24, siendo en este caso alrededor del barreno donde se supone se ancla el herraje para empotre de la parte superior izquierda del hexágono base.

El segundo elemento que se encuentra en la carpeta de resultados, es el trazado de desplazamientos, donde se puede ver el hexágono base deformada en la escala mencionada con anterioridad, así como también se pueden apreciar los desplazamientos en cada uno de los nodos, gracias a los colores en la imagen.

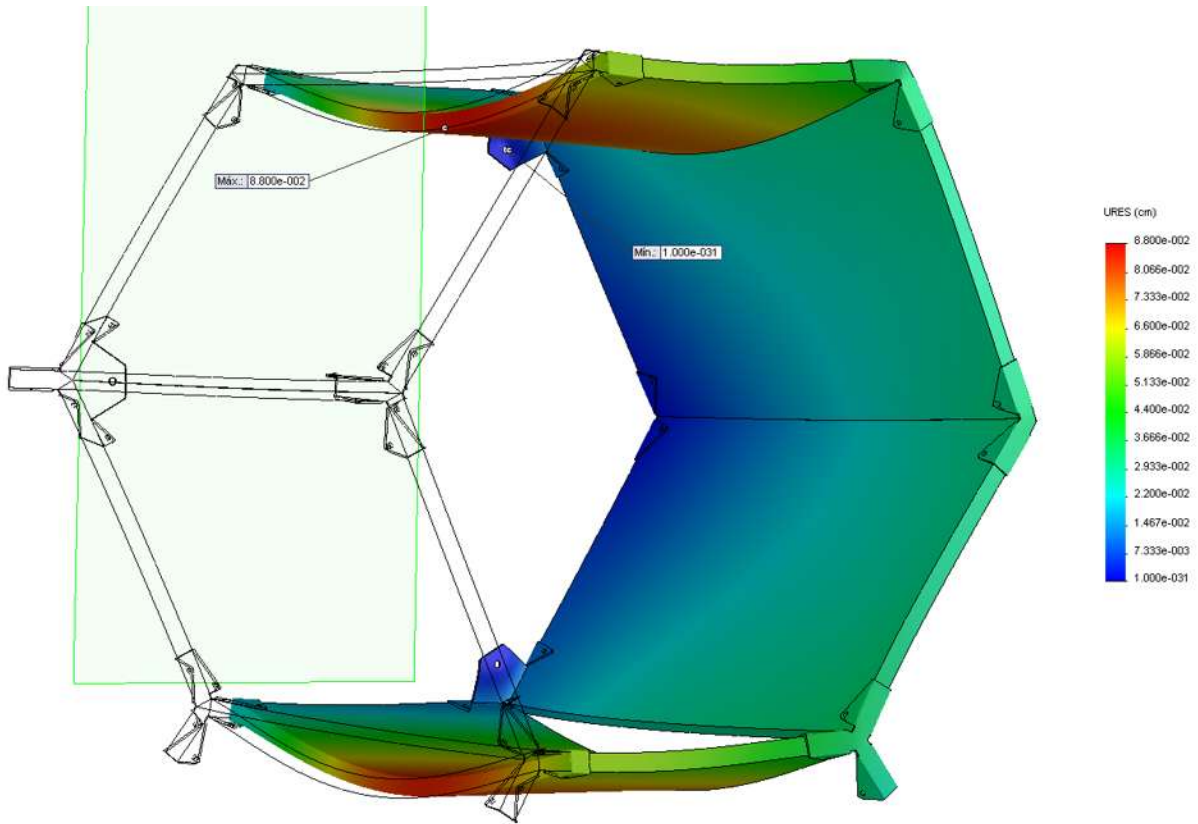


Figura 6.25 Ejemplo de análisis estático de desplazamientos para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo

En la figura 6.25 se observa que la zona con mayor desplazamiento es en el centro de la repisa superior, ya que es ahí donde no se tiene ningún soporte, mostrando un desplazamiento de 0.88 mm y la zona con menor desplazamiento es donde se encuentra anclado el herraje para empotrar (la misma zona que muestra la mayor tensión) con un desplazamiento de 1×10^{-31} cm.

El tercer elemento de la carpeta de resultados es la deformación unitaria, siendo la proporción entre el cambio de la longitud del modelo y la longitud inicial del mismo, se expresa de forma adimensional. En este caso las mayores deformaciones unitarias se presentan alrededor de la zona de anclaje de cada herraje empotrado al muro, tal como se muestra en la figura 6.26.

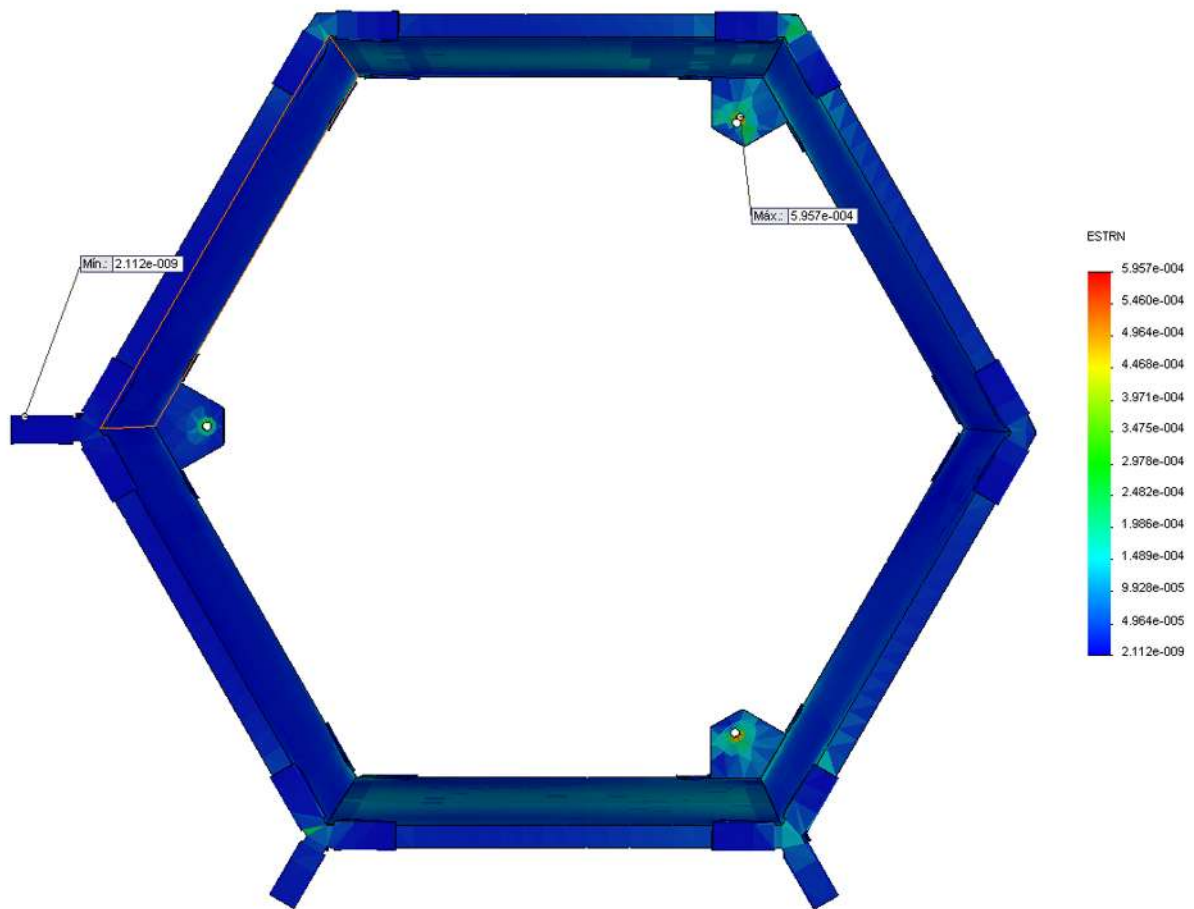


Figura 6.26 Ejemplo de análisis estático de deformación unitaria para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo

La principal característica del estudio estático, es poder evaluar el Factor de Seguridad del hexágono base y ver si alguna zona del mismo se encuentra sometida a mayores tensiones de las que puede llegar a soportar, en la figura 6.27 se muestra el análisis del factor de seguridad. El Factor de Seguridad (FS) es un número adimensional que nos permite hacernos una idea sobre cómo está cargada la pieza y si puede llegar a soportar bien las cargas a las que está sometida. El FS relaciona la máxima tensión resultante en un punto con la tensión máxima que teóricamente puede llegar a soportar el material.

Un FS inferior a 1 indica que la pieza no es capaz de soportar los esfuerzos y por tanto romperá. El FS mayor a 1 indica que la pieza aguanta los esfuerzos que recibe y cuanto mayor sea el valor, mayor margen de seguridad tendrá la pieza.

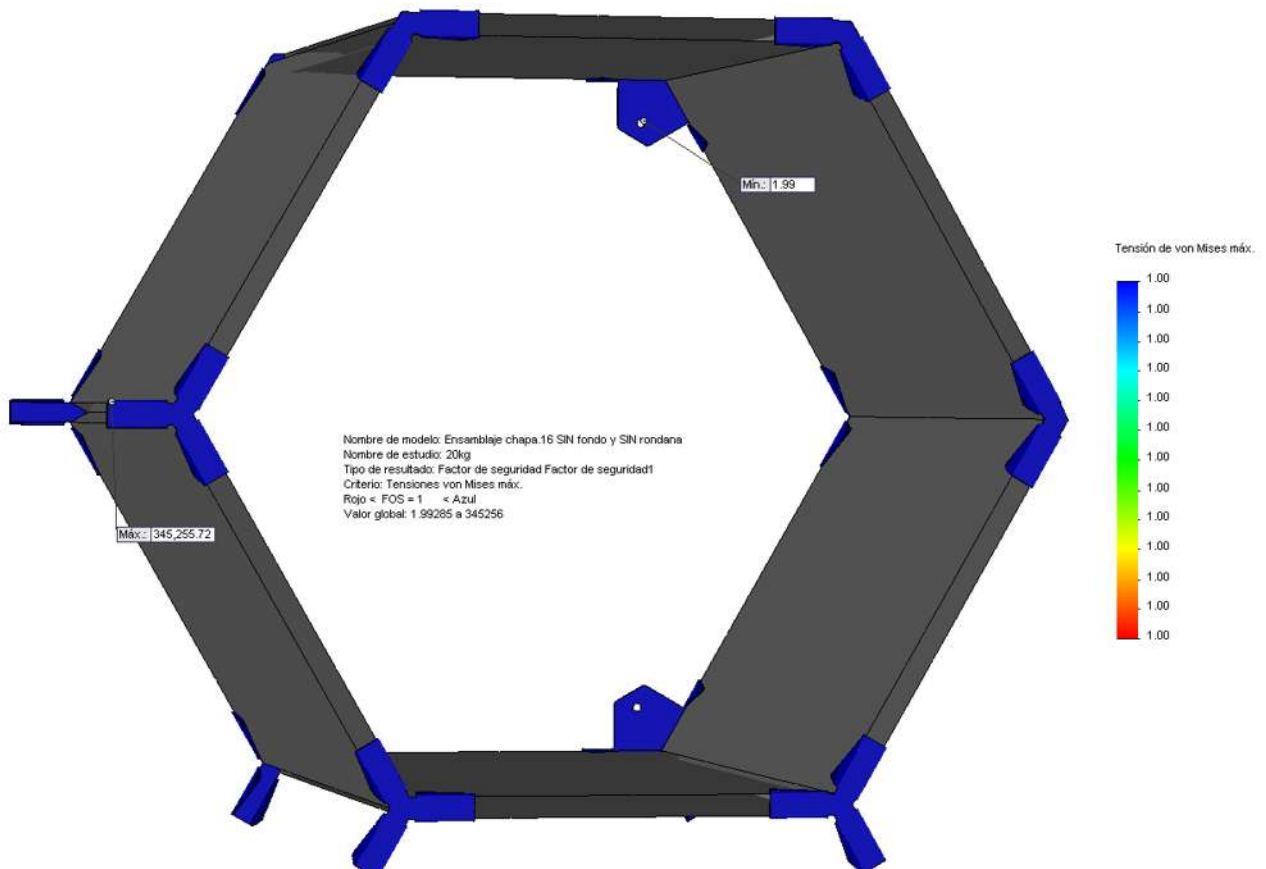


Figura 6.27 Ejemplo de análisis estático del factor de seguridad en el límite elástico para el hexágono base con herrajes cal.16 sin ningún refuerzo

En los resultados de las simulaciones del hexágono base, se van a mostrar 2 Factores de Seguridad para cada simulación, ya que uno se basará en el límite elástico y el segundo en el límite de ruptura. Para así conocer bajo que tensión (carga) los herrajes empiezan a sufrir una deformación plástica y hasta qué punto sufren una ruptura.

Es importante mencionar que en esta simulación el factor de seguridad sólo se utilizó para evaluar los herrajes que forman el hexágono base, es decir que los laterales fueron excluidos. Ya que primeramente se seleccionó el herraje conveniente y posterior a esto, se evaluaron los 4 tipos de tableros (Contrachapado, MDF, OSB y aglomerado) con el herraje seleccionado, para así tener la mejor combinación de elementos que aseguren una adecuada resistencia dependiendo la carga usada. A continuación se muestra en el cuadro 6.4, los resultados obtenidos para la simulación de los diferentes tipos de herrajes

Cuadro 6.4 Resultados de la simulación de diferentes tipos de herrajes para el hexágono base

Tipo de herraje y refuerzo		Carga (kg)				Zona de mayor tensión
		40	80	120	160	
Lámina negra lisa c14 SIN refuerzo	Tensión máx. (MPa)	201.7	403.4	605.1	806.8	Herraje posterior superior derecho (empotre)
	FS límite elástico	2.63	1.31	0.88	0.66	
	FS límite de ruptura	3.1	1.55	1.03	0.77	
Lámina negra lisa c14 CON rondana	Tensión máx. (MPa)	114.6	229.1	343.7	458.3	Herraje frontal superior derecho
	FS límite elástico	4.61	2.31	1.54	1.15	
	FS límite de ruptura	5.44	2.72	1.81	1.36	
Lámina negra lisa c14 CON fondo hexagonal	Tensión máx. (MPa)	96.1	192.2	288.3	384.4	Herraje frontal superior derecho
	FS límite elástico	5.4	2.7	1.8	1.35	
	FS límite de ruptura	6.37	3.18	2.12	1.59	
Lámina negra lisa c16 SIN refuerzo	Tensión máx. (MPa)	265.9	531.9	797.8	1063.8	Herraje posterior superior derecho (empotre)
	FS límite elástico	1.99	1	0.66	0.5	
	FS límite de ruptura	2.35	1.17	0.78	0.59	
Lámina negra lisa c16 CON rondana	Tensión máx. (MPa)	129.4	258.9	388.4	517.9	Herraje frontal superior derecho
	FS límite elástico	4.09	2.05	1.36	1.02	
	FS límite de ruptura	4.83	2.41	1.61	1.21	
Lámina negra lisa c16 CON fondo hexagonal	Tensión máx. (MPa)	112.2	224.5	336.7	449	Herraje frontal superior derecho
	FS límite elástico	4.72	2.36	1.57	1.18	
	FS límite de ruptura	5.57	2.78	1.86	1.39	
Lámina negra lisa c18 SIN refuerzo	Tensión máx. (MPa)	331.5	663	994.5	1326	Herraje posterior inferior derecho (empotre)
	FS límite elástico	1.6	0.8	0.53	0.4	
	FS límite de ruptura	1.89	0.94	0.63	0.47	
Lámina negra lisa c18 CON rondana	Tensión máx. (MPa)	202.3	404.7	607	809.4	Herraje frontal inferior izquierdo
	FS límite elástico	2.62	1.31	0.87	0.65	
	FS límite de ruptura	3.09	1.54	1.03	0.77	
Lámina negra lisa c18 CON fondo hexagonal	Tensión máx. (MPa)	128.3	256.6	384.9	513.2	Herraje frontal inferior izquierdo
	FS límite elástico	4.13	2.07	1.38	1.03	
	FS límite de ruptura	4.87	2.44	1.62	1.22	
Resina de poliéster SIN refuerzo	Tensión máx. (MPa)	25.7	51.5	77.3	103	Herraje posterior superior derecho (empotre)
	FS límite elástico	0.36	0.18	0.12	0.09	
	FS límite de ruptura	0.88	0.44	0.29	0.22	
Resina de poliéster CON rondana	Tensión máx. (MPa)	100	200.1	300.1	400.2	Herraje posterior inferior derecho (empotre)
	FS límite elástico	1.58	0.79	0.53	0.39	
	FS límite de ruptura	3.89	1.95	1.3	0.97	
Resina de poliéster CON fondo hexagonal	Tensión máx. (MPa)	8.8	17.7	26.6	35.5	Herraje posterior inferior derecho (empotre)
	FS límite elástico	2.09	1.04	0.7	0.52	
	FS límite de ruptura	5.16	2.58	1.72	1.29	

6.2.6 Selección de material para herrajes

Con base en el cuadro 6.4 de, se graficaron los valores para el factor de seguridad en base al límite elástico, así como también el factor de seguridad en base al límite de ruptura. Estos gráficos nos muestran la disminución del factor de seguridad de cada opción de tipo de herraje conforme se va aumentando la carga.

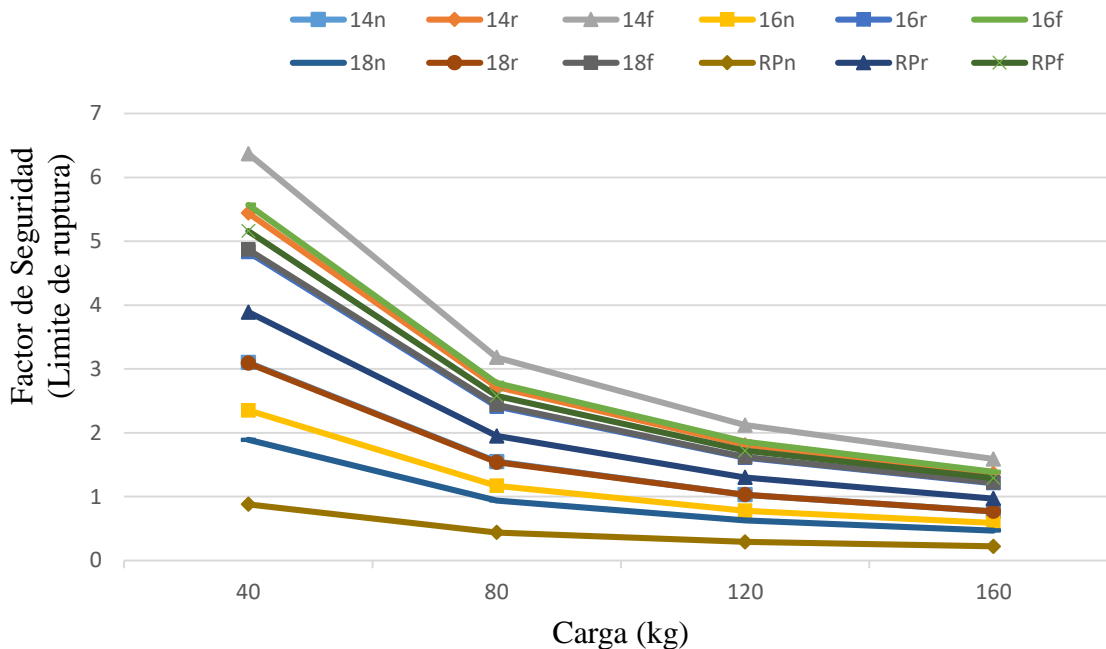


Grafico 6.1 Factor de seguridad en el límite de ruptura para los diferentes tipos de herrajes

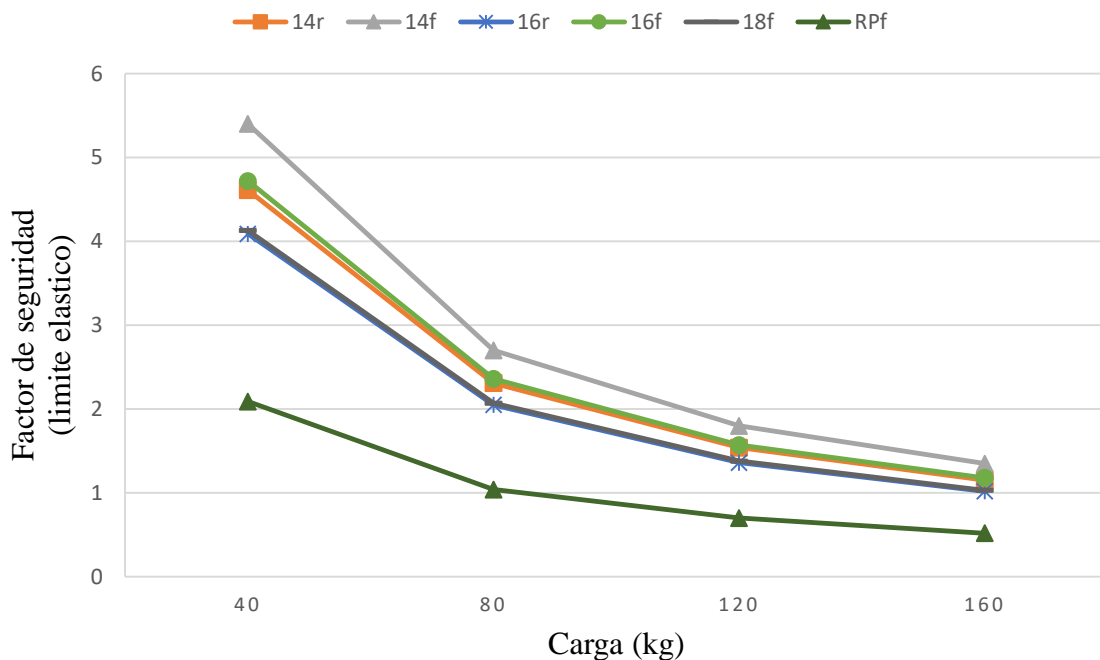
En la gráfica 6.1 se puede observar que tipo de herrajes tienen un valor inferior a 1 en su FS al aumentar la carga, lo cual indica que la pieza no es capaz de soportar los esfuerzos y por lo tanto se romperá. Se pueden apreciar 6 diferentes opciones de tipos de herrajes en los cuales sin importar el aumento de la carga, su factor de seguridad no es menor que 1, dentro de los cuales están los siguientes:

1. Lámina negra lisa cal. 14 con rondanas
2. Lámina negra lisa cal. 14 con fondo hexagonal
3. Lámina negra lisa cal. 16 con rondanas
4. Lámina negra lisa cal. 16 con fondo hexagonal
5. Lámina negra lisa cal. 18 con fondo hexagonal

6. Resina de poliéster con fondo hexagonal

En la gráfica 6.2, se pueden observar las 6 diferentes opciones de herrajes anteriores, así como también se muestra cuales llegan a un valor inferior a 1 en su FS al aumentar la carga y por lo tanto presentarán una deformación permanente en su estructura sin llegar al punto de ruptura. Se pueden apreciar 5 diferentes opciones en las cuales sin importar el aumento de la carga, su factor de seguridad no es menor que 1 (A una carga máxima de 160 kg dividido entre sus 2 repisas del hexágono base), dentro de los cuales están los siguientes:

1. Lámina negra lisa cal. 14 con rondanas
2. Lámina negra lisa cal. 14 con fondo hexagonal
3. Lámina negra lisa cal. 16 con rondanas
4. Lámina negra lisa cal. 16 con fondo hexagonal
5. Lámina negra lisa cal. 18 con fondo hexagonal



Gráfica 6.2 Factor de seguridad en el límite elástico para 6 diferentes tipos de herrajes

Cualquier opción que se elija de las anteriores, se sabe que no presentaran una deformación permanente en la estructura de sus herrajes y mucho menos presentaran una falla, al menos hasta

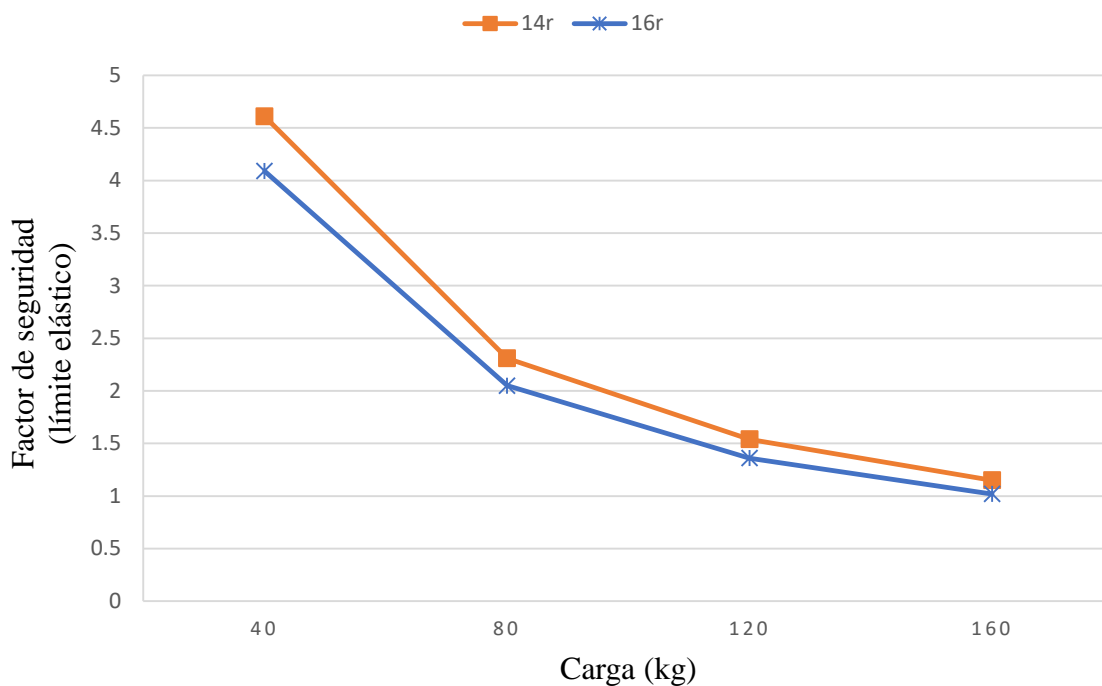
una carga máxima de 160 kg (80 kg en la repisa superior y 80 kg en la repisa inferior) sobre el hexágono base.

Para continuar con la selección, el primer filtro que se hizo fue eliminar a todas aquellas opciones que tuvieran en su diseño un fondo hexagonal, debido a que la relación costo-beneficio no es significativa, ya que solo el incremento de la resistencia no es significativo comparado con el aumento en el costo de la retícula, debido a los diferentes procesos que conlleva desarrollar este fondo, como son corte y barrenado en CNC, y su recubrimiento, sin olvidar el costo extra de la materia de prima por hexágono.

Ya que recordemos que uno de los principales objetivos es diseñar un mueble lo más económico posible, para así poder competir con los existentes en el mercado y abarcar un mayor segmento de este. Al eliminar las opciones con fondo hexagonal, quedan solamente las siguientes dos opciones:

1. Lámina negra lisa cal. 14 con rondanas
2. Lámina negra lisa cal. 16 con rondanas

Para la selección final del material, solo queda elegir entre 2 diferentes calibres de herrajes, y podemos observar en la gráfica 6.3, al realizar unos simples cálculos, que el hexágono base con herrajes cal.14 tiene una resistencia mayor en promedio de 11.5%, comparada con los herrajes cal.16.



Grafica 6.3 Comparación de resultados para el factor de seguridad en el límite elástico para 2 diferentes tipos de herrajes

Se podría pensar que las láminas de cal.14 tienen un costo mayor que las láminas de cal.16, ya que son de mayor espesor. Sin embargo, se puede apreciar en el cuadro 6.5, que en la empresa SERVIACERO sucede al contrario, debido a los procesos que involucra el reducir el espesor de la lámina.

Con esto, se puede justificar indudablemente la selección de fabricar los herrajes en acero laminado en frío calibre 14 y reforzar el empotramiento con una rondana.

Cuadro 6.5. Principales proveedores de láminas en Morelia

Tipo de lamina	Proveedor			
	Ferregarcia	Comercializadora de Aceros y Materiales	Serviacero comercial	Acero express
Negra lisa cal.14 (3x8')	\$693.00	\$767.00	\$591.50	\$748.00
Negra lisa cal.16 (3x8')	\$683.00	\$679.00	\$595.00	\$734.00
Negra lisa cal.18 (3x8')	\$545.00	\$598.00	\$476.00	\$587.00
Galvanizada cal.14 (4x10')	----	----	\$1,484.00	----
Galvanizada cal.16 (3x8')	----	----	\$603.00	----
Galvanizada cal.18 (3x8')	----	----	\$488.00	----

6.2.7 Evaluación 3D de laterales

Posterior a la selección del herraje y el refuerzo para el empotramiento, evaluaremos 4 tipos de tableros comerciales para fabricar los laterales del hexágono base:

1. Contrachapado de 12 mm
2. OSB de 12 mm
3. MDF de 12 mm
4. Aglomerado de 12 mm

El procedimiento es el mismo que se realizó en la evaluación de los herrajes, solo que ahora en el ensamble del hexágono base, se van a mantener fijos los herrajes de acero laminado en frío en calibre 14, así como la rondana. Y lo único que se va ir modificando va a ser el tipo de material en los laterales, basándonos en las propiedades mecánicas del cuadro 6.6

Cuadro 6.6 Propiedades de flexión estática de diferentes maderas y compuestos a base de madera (36)

Tipo de tablero	Gravedad específica	Propiedades de flexión estática	
		Módulo de elasticidad GPa	Módulo de ruptura MPa
MDF	0.7-0.9	3.59	35.85
Aglomerado	0.6-0.8	2.76 - 4.14	15.17 - 24.13
OSB	0.5-0.8	4.41 - 6.28	21.8 - 34.7
Contrachapado	0.4-0.6	6.96 - 8.55	33.72 - 42.61

En esta ocasión, el factor de seguridad que evaluamos, lo basamos solamente en el límite de ruptura, ya que el principal interés es evaluar a que carga el lateral presenta una falla, y conocer si es capaz de soportar la misma carga que el herraje seleccionado; en la figura 6.28 se muestra un ejemplo de la zona de fallo a un FS de 40. A continuación se presentan los resultados en el cuadro 6.7

Cuadro 6.7 Resultados de la simulación de diferentes tableros para los laterales del hexágono base con herrajes de acero cal.14 laminado en frío y con una rondana como refuerzo

Tipo de tablero	Factor de Seguridad (MOR)			
	20kg + 20kg	40kg + 40kg	60kg + 60kg	80kg + 80kg
Contrachapado	4.44	2.22	1.48	1.11
MDF	3.89	1.95	1.30	0.97
OSB	3.62	1.81	1.21	0.90
Aglomerado	3.06	1.53	1.02	0.76

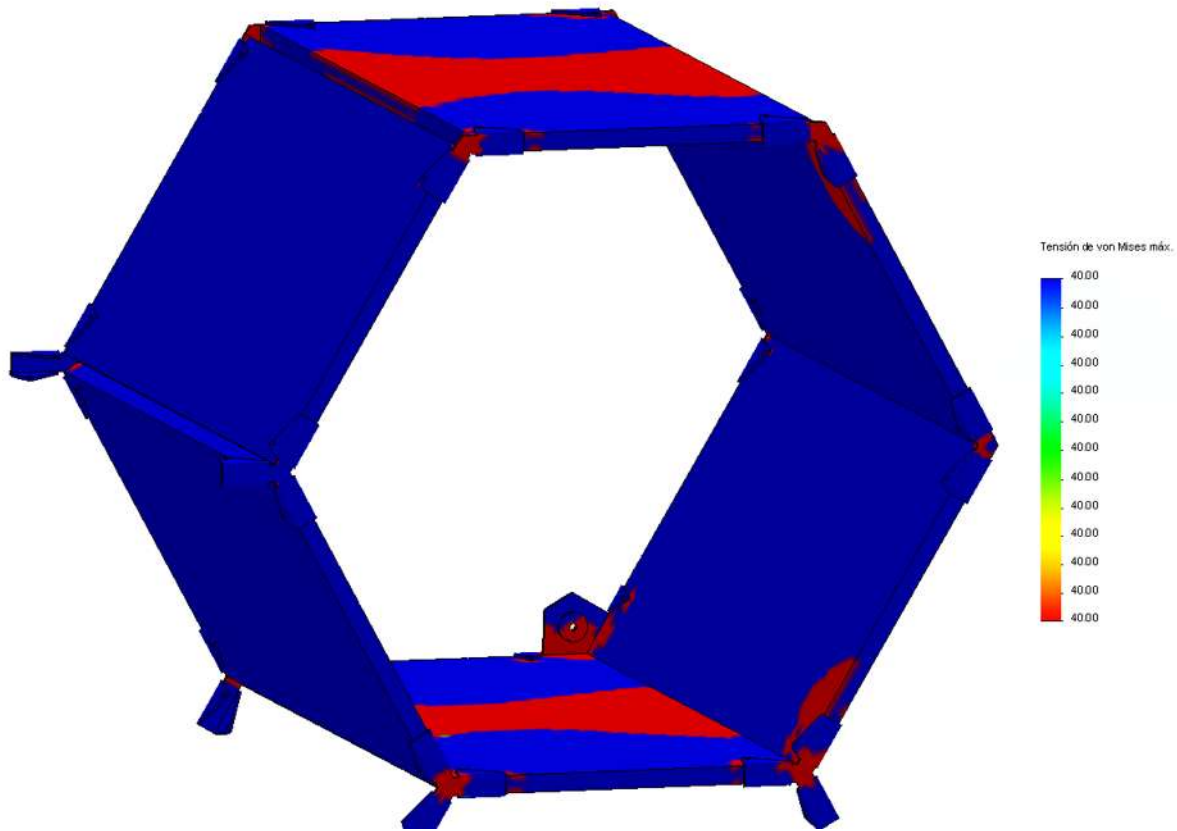


Figura 6.28 Ejemplo de las áreas de fallo por debajo del factor de seguridad (FS=40) en el ensamblaje del hexágono base.

6.2.8 Selección de material para laterales

A partir de la tabla de resultados anterior, se graficaron los valores para el factor de seguridad en base al límite ruptura. En el gráfico 6.4 se muestra que el único tablero que podría soportar

la carga máxima de 160 kg sin llegar a la falla, es el contrachapado y el segundo lugar, pero ya por debajo del factor de seguridad sería el MDF.

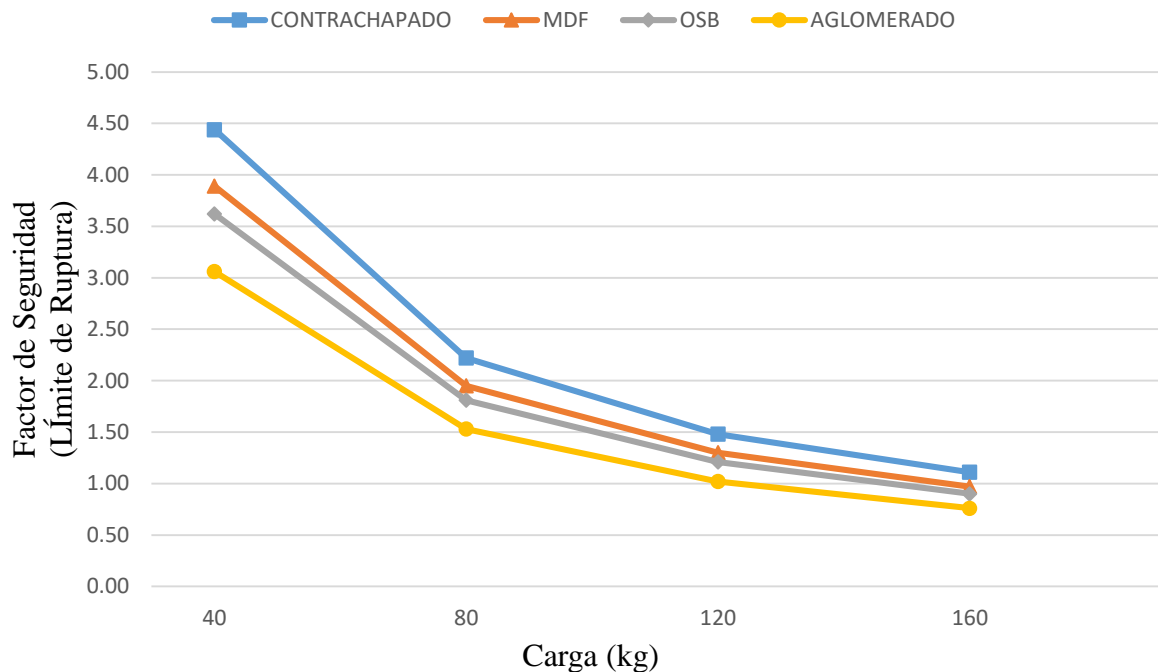


Gráfico 6.4 Factor de seguridad en el límite de ruptura para los diferentes tipos de laterales.

Así que para la fabricación del prototipo ya se tienen seleccionados los materiales:

1. Herrajes en acero laminado en frío calibre 14 (1.90 mm)
2. Laterales de tablero de contrachapado de 12 mm

Y se puede proseguir con el ensamblaje de la retícula hexagonal

6.2.9 Diseño conceptual y geométrico del mecanismo para caída libre

El mecanismo de caída libre, se desarrolló con el objetivo de proponer una solución para la instalación de cajones verticales dentro de la retícula hexagonal, el principal desafío es la fuerza de gravedad, ya que esta provocaría la caída libre del cajón.

Si se colocara el cajón de manera vertical, solamente con el par de correderas de extensión que se utiliza para instalar el cajón de manera horizontal, tendríamos los siguientes problemas:

1. El cajón no se podría cerrar debido a que el peso de este, supera indudablemente la fuerza del mecanismo para mantenerlo cerrado en posición horizontal.
2. En caso de poder cerrar el cajón, al abrirlo este caería libremente lo que ocasionaría que las correderas se rompieran con algunas repeticiones, el cajón cayera y lastime alguna persona.

El mecanismo a desarrollar necesita solucionar de alguna manera estas 2 situaciones, logrando mantener el cajón cerrado, controlar la caída libre y evitar el impacto en las correderas al dejar caer el cajón.

Actualmente existen algunos mecanismos que cumplen de cierta manera con estas funciones, sin embargo, su función se limita a utilizarlo de manera horizontal, como el mecanismo “*doble-push*” el cual se instala en las puertas o cajones de cocinas integrales u otros muebles, tiene el objetivo de que al oprimirlo por primera vez, la puerta se desprege del gabinete con tal fuerza que se abra por sí sola, gracias a un resorte que tiene en su interior, y para cerrar la puerta, se empuja la puerta y el mecanismo atrapa la puerta por medio de un cerrojo en el interior del mecanismo.

Este tipo de mecanismos tienen una especie de pestillo en su interior el cual sigue una trayectoria y se ancla gracias a la fuerza de un resorte el cual lo obliga a permanecer en cierta zona, y se activa por medio de una presión externa, Se pueden observar algunos mecanismos “*doble-push*” en la figura 6.29



Figura 6.29. Ejemplo de mecanismos “doble-push” que existen en el mercado actualmente

A continuación se explicara detalladamente el proceso de diseño del mecanismo:

1. Para poder obtener que el pestillo o pistón se desplace sin regresar a una posición anterior, es necesario que esta posea diferentes niveles de profundidad durante el recorrido, así como “topes” que guíen al pistón durante toda la trayectoria.

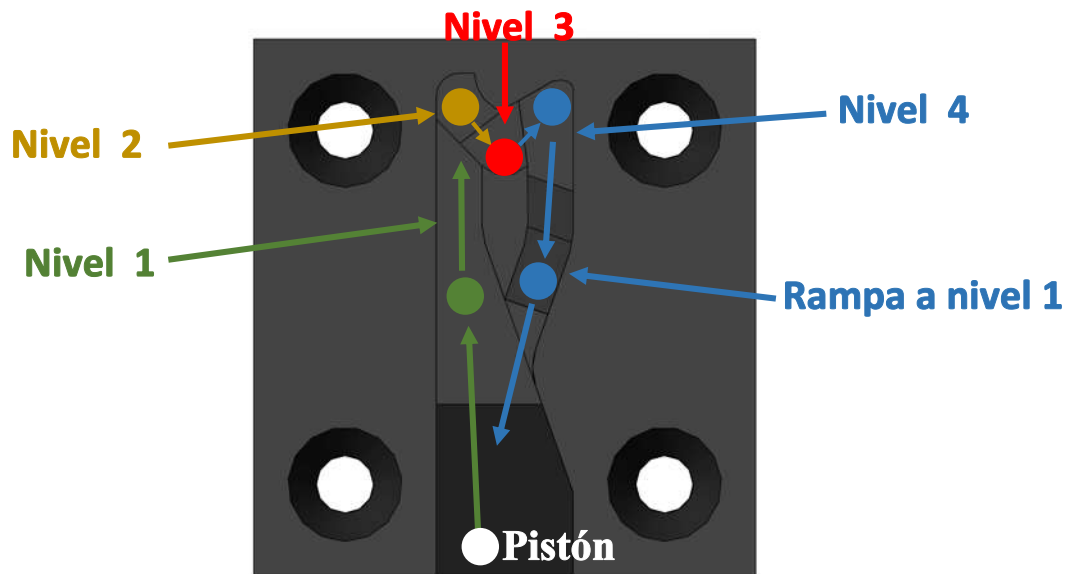


Figura 6.30 1er diseño de la trayectoria del mecanismo para el cajón vertical con diferentes niveles de profundidad

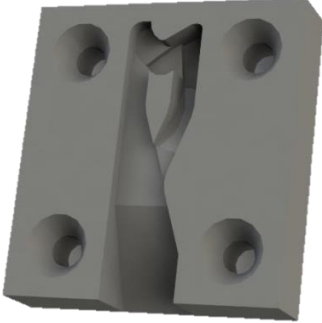



2. Como se muestra en la figura 6.30, el pistón se encuentra en el nivel uno y al llegar al segundo nivel, “topa” y se desplaza al tercer nivel donde se atora temporalmente, se puede decir que en este nivel el cajón esta “atorado”, ya sea abierto o cerrado; hasta que reciba nuevamente una fuerza que lo desplace al cuarto nivel y gracias a la gravedad se desplace al primer nivel donde sale de la trayectoria y cae en línea recta.
3. Esta trayectoria se repite 2 veces, la primera cuando uno abre el cajón, para que pueda caer, y la segunda para que una vez abierto el cajón, se mantenga así por el tiempo necesario. Así que cuando el cajón está cerrado, el pistón se encuentra en el nivel 3 atorado y hay una fuerza proporcional al peso del cajón y su contenido impulsándolo hacia el piso, manteniéndolo estancado en esa posición. Y una vez abierto el cajón, se desplaza hacia abajo y entra en acción la fuerza de los resortes, disminuyendo su

velocidad de caída hasta llegar al segundo recorrido y “atorándose” nuevamente en el nivel 3, donde ahora existe una fuerza inversa (resortes a tensión) que jala al cajón hacia el techo, estancando al cajón en esa posición, hasta que llegue una fuerza (usuario) que libere el pistón nuevamente, para repetir el ciclo n-veces.

6.2.10 Modelado 3D del mecanismo para caída libre

El primer diseño que se realizó fue con el objetivo de probar el funcionamiento básico, como: El desplazamiento del pestillo sobre la trayectoria, dimensiones generales, materiales, resistencia, etc. y saber si era factible el diseño. A continuación, en el cuadro 6.8 se muestra el proceso para la realización del primer prototipo.

Cuadro 6.8 Etapas para la fabricación de las piezas principales del 1er prototipo de mecanismo para el cajón vertical en resina de poliéster

Proceso	Trayectoria	Pistón
<p>1° Paso: Se diseñan los modelos 3D en SolidWorks, de acuerdo a las especificaciones mencionadas anteriormente.</p>		
<p>2° Paso: Se maquinan ambos modelos en un router CNC en Polietileno de alta densidad</p>		

3° Paso:

Se fabrica un molde para cada pieza en caucho de silicón



4° Paso:

Se finaliza con la reproducción de las piezas necesarias en resina de poliéster.



Posterior al ensamblaje, se realizó la instalación del pistón en la parte posterior del cajón y la trayectoria en el hexágono base; para poder continuar con la prueba de funcionamiento, como se muestra en la figura 6.31, la cual fue fundamental para poder mejorar el mecanismo, ya que durante el desarrollo de esta, se originó la siguiente problemática:

1. El radio en la zona 3 es insuficiente para mantener el pistón atrancado, ya que al aumentar la velocidad de desplazamiento del pistón, este pasaba directamente de la zona 2 a la zona 4.
2. Para controlar el movimiento pendular del pistón fue necesario colocar 2 clavos, de manera que el pistón topara con estos, y así conservar su llegada a la trayectoria.
3. El pistón es poco resistente, debido a la fragilidad del material, así como el grosor del cilindro, el cual sostiene a todo el cajón.
4. La instalación del mecanismo es muy compleja para poder alinear la trayectoria y el pistón, así como colocar el resorte al pistón.



Figura 6.31 Imagen de la prueba de funcionamiento cuando el pistón se encuentra atrancado en el nivel 3.

6.2.11 Selección de material para mecanismo

Para poder resolver la problemática existente fue necesario, rediseñar totalmente el mecanismo, conservando la esencia de la trayectoria donde se atranca el pistón. Y así se originó la idea de crear una trayectoria completa (37 cm aprox.) como se puede observar en la figura 6.32, en la cual el pistón no puede salir de esta; el pistón se rediseño totalmente y se colocó fijo sobre la parte posterior del cajón con materiales más robustos como el acero, como se puede observar en la figura 6.32 y 6.34, impidiendo su fractura. Y el movimiento pendular que indudablemente es necesario para poder pasar de un nivel a otro, lo adquirió la trayectoria, solo que ahora se controló este desplazamiento gracias a un perno central que permite el movimiento oscilatorio alrededor de su centro, y se limita con 2 ranuras en sus extremos y un perno fijo en cada una de estas, limitando su desplazamiento, como se puede observar en la imagen del lado derecho de la figura 6.34. En la figura 6.33, podemos observar una imagen durante la prueba de funcionamiento de este mecanismo rediseñado, dando resultados verdaderamente positivos, se corrigió completamente la problemática inicial, dando lugar a un mecanismo 100% funcional, con un desplazamiento suave y un excelente sujeción del pistón en el nivel 3.

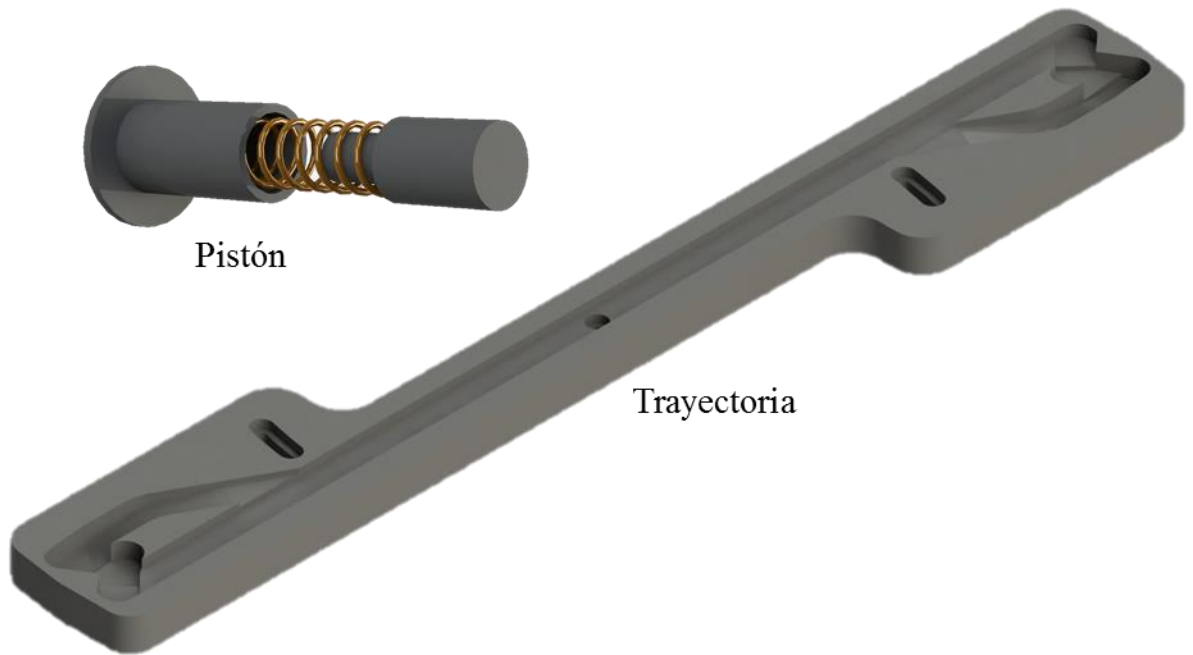


Figura 6.32 Rediseño 3D de trayectoria y pistón



Figura 6.33 Prueba de funcionamiento del mecanismo rediseñado.

En el cuadro 6.9 se mencionan de manera general los materiales utilizados para el rediseño del prototipo del mecanismo para caída libre del cajón vertical, siendo estos de bajo costo y fácil obtención, para así disminuir costos de materia prima y fabricación.

Cuadro 6.9 Materiales utilizados para el rediseño del prototipo del mecanismo para caída libre

Trayectoria para pistón	Trayectoria para cajón	Pistón
Polietileno de alta densidad (Modelo)	Corredera de extensión reforzada	Resorte de compresión Tubo moflero de ½"
Caucho de silicón p-48 (Molde)	Resortes de tensión	Bisagra tubular 3/8" (Macho)
Resina de poliéster insaturada (Pieza)	Tornillos para madera cabeza plana	Rondana plana
Carga reforzante (Pieza)	Pijas punta de broca	
Tornillo para madera cabeza plana (Instalación)		

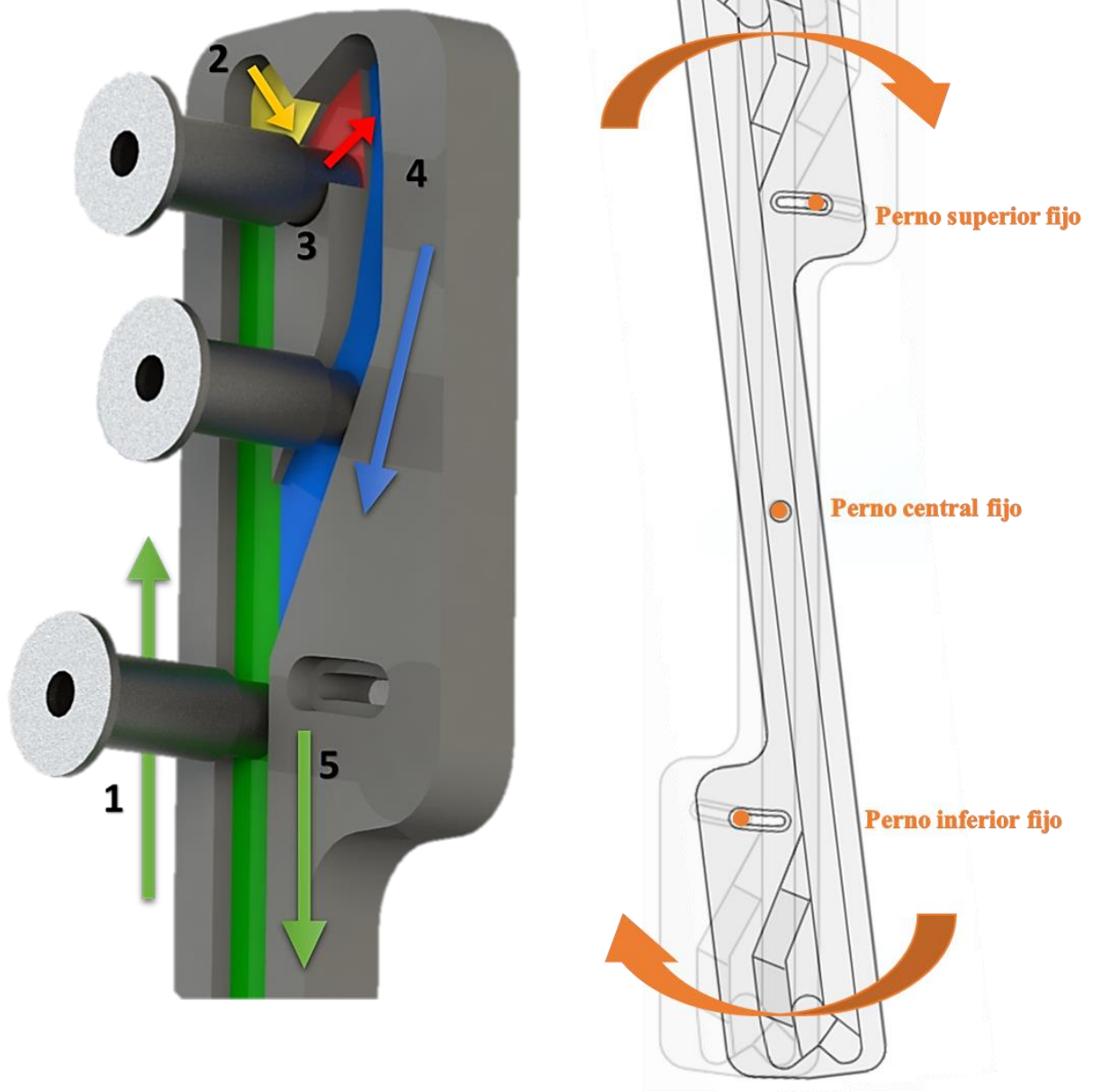


Figura 6.34 Representación del desplazamiento del pistón a través de la trayectoria (Izq.) y movimiento pendular controlado para la trayectoria del mecanismo para el cajón vertical (Dcha.).

6.2.12 Estimación de costos

6.2.12.1 Retícula hexagonal

Al conocer exactamente el material que se va a utilizar para cada parte de la retícula modular, se prosigue con la estimación de costos. Sin embargo, es importante mencionar que el precio final va depender directamente del diseño de la retícula, ya que aunque el número de hexágonos, material y acabado sea el mismo en 2 diseños diferentes, el precio cambiaría dependiendo de la unión entre los hexágonos, aumentando el número y tipo de herrajes, así como de laterales utilizados.

Prosiguiendo con la estimación de costos de la retícula, se consideraron dos diseños diferentes, como podemos observar en la figura 6.34, y así tener un valor promedio por hexágono, independientemente su diseño.

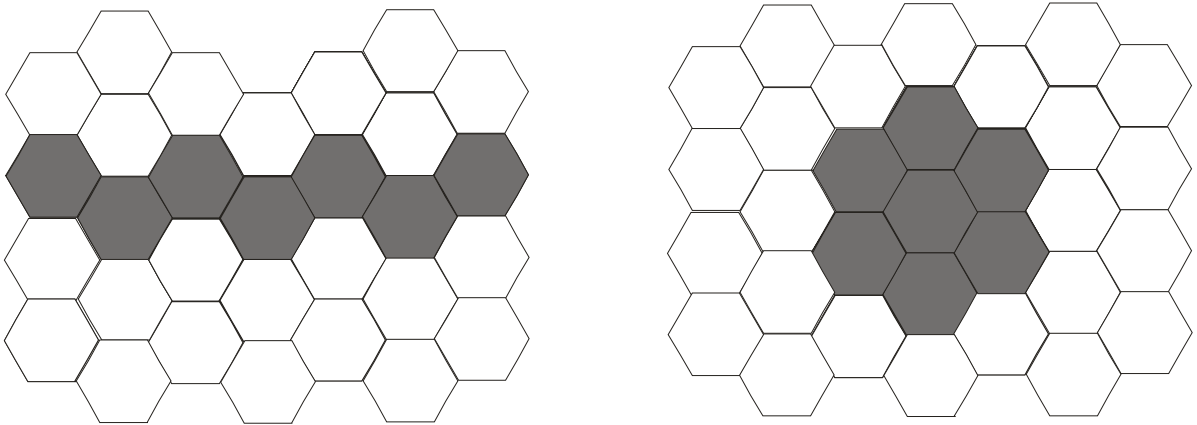


Figura 6.35 Retícula hexagonal extendida (Izq.) y retícula hexagonal comprimida (Dcha.).

En el cuadro 6.10 se muestran las diferentes piezas que son necesarias para formar ambos tipos de retícula, observando que la retícula extendida, al tener solo una pared compartida con su hexágono contiguo, su número de piezas a utilizar es mayor, aumentando su precio.

Cuadro 6.10 Tipo y cantidad de piezas necesarias por tipo de retícula

Tipo de pieza	Retícula extendida	Retícula comprimida
Hexágonos	7	7
Herraje tipo empotre doble	9	6
Herraje tipo empotre triple	6	6
Herraje tipo doble simple	27	18
Herraje tipo triple simple	18	18
Total de herrajes	60	48
Lateral de 24 x 40 cm	36	30
Tornillo para madera	288	240
Pija para empotrar	15	12
Rondana	15	12
Taquete ¼"	15	12

El resultado de la suma del costo de materia prima para cada retícula, dependiendo el material y acabado de sus herrajes y laterales, está reflejado en los cuadros 6.11 y 6.12. En los cuales observamos más de 10 diferentes opciones, variando el precio considerablemente, dependiendo de sus características.

Cuadro 6.11 Costos para retícula extendida dependiendo material y acabado

Tipo de lateral	Contrachapado 12 mm		MDF 12 mm	
	Lamina negra c14 con esmalte alquidálico	Lámina galvanizada c14 sin acabado	Lamina negra c14 con esmalte alquidálico	Lámina galvanizada c14 sin acabado
Tipo de acabado				
Sin acabado	\$1,927.40	\$1,794.80	\$1,675.40	\$1,542.80
Lijado y entintado	\$2,233.40	\$2,100.80		
Lijado, entintado y sellado.	\$2,431.40	\$2,298.80		
Lijado y esmalte alquidálico			\$2,197.40	\$2,064.80
Lijado, sellado y laca industrial			\$2,341.40	\$2,208.80
Lijado entintado y APU industrial	\$2,719.40	\$2,586.80		

Es importante mencionar que los costos que se manejan en ambos cuadros, solo abarcan los costos de materia prima y mano de obra. Para poder obtener un precio de venta, faltaría agregar

los costos indirectos de fabricación, distribución y administración. Así como agregar el % de utilidad que se defina posteriormente para este tipo de artículo.

Cuadro 6.12 Costos para retícula comprimida dependiendo material y acabado

Tipo de lateral	Contrachapado 12 mm		MDF 12 mm	
	Lamina negra c14 con esmalte alquidalico	Lámina galvanizada c14 sin acabado	Lamina negra c14 con esmalte alquidalico	Lámina galvanizada c14 sin acabado
Tipo de acabado				
Sin acabado	\$1,567.50	\$1,462.50	\$1,357.50	\$1,252.50
Lijado y entintado	\$1,822.50	\$1,717.50		
Lijado, entintado y sellado.	\$1,987.50	\$1,882.50		
Lijado y esmalte alquidalico			\$1,792.50	\$1,687.50
Lijado, sellado y laca industrial			\$1,912.50	\$1,807.50
Lijado entintado y APU industrial	\$2,227.50	\$2,122.50		

Si queremos obtener el costo por hexágono, solo se necesita dividir cada dato entre 7, en cualquier tipo de retícula. Al hacer esto, observamos que el costo por hexágono varía desde \$179 MXN para la retícula comprimida con herrajes galvanizados calibre 14, laterales de MDF sin ningún acabado, hasta \$388.5 MXN por hexágono para la retícula extendida con herrajes en lámina negra calibre 14 recubiertos con esmalte alquidalico y laterales de contrachapado lijados, entintados y recubiertos con poliuretano industrial.

En este comparativo, se puede observar que el precio final de la retícula hexagonal va a depender de las necesidades de las personas, ofreciendo un mueble totalmente flexible en su precio, tamaño, diseño, acabado y funcionamiento.

6.2.12.2 Cajón para retícula

Como se ha mencionado anteriormente, la retícula tiene la capacidad de albergar un cajón en el interior de cualquier hexágono que el usuario seleccione, por lo cual es importante enlistar el tipo y la cantidad de piezas necesarias para formar un cajón, como se muestra en el cuadro 6.13.

Cabe indicar que la única diferencia entre el cajón vertical y el cajón horizontal, es solamente que al cajón vertical se le agrega el mecanismo para caída libre.

Cuadro 6.13 Tipo y cantidad de piezas necesarias para el ensamble del cajón

Tipo de pieza	Cantidad
Hexágono de 24 cm de lado (E=12mm)	1
Hexágono de 20 cm de lado (E=9mm)	1
Herraje tipo empotre doble	8
Lateral de 20x38 cm	3
Lateral de 10x38 cm	2
Tornillo para madera	40
Corredera reforzada de 40 cm	2

El resultado de la suma del costo de materia prima, dependiendo el material y acabado de sus herrajes y laterales, está reflejado en el cuadro 6.14. En el cual observamos más de 10 diferentes opciones, variando el precio considerablemente, dependiendo de sus características. Es importante mencionar que el costo que se muestra en el cuadro, faltaría agregarle el 30% de utilidad, para su futura venta en el mercado.

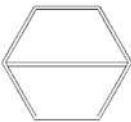
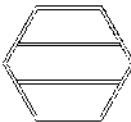
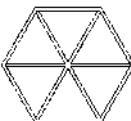
Cuadro 6.14 Costos para cajón dependiendo material y acabado

Tipo de lateral	Contrachapado 12 mm		MDF 12 mm	
	Lamina negra c14 con esmalte alquidalico	Lámina galvanizada c14 sin acabado	Lamina negra c14 con esmalte alquidalico	Lámina galvanizada c14 sin acabado
Tipo de Herraje				
Tipo de acabado				
Sin acabado	\$358.50	\$343.50	\$306.50	\$291.50
Lijado y entintado	\$409.50	\$394.50		
Lijado, entintado y sellado.	\$442.50	\$427.50		
Lijado y esmalte alquidalico			\$393.50	\$378.50
Lijado, sellado y laca industrial			\$417.50	\$402.50
Lijado entintado y APU industrial	\$490.50	\$475.50		

6.2.12.3 Repisas

Sin lugar a dudas, las repisas son un elemento sumamente importante en la retícula, ya que gracias a estas, el usuario puede elegir entre diferentes alturas, dependiendo el tamaño y la forma de los objetos a guardar, permitiendo una extensa variedad de combinaciones, según la necesidad. En el cuadro 6.15 se muestran los diferentes costos de los diferentes tipos de repisa, dependiendo del acabado y material de estas.

Cuadro 6.15 Costos para cada tipo de repisa dependiendo material y acabado

Repisa	Contrachapado de 12mm		MDF de 12mm	
	s/acabado	\$33.50	s/acabado	\$22.50
	Lijado y entintado	\$42.00	Lijado y esmalte alquidálico	\$37.00
	Lijado, entintado y sellado	\$47.50	Lijado, sellado y laca	\$41.00
	Lijado, entintado y APU ind.	\$55.50	industrial	
	s/acabado	\$56.00	s/acabado	\$37.00
	Lijado y entintado	\$73.00	Lijado y esmalte alquidálico	\$66.00
	Lijado, entintado y sellado	\$84.00	Lijado, sellado y laca	\$74.00
	Lijado, entintado y APU ind	\$100.00	industrial	
	s/acabado	\$100.50	s/acabado	\$67.50
	Lijado y entintado	\$126.00	Lijado y esmalte alquidálico	\$111.00
	Lijado, entintado y sellado	\$142.50	Lijado, sellado y laca	\$123.00
	Lijado, entintado y APU ind.	\$166.50	industrial	

Es importante mencionar que el costo que se muestra en el cuadro, solo abarca los costos de materia prima y mano de obra. Para poder obtener un precio de venta, faltaría agregar los costos indirectos de fabricación, distribución y administración. Así como agregar el % de utilidad que se defina posteriormente para este tipo de artículo.

6.2.12.4 Cajón vertical y mecanismo

Es importante tener una estimación del costo del mecanismo para caída libre, el cual permite el correcto funcionamiento del cajón vertical, en el cuadro 6.16 se muestran las piezas necesarias para el ensamblaje del cajón y el mecanismo. Así como en el cuadro 6.17 se menciona el costo del cajón con el mecanismo, variando solamente el tipo de material y de acabado del cajón.

Cuadro 6.16 Tipo y cantidad de piezas necesarias para el ensamble del cajón vertical

Tipo de pieza	Retícula
Hexágono de 24 cm de lado (E = 12 mm)	1
Hexágono de 20 cm de lado (E = 9 mm)	1
Herraje tipo empotre doble	8
Lateral de 20x38 cm	3
Lateral de 10 x 38 cm	2
Tornillo para madera	40
Corredera reforzada de 40 cm	2
Trayectoria en resina de poliéster + carga	1
Pistón metálico	1
Resortes	2

Cuadro 6.17 Costos para cajón vertical con mecanismo dependiendo material y acabado

Tipo de lateral	Contrachapado 12 mm		MDF 12 mm	
	Lamina negra c14 con esmalte alquidálico	Lámina galvanizada c14 sin acabado	Lamina negra c14 con esmalte alquidálico	Lámina galvanizada c14 sin acabado
Tipo de Herraje				
Tipo de acabado				
Sin acabado	\$558.50	\$543.50	\$506.50	\$491.50
Lijado y entintado	\$609.50	\$594.50		
Lijado, entintado y sellado.	\$642.50	\$627.50		
Lijado y esmalte alquidálico			\$593.50	\$578.50
Lijado, sellado y laca industrial			\$617.50	\$602.50
Lijado entintado y APU industrial	\$690.50	\$675.50		

6.2.13 Mecanizado de piezas

En el cuadro 6.18 se explica cada proceso necesario para el mecanizado de las piezas que conforman el prototipo de mueble reticular, así como también se menciona tanto el proveedor que efectúa el servicio, como el equipo utilizado.

Cuadro 6.18 Procesos de mecanizado de las piezas necesarias para formar el prototipo de mueble reticular hexagonal

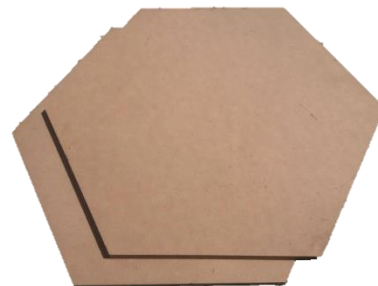
Dimensionado de laterales



Este proceso se lleva a cabo en el “Centro Maderero el Cedro” (CMC) , por medio de una escuadradora controlada por un operador, el cual dimensiona la hoja comercial de 122 x 244 cm, en rectángulos con las siguientes medidas:

- Lateral retícula (24 x 40 cm)
- Lateral A cajón (20 x 38 cm)
- Lateral B cajón (10 x 38 cm)

Corte de hexágonos para armado de cajón

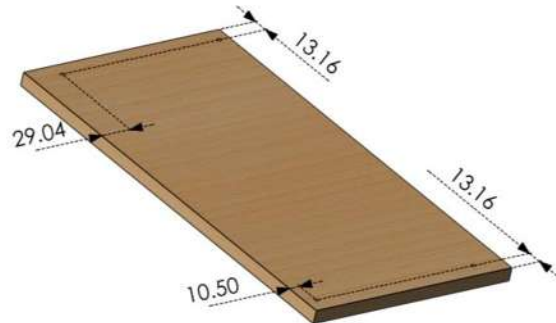


Este proceso se lleva a cabo en “FiGO Ingeniería en Mobiliario” y conlleva el uso de 2 plantillas previamente cortadas en CNC, posteriormente se cortan los hexágonos en una hoja

comercial de 122 x 244 cm, con la ayuda de una fresa copiadora y una fresadora manual, asegurando el corte exacto de cada hexágono, con las siguientes medidas:

- Hexágono A (L = 24.4 cm)
- Hexágono B (L = 19.7 cm)

Barrenado de laterales y hexágonos



Este proceso se lleva a cabo en “FiGO Ingeniería en Mobiliario” y se hace mediante plantillas previamente fabricadas, las cuales sirven para marcar el punto donde se efectuará el barrenado por medio de un taladro de banco, las piezas que ocupan este proceso serían todas las que se mencionaron anteriormente.

Garantizando el armado correcto de la retícula y del cajón, por medio de los diferentes herrajes diseñados.

Corte de herrajes



Este proceso se lleva a cabo en la empresa “Deshard Systems México”. Primeramente se entrega el diseño final del herraje desplegado para continuar con el corte por medio de una cortadora de plasma CNC, originando piezas completamente iguales.

Troquelado de los herrajes



Este proceso se lleva a cabo en “FiGO Ingeniería en Mobiliario” donde fue necesario diseñar y fabricar una prensa hidráulica a la medida, así como también un punzón en “Y” y una matriz para cada tipo de herraje (simple y c/empotre). Para así poder continuar con el troquelado de cada herraje, el cual consiste en aplicar la fuerza suficiente en el centro de la pieza obligándola a entrar en la matriz doblando las bridas a su alrededor.

6.2.14 Modelado 3D de prototipo de mueble reticular hexagonal

Para la realización del modelado 3D, es necesario primeramente conocer el espacio donde se requiere instalar la retícula. En este caso se va instalar en el área de TV, en el segundo piso de una cabaña de 42m², ampliando el espacio de almacenaje, optimizando el espacio de esta. El área disponible, es un área triangular como se muestra en la figura 6.35.



Figura 6.36 Espacio disponible para instalación del prototipo reticular

En este caso se utilizaron 7 hexágonos y se acomodaron en base al gusto del usuario, como se puede observar en el diseño de la figura 6.36.

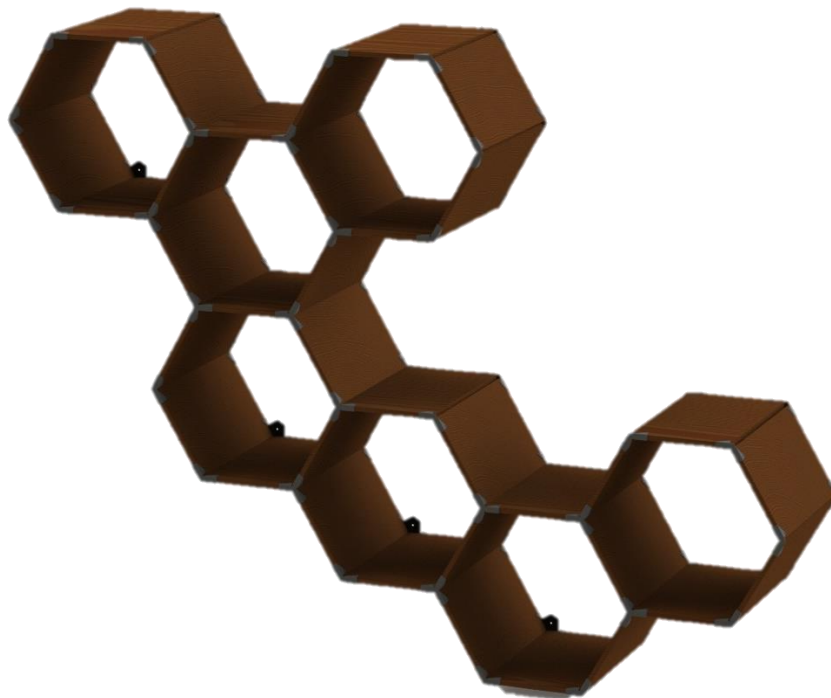


Figura 6.37 Distribución 3D de hexágonos para el prototipo reticular

Posteriormente de elegir la distribución de cada hexágono, se diseñó la distribución de repisas y cajones, para probar diferentes acomodos de objetos, dependiendo del tamaño de estos, tal como se muestra en la figura 6.37.

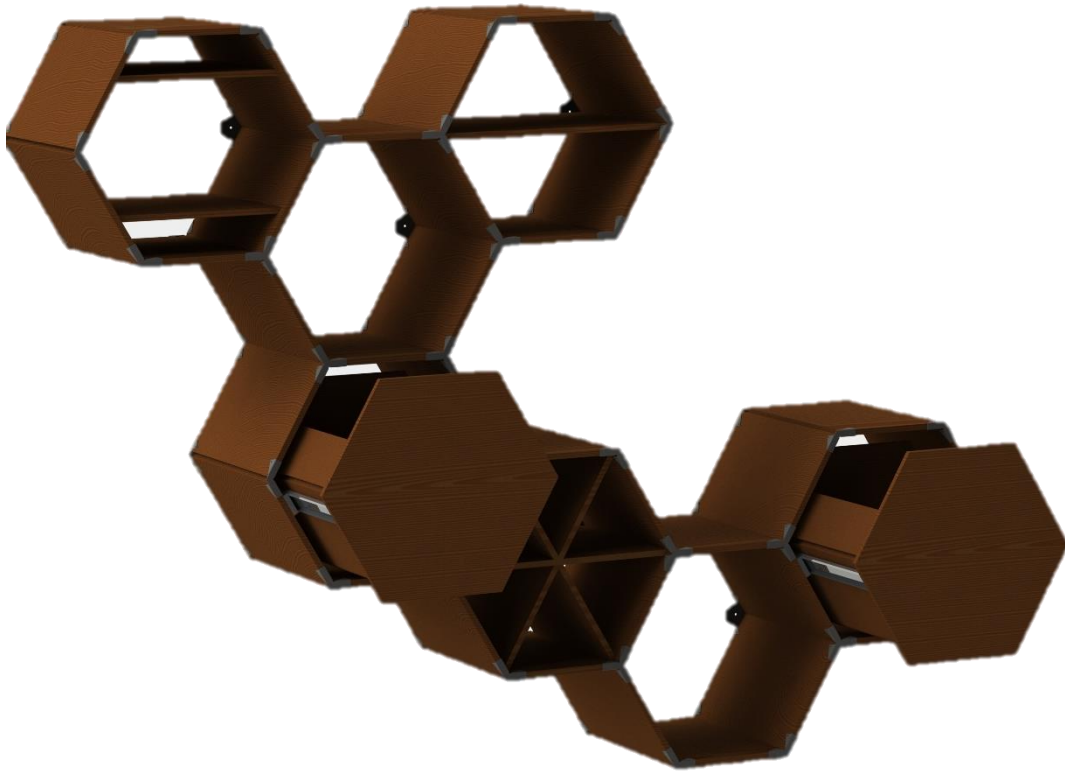


Figura 6.38 Distribución 3D de repisas y cajones para el prototipo reticular

6.2.15 Ensamble, instalación y prueba de prototipo

Primeramente se va a enlistar las piezas utilizadas para la fabricación y ensamble del prototipo reticular, como se muestra en el cuadro 6.19.

Cuadro 6.19 Listado de piezas utilizadas para la fabricación y ensamble de prototipo reticular

Tipo de pieza	No. piezas
Herraje tipo empotre doble	25
Herraje tipo empotre triple	6

Herraje tipo doble simple	27
Herraje tipo triple simple	18
Lateral de 24 x 40 cm	36
Pija para madera de #6 x 5/8"	396
Tornillo ¼" c/rondana	15
Lateral de contrachapado de 12 mm (24 x 40 cm)	36
Lateral de contrachapado de 12 mm (20 x 38 cm)	6
Lateral de contrachapado de 12 mm (10 x 38 cm)	4
Hexágono de contrachapado de 12 mm (L = 24.4 cm)	2
Hexágono de contrachapado de 9 mm (L = 19.7 cm)	2
Par de correderas de extensión reforzadas de 40 cm	2
Taquete plástico 5/16"	15

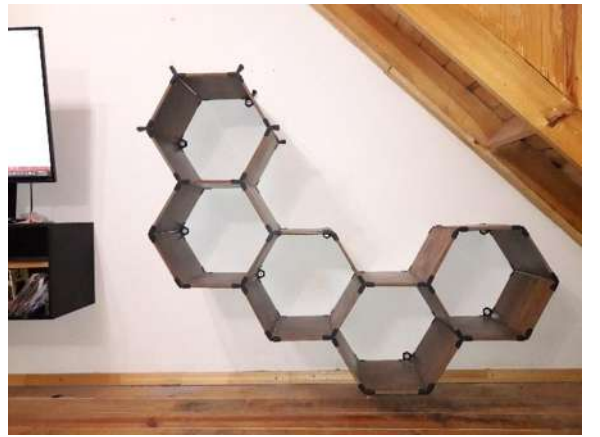
Los pasos para la instalación de la retícula, al ser cíclicos, se vuelve sumamente sencillo, primeramente se escoge un hexágono que se encuentre en un extremo del diseño, y se ensambla con los herrajes adecuados según su distribución en la retícula, posteriormente se empotra al muro según las especificaciones del diseño con ayuda de los 3 herrajes tipo empotre, y de ahí se parte para ir colocando los demás hexágonos, según su distribución.

Al terminar la instalación de la retícula, se prosigue con ensamblar los cajones e instalarlos en los hexágonos correspondientes, según el diseño elegido, por medio de las correderas de extensión reforzadas. Y finalmente son colocados los diferentes tipos de repisas en el interior de cada hexágono, según sea el caso. El proceso anterior se puede visualizar en el cuadro 6.20.

Cuadro 6.20 Proceso de instalación integral del prototipo reticular

Paso 1. Empotre y ensamble de hexágonos





Paso 2. Ensamble e instalación de cajones hexagonales



Paso 3. Instalación de repisas internas



Para la prueba del prototipo reticular, se utilizaron diversos objetos que se tienen en una vivienda estándar, para ver la capacidad de almacenaje, así como su multifuncionalidad para guardar objetos, ya que uno de los objetivos de la retícula, es que se pueda colocar en cualquier área de la vivienda, como cocina, recamara, baño, sala de TV, sala de estar, etc. En el cuadro 6.21 se puede visualizar esta multifuncionalidad espacial que se mencionó con anterioridad.

A continuación se visualizan algunos ejemplos, en los cuales se observa el cumplimiento del objetivo de la retícula, ya que puede ser utilizada para almacenamiento general dentro de cualquier hogar, ya que con ayuda de los diferentes tipos de repisa diseñados, se puede dividir el interior del hexágono dependiendo el tamaño y la forma de los objetos a almacenar.

Cuadro 6.21 Prueba de almacenaje del prototipo de mueble reticular

Función: Ornamental

Una de las funciones básicas de la retícula, es la función ornamental, al aumentar la vista de objetos de cualquier tamaño, ya sea con fin de exhibición en algún negocio o casa particular. Ya que la retícula cuenta con la flexibilidad de aumentar o disminuir la altura del interior de cada hexágono gracias a sus diferentes repisas, así como colocar el objeto en la parte superior del hexágono, pudiendo colocar prácticamente cualquier objeto.



Función: Librero

Esta función es posible gracias a la repisa doble, la cual permite aumentar el área inferior sobre la cual se colocan los libros y aprovechar así, cada espacio dentro del hexágono.



Función: Cava

Esta función es imprescindible para todo aquel conocedor de vinos, debido a que este tipo de bebida debe de mantenerse de manera horizontal, ya que el vino debe de estar en contacto con el corcho para impedir que este se seque y pierda su elasticidad y hermetismo entrando así aire en la botella. Esta función se cumple, gracias a la repisa estrella, la cual permite almacenar 3 botellas de diferente tamaño en cada división, así como en caso de requerir más espacio en alguna división, la repisa cuenta con 2 paredes intermedias móviles, las cuales se pueden retirar en caso de necesitar máxima el espacio en alguna de ellas.



Área: Cocina

Como se ha observado, prácticamente cualquier objeto se puede almacenar en la retícula, gracias a los diferentes tipos de repisas, así como la profundidad del hexágono. Y no es de sorprenderse que los artículos pertenecientes a esta área, puedan almacenarse sin problema en la retícula, desde alimentos empacados o a granel, cristalería, vajilla de cualquier forma y tamaño, como vasos, copas, platos, etc.



Área: Recamara

Si en los casos anteriores no existió ningún problema, con menor razón al guardar ropa, sin importar su tamaño, desde colchas, sábanas, cobijas, hasta chamarras, playeras, toallas, ropa interior y cualquier tipo de zapatos. Dependiendo el gusto del usuario, puede acomodar su diferente tipo de ropa en diversos modos, gracias a las repisas y a los cajones que puede seleccionar, aprovechando al máximo cada hexágono.



Con el fin de mostrar la multifuncionalidad de almacenaje de la retícula, se probaron diversos productos de limpieza, así como papel de baño, papel de cocina, ya sea que estén a la vista o no, gracias a que los cajones pueden almacenar también este tipo de productos, sin ningún problema.



Sin importar el tipo de objeto a almacenar, la retícula hexagonal, cumple indudablemente sus objetivos, al poder utilizarse en cualquier área/espacio dentro de cualquier vivienda, debido a sus múltiples características, que lo hacen un mueble sobresaliente comparado con el mobiliario actualmente ofrecido por este tipo de industria en México.

En la figura 6.38 se puede observar una vista general de la retícula, con diferentes tipos de artículos en su interior, así como también se comprueba la resistencia a la carga, garantizando una resistencia de 80 kg por cada repisa, sin importar su ubicación en la retícula hexagonal.





Figura 6.39 Prototipo reticular utilizado de manera general

6.2.16 Comparativa: Prototipo reticular V.S. Mueble convencional

El objetivo de este apartado, es hacer una comparación general del prototipo desarrollado, con algunos muebles existentes en el mercado, que cumplen con la misma función de almacenaje o que tienen un diseño parecido, y poder resaltar la diferencia entre estos dos.

En el cuadro 6.22 empezaremos por comparar el prototipo reticular, con las repisas hexagonales de madera que se consiguen en tiendas web o inclusive se mandan a fabricar con algún carpintero.

Cuadro 6.22 Comparación general una repisa hexagonal y el prototipo reticular

Repisa hexagonal comercial	Prototipo reticular
	
Factor de variabilidad	
Proveedor	Acabado y acomodo de hexágonos
Método de compra	
Tienda Web (Mercado libre)	Directamente con el fabricante
Cuenta con sala de exhibición	
No	Sí
Opción a elegir color y acabado	
Sí	Sí

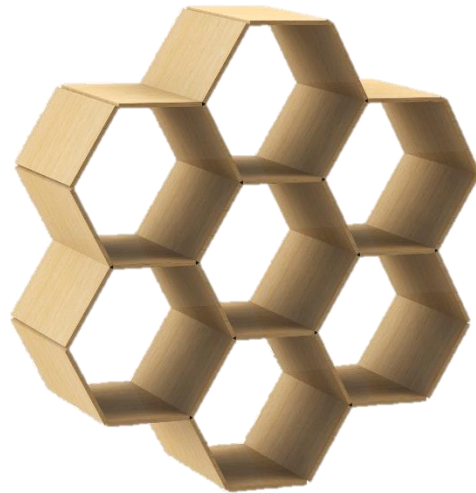
(La mayoría, excepto los que se venden en tiendas departamentales)	
Armable	
No	Sí
(Debido a que no manejan herrajes para las uniones, se envían hexágonos completos)	
Repisas complementarias	
No	Sí
Cajones internos complementarios	
No	Sí
Instalación	
Tipo cuadro colgante (armellas o clavos)	Empotrado
Seguridad	
Frágil	Alta resistencia
Función principal	
Decoración (ornamental)	Almacenaje general
Funciones secundarias	
Ninguna	Decoración, asiento, separador de ambientes, cajonera, multiorganizador, casa de mascota pequeña para interior, entre otras.
Adaptabilidad según espacio disponible	
Sí	Sí
Tipo de unión	
Lateral- lateral	Lateral-herraje
Profundidad de repisas	
9-15cm	40cm

En el cuadro 6.23 se hace una comparación general de las características entre un mueble de almacenamiento multiusos y el prototipo reticular. Este tipo de muebles, es sumamente fácil encontrarlos en cualquier tienda departamental, mueblerías e incluso en algunas calles con vendedores ambulantes, debido a que es un mueble sencillo y de uso común.

Cuadro 6.23 Comparación general un mueble de almacenamiento multiusos y el prototipo reticular

Mueble de almacenamiento multiusos

Prototipo reticular



Acabado

Contrachapado de pino sin acabado

Contrachapado de pino sin acabado

Volumen máximo de almacenaje

0.42m³

0.42m³

Método de compra

Directamente en Home Depot

Directamente con el fabricante

Cuenta con sala de exhibición

Sí

Sí

Volumen de transportación/almacén

0.4215m³

0.04m³

Armable (RTA)

No

Sí

Repisas complementarias

No

Sí

Cajones internos complementarios

No

Sí

Instalación

Directamente sobre el suelo

Empotrado

Seguridad	
Media	Alta
Degradación	
Alta	Baja
(Debido a que está en contacto con el suelo permitiendo la absorción de humedad, así como la formación de insectos)	(Ya que al estar flotando, no permite la formación de insectos ni la putrefacción por NO estar en contacto con el piso)
Función principal	
Almacenaje general	Almacenaje general
Funciones secundarias	
Decoración y multiorganizador	Decoración, asiento, separador de ambientes, cajonera, multiorganizador, casa de mascota pequeña para interior, entre otras.
Capacidad para ampliar o reducir su capacidad de almacenaje	
No	Sí
Profundidad de repisas	
38cm	40cm
Adecuación de altura de repisas según tamaño del objeto	
No	Sí
Diseño permanente	
Si	No (A necesidad del usuario)
Adaptabilidad según espacio disponible	
No	Sí

Es importante mencionar, que la decisión final, la tiene en definitiva el usuario, de él dependerá evaluar las ventajas y desventajas de cada opción, y así poder tomar una acertada decisión a la hora de adquirir este tipo de mobiliario.

7. RESUMEN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se pudo observar al inicio del proyecto, se empezó solamente con una idea y con el paso del tiempo se fue materializando, hasta llegar a la construcción, instalación y prueba del prototipo. En el cuadro 6.24 se muestran los principales resultados obtenidos durante el desarrollo de la metodología planteada.

Cuadro 6.24 Resumen de resultados durante el desarrollo de la metodología

Concepto	Resultado
Forma principal de la retícula	Hexágono
Función principal del prototipo	Almacenaje general
Dimensiones finales del hexágono base	Alto 44 cm
	Ancho 50.7 cm
	Profundidad 40 cm
Volumen interno para almacenamiento por hexágono	0.06 m ³ = 60,000 cm ³
Mecanismo de unión entre laterales	Herrajes de acero laminado en frío calibre 14:
	Herraje tipo empotre doble
	Herraje tipo empotre triple
	Herraje tipo doble simple Herraje tipo triple simple
Tipo de lateral utilizado	Contrachapado de pino de 12 mm de espesor
Carga (estática) máxima soportada por repisa	80kg
Tipo de empotre	Tornillo metálico de 1 ½" c/rondana metálica de 1" y taquete plástico de ¼"
Unión entre herraje y lateral	Tornillo metálico #6 x 5/16"
Mecanismo de unión entre cajón y hexágono base	Corredera de extensión reforzada de 40 cm
Tipo de Mecanismo para cajón vertical	Trayectoria completa (40 cm) de 4 niveles con movimiento pendular en los extremos, en la cual avanza un pistón cilíndrico de resorte, gracias a la fuerza de gravedad y a 2 resortes externos.
Tipo de material del mecanismo para cajón vertical	Pistón = acero Trayectoria = resina de poliéster + carga reforzante
Mecanizado de laterales	Corte en escuadradora y barrenado con taladro de banco

Mecanizado de hexágonos 2D para cajones	Corte con fresadora manual, plantilla hexagonal, fresa copiadora y barrenado con taladro de banco
Mecanizado de herrajes	Corte con plasma CNC y troquelado con prensa hidráulica manual
Accesorios complementarios	Cajón, repisa simple, repisa doble y repisa estrella
Precio por hexágono	\$270 - \$580 MXN*
Precio por cajón horizontal	\$436 - \$735 MXN*
Precio por repisa	\$34 - \$250 MXN*
Precio por cajón vertical	\$740 - \$1040 MXN*

*Se aumentó un 50% al costo de producción para cubrir gastos indirectos de fabricación, distribución y administración, así como utilidad.

Discusión

Con base en los resultados anteriores, se puede garantizar que el prototipo de retícula modular cumple con los objetivos propuestos, ya que presenta una alta flexibilidad en todas sus características, siendo la “flexibilidad” su objetivo primordial, diferenciándolo indudablemente del mobiliario ofrecido actualmente por la industria mexicana dedicado al almacenaje de bienes materiales. Al analizar la comparación entre la retícula y el mobiliario actual, podemos ver que la retícula hexagonal supera a su competencia, ya que cuenta con la capacidad de reducir o ampliar su espacio interno de almacenamiento, ya sea por sus diversas repisas o por el acomodo a conveniencia de los hexágonos, para así poder albergar prácticamente cualquier tipo de objeto. Otra característica representativa, es la de poder cambiar su diseño en cualquier momento que así lo requiera, ya sea aumentando, disminuyendo o cambiando de lugar hexágonos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por último, es de suma importancia concluir que los muebles con retícula modular presentan evidentemente mayores beneficios comparados con los muebles de almacén convencional. A continuación se explica cada ventaja del prototipo reticular:

- a. Flexibilidad en su **precio**, ya que el precio final depende principalmente del número de módulos hexagonales que el usuario adquiera y en segundo lugar, al material y acabado elegido. Facilitando la adquisición de este tipo de mueble reticular por casi cualquier familia, teniendo un precio final aproximado desde \$270 MXN por hexágono.
- b. Flexibilidad en su **diseño**, ya que el usuario elige la distribución (acomodo) de los hexágonos que se pueda adaptar mejor a su espacio y a su gusto, sin importar el tamaño de la vivienda y el área donde lo vaya instalar.
- c. Flexibilidad en su **acabado**, para que pueda combinar con el estilo o color de cualquier área dentro las diferentes estilos de vivienda que existen actualmente.
- d. Amplia flexibilidad en sus **dimensiones**, ya que la retícula brinda la oportunidad de cambiar tanto el tamaño interno de almacenaje, gracias a sus múltiples repisas, como el tamaño externo, acomodando los hexágonos de una manera extendida o comprimida, así como aumentar el número de hexágonos o disminuir estos a las necesidades específicas de los usuarios.
- e. Alta **resistencia** a la ruptura, soportando sin ningún problema cualquier carga domestica necesaria, incluso resiste en cualquiera de sus repisas el peso de un mexicano promedio como podemos observar en la figura 8.1, lo que lo hace un mueble sumamente resistente.
- f. Bajo **tiempo de fabricación** al ser un producto fabricado en serie, utilizando la última tecnología en el mecanizado de cada pieza.
- g. Diferentes tipos de **funcionamiento/usos**, como es uso ornamental, almacén de diferentes objetos, separador de ambientes, generación de asientos, cajonera, casa para mascotas pequeñas, librero, entre otros.
- h. Armado **modular** (RTA/DIY), lo que hace que sea capaz de transportarse en cualquier tipo de automóvil e instalarse sin mucha complejidad por la mayoría de los habitantes.

- i. **Instalación horizontal y vertical** de la retícula, sin perder la capacidad de almacenaje por medio de los cajones verticales utilizando un mecanismo diseñado específicamente para este tipo de instalación, aumentando indudablemente la capacidad de almacenamiento de cualquier espacio dentro de la vivienda actual.



Figura 8.1 Prueba de resistencia del prototipo de mueble con retícula modular

Sin embargo, es importante mencionar algunas limitaciones de este tipo de mueble, como son:

- a. La resistencia de la instalación, dependerá del tipo material del muro donde se vaya a colocar, ya que en caso de colocarlo en tabla roca, es necesario considerar reforzar esta con estructuras internas de madera o metal, para evitar que se desprendan en algún momento.
- b. La colocación de la retícula debe ser solamente en el interior de la vivienda, debido a que los materiales utilizados, así como los mecanismos, van a tender a oxidarse/degradarse con el paso del tiempo.
- c. Para la instalación de la retícula es necesario utilizar un roto martillo, para poder realizar los barrenos necesarios en el muro, el cual no todas las familias cuentan con uno, así como martillo, desarmador y punta de cruz, y broca 5/16” para concreto.
- d. Para sentarse sobre alguna repisa, es necesario utilizar un cojín que brinde la altura necesaria dependiendo el tamaño de la cadera del usuario.

Es importante mencionar que la primera etapa del mueble reticular se encuentra lista para entrar al mercado, dejando en una segunda etapa el cajón vertical, ya que falta definir ciertas especificaciones técnicas del mecanismo, así como realizar algunas pruebas de seguridad para garantizar el cumplimiento de sus objetivos. Cabe indicar, que ya se cuenta con algunas ideas y bosquejos de la tercer etapa, en la cual se está considerando diseñar una mesa plegable, la cual se pueda anidar en el interior de un hexágono, similar a un cajón horizontal, la cual tenga una capacidad máxima para 6 personas.

Recomendaciones

Dentro de un proyecto tan ambicioso como lo fue este, siempre se desea que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto se recomienda a futuros estudiantes que tengan interés en el proyecto, complementar la investigación evaluando la resistencia del empotramiento en diferentes materiales.

También se recomienda, analizar otros materiales que puedan ser usados para fabricar herrajes, así como el costo y tiempo de los procesos de producción de estos mismos.

Y por último, es importante hacer una evaluación completa del mecanismo para el cajón vertical, considerando diversos materiales para la trayectoria, y simular ciclos de fatiga, resistencia al impacto, etc.

9. BIBLIOGRAFIA

- (1) Real Academia Española (2001). Disquisición. En Diccionario de la lengua española (22^a ed.) Recuperado de: <http://dle.rae.es/?w=disquisici%F3n&origen=REDLE>
- (2) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, Ciudad, País, 5 de febrero de 1917. Artículo 4º, párrafo séptimo.
- (3) Sánchez J. (2012). La vivienda “social“ en México Pasado - presente - futuro? México: Sistema Nacional de Creadores de Arte Emisión.
- (4) Caballero J. (2016). Crecimiento del sector vivienda en los últimos años. México: El financiero. Recuperado de: <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/crecimiento-del-sector-vivienda-en-los-ultimos-anos.html>
- (5) Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. Plan Financiero 2016-2020.
- (6) Ibacache J. (2014). Análisis técnico, económico y estratégico de empresa de comercialización de muebles multifuncionales para espacios reducidos en la región metropolitana. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- (7) Becerril I. (2014). La industria mueblera en México requiere de renovación a fondo. El Financiero, México. Recuperado de: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/la-industria-mueblera-en-mexico-requiere-de-renovacion-a-fondo.html>
- (8) Radiografía de la industria (2016). El Financiero, México Recuperado de: <http://www.elfinanciero.com.mx/pages/radiografia-de-la-industria.html>
- (9) Becerril I. (2014). Diseños extranjeros, imán para los jóvenes. EL FINANCIERO, México. Recuperado de: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/disenos-extranjeros-iman-para-los-jovenes.html>

- (10) Espinosa L. (2014). China, Brasil y Suecia amenazan a industria del mueble. El Financiero, México. Recuperado:<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/china-brasil-y-suecia-amenazan-a-industria-del-mueble.html>
- (11) NOTIFix El newsletter para la industria del mueble de tablero (2016). CSIL publica quinta edición de estudio sobre el mercado Europeo para Muebles RTA. Pag.5, Colombia.
- (12) WORLDFURNITUREonline.com (2016). Ready to Assemble furniture market in Europe. Performance, trends and innovations by CSIL, Italia. Recuperado de: <https://www.worldfurnitureonline.com/showPage.php?template=News&id=339>
- (13) Entrepreneur (2015). Muebles multifuncionales, México. Recuperado de: <http://www.soyentrepreneur.com/100ideas/2015/01/muebles-multifuncionales/>
- (14) García M. y Franco F. (2014). La metamorfosis del mueble mexicano. Entrepreneur, México. Recuperado de <https://www.entrepreneur.com/article/266848>
- (15) Díaz R., Anaya M. y Saldaña D. (2011). Consumismo en México: Consumidores Responsables, Economías Sanas. Mi espacio. Recuperado de: http://www.infosol.com.mx/espacio/Articulos/Desde_la_Investigacion/Consumismo-Mexico-Consumidores-Responsables.html#.WTX5vpI1-UI
- (16) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017). Indicador Mensual del Consumo Privado en el Mercado Interior, México. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/cons_priv/default.aspx
- (17) ALTONIVEL (2010). México, sociedad consumista. México. Recuperado de: <http://www.altonivel.com.mx/4605-mexico-sociedad-consumista/>
- (18) Sokal A. y Bricmont J. (1999) Imposturas intelectuales, Barcelona: Paidós pp. 151-156.
- (19) Lonny (2017) Instagram Stories: Orlando Soria. Recuperado el 06/Junio/2017 de: <http://www.lonny.com/Instagram+Stories+Orlando+Soria/articles/zK3kYrngBaf/Confessions+of+an+Instagrammer>

- (20) Decora. 15 idea para decorar tu sala con libreros. Decoración de la casa. Recuperado el 06/Junio/2017 de: <http://decoraciondelacasa.com/15-ideas-para-decorar-tu-sala-con-libreros/>
- (21) Entrepañeras y cajoneras. HOME DEPOT Tienda en línea. Recuperado el 06/Junio/2017 de: <http://www.homedepot.com.mx/comprar/es/morelia-mil-cumbres/entrepañera-6-entrepañeros-188x60x40-cm>
- (23) Arnheim, R. (1984). *Arte y percepción visual*. Alianza Editorial. Colección Alianza Forma. Madrid.
- (24) Castro M. (2011). Sobre la conjetura del panal: Thomas C. Hales, Pappus de Alejandria, Teeteto y las abejas... *Redes: Observatorio, análisis y reflexión*. Recuperado el 07/Junio/2017 de: <http://observatorioredes.blogspot.mx/2011/10/sobre-la-conjetura-del-panal-hales.html>
- (25) Scott Lester Drafting & Design (2016). *Photorealistic Renderings*. Mount Airy, North Carolina. Recuperado el 12/Junio/2017 de:
<https://www.sldraftingdesign.com/renderings?lightbox=dataItem-j2c7cp4k2>
- (26) Design-Engine Education (2015). *SOLIDWORKS Simulation training: level 1*, Chicago, IL. Recuperado el 12/Junio/2017 de: <https://proetools.com/solidworks-simulation/>
- (27) SOLID WORKS (2016). *SOLIDWORKS Premium*. La potencia que necesita para impulsar la innovación. Recuperado el 12/Junio/2017 de:
http://www.solidworks.es/sw/docs/3DS_2017_SWK_Premium_Datasheet_ESP_FOR_WEB.pdf
- (28) Gómez S.(2010). *SolidWorks Simulation*. Alfaomega. México: Grupo Editor.
- (29) Deshard Sytems México (2014) Recuperado el 12/Junio/2017 de:
<http://www.deshardsystems.com/about.html>

- (30) Diaz M. (2010). Matemáticas en la naturaleza, Letraviva Artículos Revista digital del I.E.S. Sierra de Guadarrama. Recuperado el 20/Junio/2012 de: <https://articulosletraviva.wordpress.com/2010/04/19/matematicas-en-la-naturaleza/>
- (31) INFONAVIT (2006). Dimensiones mínimas de vivienda de acuerdo a disposiciones y reglamentos oficiales. Disposiciones y reglamentos de vivienda-2006
- (32) Fonseca X (2002). Las medidas de una casa, antropometría de la vivienda. Editorial PAX MEXICO.
- (33) López F.(2013). Diseño y elaboración del método para el reciclaje de residuos plásticos reforzados con fibra de vidrio. Trabajo de tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Morelia.
- (34) Hull D. (1987). Materiales compuestos. Recuperado el 21/Junio/2017 de: https://books.google.com.mx/books?id=FiYSkhjInm4C&pg=PA30&lpg=PA30&dq=modulo+elastico+y+de+ruptura+de+la+resina+de+poliester&source=bl&ots=0VQUI9Ejgs&sig=bqvRVGqkMsRs8vfQZGNo2Qmch7M&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiZspnO_LnUAhVH54MKHQ41DVo4ChDoAQgnMAE#v=onepage&q=modulo%20elastico%20y%20de%20ruptura%20de%20la%20resina%20de%20poliester&f=false
- (35) SCRIBD (2017). Laminado en frío. Recuperado el 22/Junio/2017 de: <https://es.scribd.com/document/315199030/LAMINADO-EN-FRIO-pdf>
- (36) Zhiyong Cai, Robert J. Ross (2010) Wood handbook – Wood as an engineering material – Chapter 12 - Mechanical Properties of Wood-Based Composite Materials. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-190 USDA, Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI.