

SISTEMA MODULAR PARA MUROS DIVISORIOS FABRICADOS CON  
RESIDUOS DE MADERA

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS PTCA

ARQUITECTURA

Andrés Grimaldo Quintero

Balmiro Peñaloza Pacheco

Carlos Alberto Hernández Niño



Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2019-II

**Sistema constructivo modular para muros divisorios**

**fabricados con residuos de madera**

**Balmiro José Peñaloza pacheco**

**Andrés Felipe Grimaldo quintero**

**Carlos Alberto Hernández niño**

**Edgar Carvajal**

**Docente**

**Manuela Patiño**

**Docente**



**Universidad de la Gran Colombia**

**Bogotá D.C 2019 II**

**Tabla de contenido**

**Resumen ..... 9**

**Abstract ..... 10**

**Introducción..... 11**

**Pregunta problema..... 13**

**Objetivo ..... 14**

    Objetivo General..... 14

    Objetivos específicos ..... 14

**Justificación ..... 15**

**Marco teórico..... 16**

    Construcción modular ..... 16

    Tipos de prefabricación ..... 19

        Prefabricación pesada: ..... 19

        Prefabricación semipesado..... 19

        Prefabricación liviana..... 19

    Ventajas de la construcción modular ..... 20

        Rendimiento ..... 20

        Exactitud ..... 20

        Limpieza:..... 21

# SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR PARA MUROS DIVISORIOS

|   |           |
|---|-----------|
|   | 4         |
| Simultaneidad.....  | 21        |
| Antecedentes de la arquitectura modular.....                                  | 21        |
| <b>Marco referencial .....</b>  | <b>24</b> |
| Paneles de bambú.....   | 24        |
| Muros divisorios en Drywal .....  | 26        |
| Muros divisorios de Tablaroca duock.....                                      | 28        |
| Muros divisorios panel W.....   | 29        |
| Sistema modular con residuos de madera.....                                   | 30        |
| <b>Marco normativo.....</b>   | <b>32</b> |
| Título A: requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente..... | 32        |
| Sistemas prefabricados.....   | 32        |
| Obligatoriedad de las normas técnicas citadas en el reglamento.....           | 32        |
| Bases generales de diseño sismo resistente (NSR, 2010).....                   | 34        |
| Título E: Casa de uno y dos pisos.....  | 35        |
| <b>Marco conceptual .....</b>   | <b>36</b> |
| Sistema Constructivo.....   | 36        |
| Sistema Constructivo Tradicional.....   | 36        |
| Sistema Constructivo Industrializado.....                                     | 37        |
| La Construcción Industrializada.....  | 37        |
| Módulo.....   | 38        |
| Construcción Modular.....   | 38        |

# SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR PARA MUROS DIVISORIOS

|  |           |
|--|-----------|
|  | 5         |
| <b>5 Metodología.....</b>  | <b>40</b> |
| Tipo de estudio.....   | 40        |
| Etapas del trabajo.....  | 40        |
| Fase 1: hacer una comparación de los distintos sistemas constructivos tanto tradicional y modular prefabricado. ....                                       | 40        |
| Fase 2: Un comparativo de tiempo y costos del sistema de construcción tradicional frente al sistema de construcción modular prefabricado.....              | 40        |
| Fase 3: Comprobar una alternativa de construcción de muros divisorios en donde se resaltara su factibilidad y eficiencia al momento de ser construido..... | 41        |
| Fase 4: Destacar el sistema constructivo demostrando que es un sistema de fácil armado el cual no requiere de manos de obra especializada.....             | 41        |
| Instrumentos o herramientas utilizadas.....  | 41        |
| Sistema modular para muros divisorios con residuos de madera .....   | 41        |
| Molde 1. Aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera .....  | 42        |
| Molde 2. Aglomerado de cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel ...  | 43        |
| Molde 3. Aglomerado con cola para madera (carpincol MR -60), aserrín de madera con acabado de formica.....   | 45        |
| <b>Conclusiones .....</b>  | <b>52</b> |
| Tiempo.....  | 52        |
| <b>Bibliografía .....</b>  | <b>54</b> |

**Lista de Tablas**

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Comparativa entre diferentes tipos y sistemas de muros</i> ..... | 31 |
| Tabla 2 <i>Comparación sistema modular y mampostería tradicional</i> .....  | 51 |
| Tabla 3 <i>Comparación sistema modular y drywall</i> .....                  | 51 |

**Tabla de figuras**

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 1:</i> Patente 8, 1889. 6.....   | 17 |
| <i>Figura 2:</i> Patente 1919 Joseph R. Witze.....   | 18 |
| <i>Figura 3:</i> Vista general.. ..  | 25 |
| <i>Figura 4:</i> Detalle estructura.. ..   | 25 |
| <i>Figura 5</i> Detalle estructura muros divisorios de drywall. 2. ....                          | 26 |
| <i>Figura 6:</i> Anclaje de muro a piso.....   | 28 |
| <i>Figura 7:</i> Banda selladora.....  | 29 |
| <i>Figura 8:</i> Detalle de muro.....  | 30 |
| <i>Figura 9:</i> Aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera.....                 | 42 |
| <i>Figura 10:</i> Harina de trigo.. ..   | 42 |
| <i>Figura 11:</i> Prototipo con aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera. .... | 43 |
| <i>Figura 12:</i> Retazos de papel. ....   | 44 |
| <i>Figura 13:</i> Cola de madera (preflexMadera). ....   | 44 |
| <i>Figura 14:</i> Aglomerado con cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel ya seco  | 44 |
| <i>Figura 15:</i> Aglomerado con cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel. ....    | 44 |
| <i>Figura 16:</i> Prototipo de cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel.. ..       | 45 |
| <i>Figura 17:</i> Carpincol MR -60 750 ml.....   | 45 |

SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR PARA MUROS DIVISORIOS

*Figura 18:* Formaleta flor morado. .... 46

*Figura 19:* Encofrado aglomerado..... 47

*Figura 20:* Secado de aglomerado.. .... 47

*Figura 21:* 4 Perfiles en aluminio con corte de 45°..... 47

*Figura 22:* Módulo armado..... 48

*Figura 23:* Modulo final.. .... 48

*Figura 24:* Módulos con los pasadores.. .... 48

*Figura 25:* Perfil contorno. .... 49

*Figura 26:* Encaje de módulos..... 49

*Figura 27:* Muro terminado.. .... 50

*Figura 28:* Muro terminado..... 50



### **Resumen**

La investigación tiene por objeto dar a conocer y ejecutar un sistema constructivo de muros divisorios modulares no estructurales; visualizando la producción de dicho sistema con residuos de madera a un bajo costo como un modelo base para el diseño y ejecución de un proyecto constructivo, ya que en la actualidad no se encuentra un sistema el cual se realice con mano de obra no calificada; basándose en las consideraciones que establece el reglamento para la construcción de muros divisorios (NSR 10) titulo E ; demostrando que la prefabricación y la aplicación de técnicas constructivas no tradicionales o modulares, dan una opción para realizar reformas en espacios interiores.

**Abstract**

The purpose of the research is to publicize and execute a constructive system of non-structural dividing walls; visualizing the production of said system with wood waste at a low cost as a base model for the design and execution of a construction project, based on the considerations established by the regulations for the construction of partition walls (NSR 10) title E; demonstrating that the prefabrication and the application of non-traditional or modular construction techniques, give an option to make reforms in interior spaces.

## Introducción

El presente trabajo se estructura a partir de la investigación evolutiva de los sistemas modulares, con el propósito de dar a conocer las ventajas que este establece resaltando sus características en acabados, resistencia, economía de creación y facilidad de montaje. “... Remontarse en el pasado tanto cuanto sea necesario para completar el conocimiento del presente y situar la arquitectura y construcción modular actual en su justa medida en relación con el ámbito geográfico que nos ocupa” (Roperó & Comas, 2013, p. 3).

Frente al avance de nuevas técnicas modulares, es necesario un sistema que cumpla con ciertas exigencias constructivas, ya que se han visto cambios de los diferentes materiales utilizados en la arquitectura igual que en los procesos constructivos de los sistemas modulares.

De acuerdo con lo anterior, se realiza este proyecto sobre los sistemas modulares, con la intención de dar a conocer una alternativa de muros modulares prefabricados a base de residuos de madera, con el fin de dar una solución a la reformación de construcción de interiores, esta investigación amplía el conocimiento sobre los sistemas prefabricados usualmente manejados, sistemas no convencionales y nuevas alternativas

El motivo del proyecto de investigación es conocer la aplicación de construcción modular y demostrar que tiene la misma resistencia que un sistema tradicional, saber si se logra reducir costos y tiempos al momento de su ejecución.

La elaboración de este proyecto se desarrolla por medio de investigación que nos llevan a conocer las propiedades físicas y su resistencia al momento de exponer dichos paneles a cargas y esfuerzos.

El aporte de este proyecto es incentivar a la construcción modular prefabricada como un mecanismo opcional para acabados interiores, la finalidad de este proyecto de investigación es darle valor a la construcción no convencional (modular prefabricada) y ampliar la aceptación social de esta nueva tendencia de acabados de interiores y demostrar que la que este sistema constructivo es eficiente.

**Pregunta problema**

¿Cómo desarrollar una técnica modular prefabricada y economizar un proceso constructivo?

## **Objetivo**

### **Objetivo General**

■ Proponer y diseñar un sistema modular de muros divisorios fabricados con residuos de madera reduciendo costos de materiales y que se pueda utilizar mano de obra no calificada.

### **Objetivos específicos**

- Fabricar un sistema modular para muros divisorios con residuos de madera.
- Demostrar los beneficios en costos, tiempos y cargas de un sistema de módulos para muros divisorios.
- Determinar la viabilidad de un sistema de módulos en una construcción.

### **Justificación**

El presente proyecto pretende demostrar que la construcción modular tiene ventajas frente a la construcción convencional.

A la poca aceptación de los sistemas modulares y sus características podemos incluir la falta de información que se tiene sobre este, demostrando lo práctico de su técnica.

El propósito es facilitar el montaje de los paneles modulares con el fin de incentivar este tipo de arquitectura de innovación frente a los sistemas convencionales, generando un alto impacto en beneficio al avance de la construcción de interiores. Como está relacionado en el noveno objetivo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el desarrollo sostenible del mundo que reza: “construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.” (ONU, s. f., párr. 1).

En Colombia la construcción modular prefabricada puede llegar a ser una opción viable en construcción como avance en el desarrollo de la arquitectura, en nuestro país, que se debería adoptar a la evolución de una nueva tendencia de construcción o ser replanteada como opción de acuerdo con las necesidades que se requieran, sin dejar de lado su propósito de mejora constructiva y de acabados, fortaleciendo el desarrollo de acabados de construcción en seco.

### **Marco teórico**

Los sistemas modulares de muros divisorios dan una solución de construcción, de forma rápida y eficaz, así como también dan una posibilidad de desarrollo de las construcciones y satisfacer las expectativas de los consumidores.

Una de las alternativas de desarrollo de materiales locales (aserrín de madera), queriendo dar mejora a los sistemas tradicionales, para llegar de manera innovadora y eficaz dando soluciones técnicas y económicas que se complementen a la mejora de la construcción. “Para superar progresivamente este problema es necesario contar con tecnologías constructivas apropiadas que permitan la edificación de bajo costo dentro de un marco de desarrollo integral, en especial para las comunidades.” (J. L. De Olarte Tristán, s. f., citado por Perea Rentería, 2012, p. 18).

La construcción de edificaciones debe ir enfocada a espacios modulares, y con espacios de acabados arquitectónicos mínimos; dando un resultado de construcciones de bajo costo, enfocado en la reducción de tiempos

El sistema modular propone soluciones de fácil construcción de alta calidad en los acabados y su técnica fácil efectiva, buscando que se reduzca el costo

### **Construcción modular**

En 1889 (un año antes de que el primer avión echara a volar), ya aparecía en EE. UU. la primera patente del edificio prefabricado mediante módulos



tridimensionales en forma de “cajón” apilable, ideada por el arquitecto estadounidense Edward T. Potter [Ver figura 1] (...). Para ello, diseñó una estructura paralelepípeda (cubo rectangular) en cuya cara superior se incluía una celosía de sujeción capaz de adosarse y ensamblarse a las vigas de la cara de abajo del módulo inmediatamente superior. Para la estabilidad estructural de los módulos de diferentes niveles, se concibió un sistema de anclaje en base a perfiles angulares acoplados, a modo de pilares, que unían las aristas de esquina de cada célula. Pese a la incierta viabilidad de dicho sistema, lo que sí es cierto es que esta propuesta fue pionera en el campo de la edificación aplicando nuevas técnicas constructivas (Gómez Jáuregui, 2009).

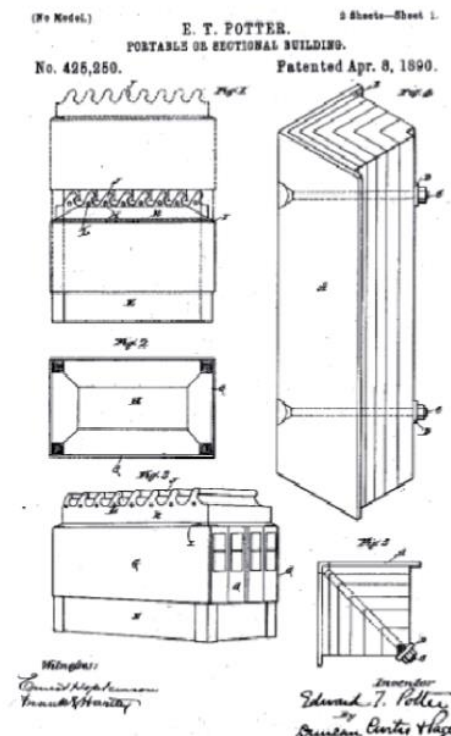
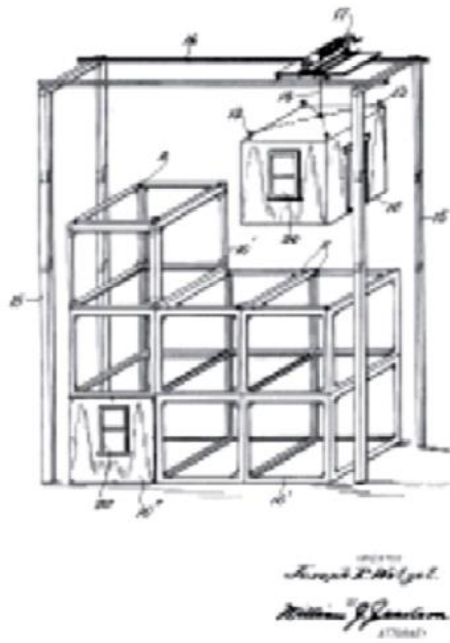


Figura 1: Patente 8, 1889. Tomado de Habidite: viviendas modulares industrializadas, Gómez (2009), p. 36



*Figura 2:* Patente 1919 Joseph R. Witze.  
Tomado de *Habidite: viviendas modulares industrializadas*, Gómez (2009), p. 3

### **Tipos de prefabricación**

Los Sistemas modulares Son sistemas realizados en fábrica o en obra y ensamblados de manera sencilla y mecánica. Estos se dividen en tres tipos de prefabricado:

#### **Prefabricación pesada:**

Esta debe tener a su disposición un equipo de gran capacidad para su manipulación y ensamblaje. Este tipo de sistema modular puede ser para paredes, placas y techos. En este caso por su gran dimensión esta es creada en la fábrica y luego transportada hasta la obra y su peso por elemento es superior a los 2.000 Kg.

#### **Prefabricación semipesado**

esta prefabricación por su capacidad media y da la posibilidad de ser fabricada en obra. Este tipo de sistema modular puede ser para paredes, placas y techos. en forma total, su peso por elemento no es superior a los 2.000 Kg.

#### **Prefabricación liviana**

Esta prefabricación por su capacidad liviana se producen elementos de manera manual o en su defecto por equipos de baja capacidad. Este tipo de sistema modular se pueden para paredes. La producción puede ser realizada totalmente en la obra, su peso por elemento es inferior a los 300 Kg.

### **Ventajas de la construcción modular**

- Aprovechamiento de recursos (materiales, tiempo, dinero, energía, etc.) debido a la industrialización de un producto casi artesanal.

### **Rendimiento**

“Mejora de aprovechamiento de materiales, tiempos de ejecución, plazos de entrega, condiciones de financiación, productividad por reducción de bajas y absentismo laboral, etc.”

### **Exactitud**

Durante el mantenimiento, para acceder a las instalaciones, conductos, tuberías, etc. se tiene la certeza de que están localizados exactamente donde indican los planos de construcción.

**Limpieza:**

Producto acabado y limpio desde su origen hasta su puesta en obra.

- Ahorro de materiales
- Optimización de cantidad de material empleado en cada elemento
- Disminución radical de escombros y restos
- Reutilización de productos de desecho

**Simultaneidad**

Es posible solapar la fase de gestión de suelo con la de la ejecución material de las viviendas. (Perea Rentería, 2012, pp. 42-43)

**Antecedentes de la arquitectura modular**

Las edificaciones de construcción industrial se han caracterizado por el uso de fundición de su esqueleto que se conforman de columnas y vigas, permitiendo con esto cubrir espacios con estructuras ligeras, Un viajero francés, de paso por

Inglaterra, escribe:

Sin el hierro y la fundición todas las construcciones tan bien aireadas e iluminadas, tan ligeras en apariencia, y que soportan, sin embargo, pesos enormes, como los almacenes de seis pisos del dock de Santa Catalina de Londres, serían gruesas y oscuras bastillas, con pesadas y feas vigas de madera, o con muros y contrafuertes de ladrillos (Ropero & Comas, 2013, p. 6)

La construcción modular no es un método modero como se puede llegar a pensar, en 1837 inmigrantes australianos empezaron a crear las primeras edificaciones de tipo modular. Herbert Manning diseñó “colonial cottages” construcción tipo portable para poder ser transportados en barco. Estos paneles modulares se construían en talleres de carpintería, los cuales no requerían trabajo de obra, la base de esta construcción no iba más allá de una cimentación sencilla, este tipo de edificaciones llegaron a América a raíz de la fiebre del oro a mediados del siglo XIX donde se empezaron a ver las primeras colonias inglesas y con esto traen con ellos esta nueva modalidad de construcción fácil y de bajo costo.

Este sistema con el paso del tiempo esta técnica de construcción sufrió ciertos tipos de cambios ya que inicialmente eran en madera y con el transcurrir del tiempo esta fue reemplazada por chapa metálica corrugada. En la segunda mitad del siglo XIX más del 60% de las viviendas de Estados Unidos ya era prefabricadas. A raíz de la tan alta demanda de este tipo constructivo se empezaron a crear empresas como Aladdin y Sears las cuales ofrecían los servicios de construcción modular por medio de correo en donde se ofrecía un kit con las piezas cortadas y numeradas para la construcción de casas que el usuario escogía por medio de este catálogo.

Tras la primera guerra mundial los arquitectos Mies van der Roë, Walter Gropius, y Le Corbusier, se propusieron el reto de crear una nueva arquitectura para la nueva era, tomaron de base la industria automovilística para así implementarla en la construcción, en

este proceso de la nueva era de la construcción tomaron varios elementos como el acero y bloques de hormigón.

La aproximación de la construcción modular siempre a generado dudas de como cada vez mejorar esta técnica constructiva, ya que existe la necesidad de generar una construcción asequible que cumplan con los entandares de sostenibilidad y sea amigable con el medio ambiente. Esta opción ha generado mucha curiosidad por parte de constructores ya que este no solo acorta plazos de montaje, sino que es una ventaja por ser una construcción en seco lo cual evita la utilización de materiales que se emplean en tradicionalmente en una construcción, como el hormigón, cemento, yeso etc..., estos materiales toman tiempo por su fraguado reduce el tiempo de avance de obra, géneros desperdicios, alto consumo de agua y energía en el transporte.

### **Marco referencial**

Los sistemas modulares se representan como una alternativa para dar soluciones a las distintas problemáticas en la construcción, el sistema modular da una solución rápida y eficiente, como así mismo da la posibilidad de evolución en los acabados de las distintas construcciones, cumpliendo con los requerimientos exigidos por la norma NSR-10 título E, este da una alternativa para contrarrestar el déficit habitacional, va dirigido al uso de materiales particulares como láminas de pino, aserrín, perfilaría en aluminio pegante ecológico, Intentando remplazar sistemas utilizados actualmente como por ejemplo el DRYWAL, a soluciones técnicas que se integren en proyectos de desarrollo sostenido. (NSR-10, 2010)

Este sistema modular va enmarcado en el título E de la NSR-10 que trata de los muros divisorios de una edificación, estos muros se adecuan a la construcción con el fin de aprovechar el espacio construido, no van a soportar cargas de placas ni de cubiertas en fin no tienen ninguna función en el sistema estructural. (NSR-10, 2010).

Estos van anclados a los elementos estructurales para evitar alteraciones frente a sismos, se van a utilizar materiales flexibles y livianos como la madera y el aluminio.

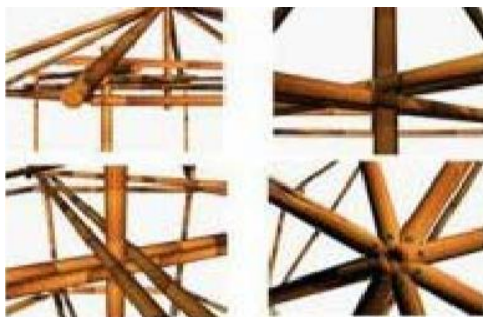
### **Paneles de bambú**

Es una solución económica como componente estructural de las viviendas de bajo costo, para la conformación del sistema constructivo de Paneles Modulares, se utiliza madera, reglillas de bambú, e incluye el revestimiento del panel con



mortero de: cemento, cal, grava y arena para el complemento de su fabricación. Constituyen una respuesta efectiva para la configuración de la vivienda, ilustra las posibilidades de aplicación para la concepción de crecimiento progresivo y la versatilidad de su organización enriquece el patrón inicial de área mínima.

Un ejemplo es el proyecto de vivienda de emergencia en Bambú, Edo. Mérida – Venezuela después de los desastres naturales; consiste en el diseño de un campamento conformado por Módulos habitacionales de 32 mts<sup>2</sup> c/u. y Áreas de servicios adicionales en eventos de desastre. posee cualidades y características especiales: ligero, económico, resistente, propio de la zona afectada y brinda seguridad tanto física como emocional a los usuarios (Perea Rentería, 2012, pp. 85-86)



*Figura 4:* Detalle estructura. Tomado de Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional, Perea, 2012.



*Figura 3:* Vista general. Tomado de Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional, Perea, 2012.

Este sistema de paneles de bambú es una de las técnicas más utilizadas por su fácil manejo y ligera carga, este es muy común en zonas productoras de esta materia prima como son las zonas cálidas; pero en este encontramos un punto negativo frente al sistema modular

con residuos de madera ya que el panel de bambú su acabado es muy rustico, y su costo es elevado por el traslado de materia prima.

### Muros divisorios en Drywal

Sistema constructivo para divisiones interiores que consiste en el uso de paredes en seco, dichas paredes pueden ser en yeso, fibrocemento o algún otro material liviano, van atornilladas a estructuras de perfiles metálicos las placas en estos sistemas deben tener tratamiento en las juntas para que con el tiempo no se partan. (Arquitectura BIM, 2017, párr. 1)



*Figura 5* Detalle estructura muros divisorios de drywall. Tomado de Drywall y Techos Supernoard, 2012.

Láminas de gran formato, con un a perfilaría liviana de acero, plástico o madera.

Ventajas: facilidad de instalación, limpieza en el yeso y la versatilidad en el tiempo que se permitan estos muros en espacios.

Sistema liviano, sistema liviano, incombustible.

Materiales: láminas de yeso de 1.22x 2.44, canaleta calibre 26 de 3.05 mt, perfiles metálicos de acero galvanizado de calibre 26 de 1.22x 2.44.

### Proceso de construcción muros en DRYWALL

A continuación, se listan los pasos para el proceso de construcción de muros en DRYWALL

1. Cimbrada del muro
2. Ubicación de la perfilaría (preparación de las canaletas, perfiles horizontales, perfiles verticales),
3. Fijación de las láminas de la primera cara,
4. Ubicación de instalaciones,
5. Fijación láminas de la segunda cara,
6. Enmasillado,
7. Pintar.

El sistema de muros divisorios en drywall es un proceso constructivo convencional, con una característica de que es económico frente a la construcción tradicional basada en ladrillo y cemento, sorprende por la rapidez en su instalación ya que con este sistema se pueden construir paredes completas en tan solo un día, con un acabado muy similar al de cualquier tipo de pared de material esta construcción muestra desventajas frente al sistema modular con residuos de madera ya que este su durabilidad es muy poca si se expone al agua y por eso no se pueden hacer este tipo de construcción en baños, este no se puede utilizar en áreas de tráfico pesado

por su delicadez puede no resistir a grandes impactos, este sistema es desechable no puede ser reutilizable , en cambio nuestro sistema puede ser reutilizable frente a los demás sistemas.

### Muros divisorios de Tablaroca duock

Es un muro divisorio a base de yeso, este tipo además de dividir espacios pueden ser decorativo y se construyen según su diseño, se hacen en fibrocemento, se pueden aplicar sobre cualquier placa no importa el grosor de esta, los muros van de 9.8 mm de ligereza de yeso, el cual se placa principalmente en sistemas de doble cara, y en reparaciones y remodelaciones en 12.7mm, recomendado para la aplicación tanto en una sola cara como a dos caras en construcción residencial y de oficina la cual ofrece una resistencia al fuego adicional sobre los paneles regulares así como acústica (Domínguez, 2011)

A diferencia de los demás sistemas este lleva una banda selladora para los perfiles en el piso y la pared, va anclaje con chazos, se pueden diseñar según la dimensión deseada se cortan y se pueden empalmar de perfil a perfil como lo muestra la (figura 7.) llevan separaciones tornillos T1 aguja en los perfiles verticales se perforan para instalaciones eléctricas, los refuerzos entre perfil y perfil es madera compactado de manera horizontal arriba y abajo. En las placas de yeso horizontales y las del centro vertical.

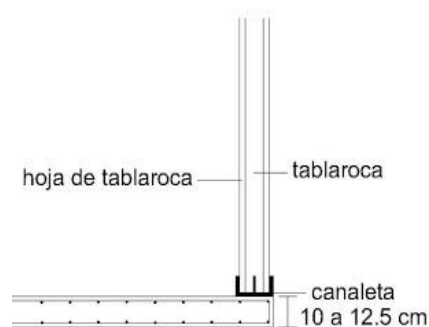


Figura 6: Anclaje de muro a piso.  
Tomado de Tablaroca UDG (2006).



*Figura 7:* Banda selladora. Tomado de Tablaroca (2006)

El sistema constructivo de muros divisorios de Tablaroca duock es un método prefabricado muy recurrente por sus ventajas por ser moldeable, su ligereza frente al sistema convencional, su fácil instalación, da ahorro de materiales de construcción

Ya que este es un sistema de construcción en seco, este sistema no se puede utilizar en lugares que está cerca al contacto del agua, su acabado es obra gris y toca aplicar un revestimiento depara poder tener un acabado final, en cambio en nuestro sistema el acabado es opcional ya que al momento del terminado de nuestro aglomerado este es forrado con formica y se reducen tiempos y costos.

### **Muros divisorios panel W**

Paneles con estructura tridimensional de alambre AR y núcleo poliestireno, es un sistema versátil que agiliza los tiempos de construcción y reduce bajos costos en elementos de la obra que por sistema tradicional resulten complicados de realizar, tiene varios espesores y usos. (Vigapre, 2015, párr. 1)

Este es un sistema estructural que sirve para construir muros tapón y arquitectónicos en interiores.

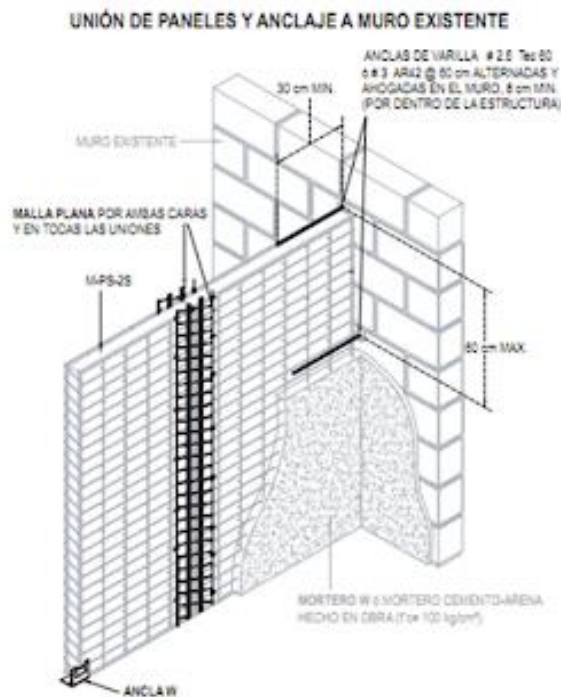


Figura 8: Detalle de muro. Tomado de Panel W (2012)

La técnica del panel W es un sistema más económico, más rápido en sus montajes y tiene grandes cualidades de resistencia frente a los demás sistemas modulares, eso sí de acuerdo con el uso que se le dé este demostrará mayor resultado en cuanto a resistencia sísmica; este sistema no es tan económico frente a los distintos sistemas modulares ya que no es una construcción en seco.

### Sistema modular con residuos de madera

Se puede observar que en los distintos sistemas de modulares de muros divisorios como el de paneles de bambú, muros en drywall, Tablaroca duock y panel w todos tienen una ventaja

en común que es la reducción de costos tanto en el momento de la ejecución de obra y en la reducción de materiales ya que estos son sistemas prefabricados; en el avance de la investigación de referentes a nuestro sistema modular con residuos de madera en ninguno se puede observar que este enfocados a mano de obra no calificada ya que para la ejecución del sistema modular con residuos de madera solo basta seguir las instrucciones dada en la cartilla donde se encuentra el paso a paso para el ensamble y montaje este.

En la tabla 1 se comparan algunas características adicionales entre diferentes tipos y sistemas de muros.

Tabla 1

*Comparativa entre diferentes tipos y sistemas de muros*

| SISTEMA/CARACTERISTICA                 | RENDIMIENTO m <sup>2</sup> | PESO KG/M <sup>2</sup> |
|--|----------------------------|------------------------|
| Muro en bloque no 4                    | 6.72                       | 180                    |
| Muro ladrillo prensado                 | 4.70                       | 250                    |
| Muro en bloque concreto e=0.20         | 7.14                       | 480                    |
| Muro en SCLC con placa de yeso         | 18.5                       | 25                     |
| Muro en SCLS con placa de fibrocemento | 15.0                       | 30                     |
| Muro con residuos de madera            | 15.5                       | 25                     |

Tomado de Construdata (2010)

### **Marco normativo**

Es importante basarse en la Norma Sismo Resistente de 2010 el cual nos rige para la ejecución de un proceso constructivo en este caso tomamos de referente el título A y el título E.

#### **Título A: requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente**

##### **Sistemas prefabricados**

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 12 de la Ley 400 de 1997, se permite el uso de sistemas de resistencia sísmica que estén compuestos, parcial o totalmente, por elementos prefabricados, que no estén cubiertos por este reglamento, siempre y cuando cumpla uno de los dos procedimientos siguientes:

- (a) Se utilicen los criterios de diseño sísmico presentados en A.3.1.7.
- (b) Se obtenga una autorización previa de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, de acuerdo con los requisitos y responsabilidades establecidas en el Artículo 14 de la Ley 400 de 1997

##### **Obligatoriedad de las normas técnicas citadas en el reglamento**



*Normas ntc*

Las Normas Técnicas Colombianas NTC, citadas en el presente Reglamento, hacen parte de él. Las normas NTC son promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, único organismo nacional de normalización reconocido por el gobierno de Colombia.

*Otras normas*

En aquellos casos en los cuales no exista una norma NTC se acepta la utilización de normas de la Sociedad Americana de Ensayo y Materiales (American Society for Testing and Materials — ASTM) o de otras instituciones, las cuales también hacen parte del Reglamento cuando no exista la correspondiente norma NTC.

*Referencias*

Al lado de las normas NTC se ha colocado entre paréntesis una norma de la ASTM o de otra institución. Esto se hace únicamente como referencia y la norma obligatoria siempre será la norma NTC. Esta norma de referencia corresponde a una norma ASTM, o de otra institución, que es compatible con los requisitos correspondientes del Reglamento, y no necesariamente corresponde a la norma de antecedente de la norma NTC. Las normas de antecedente de las normas NTC son las que se encuentran consignadas en el texto de la misma norma.

**Bases generales de diseño sismo resistente (NSR, 2010)***Sistemas estructurales de resistencia sísmica prefabricados*

Pueden construirse edificaciones cuyo sistema de resistencia sísmica esté compuesto por elementos prefabricados. El sistema prefabricado debe diseñarse para las fuerzas sísmicas obtenidas de acuerdo con este Reglamento usando un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico, tal como lo define el Capítulo A.13 igual a uno y medio . Cuando se demuestre con evidencia experimental y de análisis, que el sistema propuesto tiene una resistencia, capacidad de disipación de energía y capacidad de trabajo en el rango inelástico igual o mayor a las obtenidas con la estructura construida utilizando uno de los materiales prescritos por este Reglamento, deben cumplirse los requisitos de los Artículos 10 y 12 de la Ley 400 de 1997, pero en ningún caso el valor de  $R_0$  podrá ser mayor que el fijado por el presente Reglamento para sistemas de resistencia sísmica construidos monolíticamente con el mismo material estructural.

*Materiales estructurales diseñados usando el método de esfuerzos de trabajo*

Cuando el material estructural se diseña utilizando el método de esfuerzos de trabajo, tal como lo define B.2.3 de este Reglamento, para obtener los efectos de las fuerzas sísmicas

reducidas de diseño al nivel de esfuerzos de trabajo que se emplean en el diseño de los elementos estructurales debe utilizarse un coeficiente de carga de 0.7.

### **Título E: Casa de uno y dos pisos.**

#### *Muros divisorios*

los muros divisorios sólo cumplen la función de separar dentro de la edificación y por lo tanto no se consideran estructurales. Deben ser capaces de resistir las fuerzas que el sismo le impone bajo su propio peso. Los muros divisorios de mampostería deben ser adheridos a la estructura general de la edificación mediante mortero de pega en los bordes de contacto con los diafragmas superior e inferior y con los muros estructurales adyacentes.

Deben tomarse todas las precauciones para evitar que, ante la ocurrencia de un sismo, estos muros divisorios se vuelven, especialmente cuando no son de altura total y no lleguen al diafragma estructural en su parte superior. Cuando el muro divisorio consista en un solo paño aislado, debe anclarse al diafragma superior por medio de esfuerzos resistentes a tracción, que impidan su vuelco. Los elementos divisorios en materiales más flexibles (madera, canceles, cartón y yeso, plástico etc.) se deben anclar a la estructura principal.”

### **Marco conceptual**

Los términos de este marco fueron tomados de la tesis *Diseño de una bodega vitivinícola pisquera en el valle de Ica utilizando acondicionamiento ambiental pasivo*, de Karl Mondoza Solari (2015), del informe de práctica de Lina María Florez Toro (2013) denominado *Ventajas comparativas entre sistemas tradicionales y sistemas industrializados*, de los términos definidos por el Royal Institute of British Architects (s. f.), del artículo web publicado por Carlos Sabat Flores en la revista *EMB de Construcción* (2012) y de la Norma Sismo Resistente (2010).

### **Sistema Constructivo**

Es el conjunto de materiales y componentes de diversa complejidad, combinados racionalmente y enmarcados bajo ciertas técnicas, que permiten realizar las obras necesarias para construir una edificación, originando por lo tanto un objeto arquitectónico.

### **Sistema Constructivo Tradicional**

Se consideran sistemas constructivos tradicionales a aquellos que tienen un grado de industrialización bajo, teniendo como factor fundamental la mano de obra, los muros en mampostería simple en ladrillo y la construcción de pórticos (vigas y columnas).

### **Sistema Constructivo Industrializado**

Es un sistema en donde se aplican técnicas industriales, referidos a la repetición continual de elementos, esta técnica constructiva se caracteriza por su rapidez de ejecución, la economía tanto en materiales, como en reducción de personal y su aspecto cualitativo al final del preproducto.

### **La Construcción Industrializada**

La construcción industrializada, es efecto de la unión de varios componentes como la elaboración previa, organizada, constante y en serie de elementos, la unión de estos elementos da como resultado un montaje continuo y con estructuras completas. Es por esto que se caracteriza la construcción industrializada y por sus tres fases :

- Producción en serie.
- Montaje posterior mediante acoplamiento de elementos.
- Consolidación de uniones, o sea, construcción en serie y montaje.

La industrialización se entiende según el Royal Institute of British Architects (RIBA) como una organización que aplica los mejores métodos y tecnologías al proceso integral de la demanda, diseño, fabricación y construcción”, constituyendo un estado de desarrollo de la producción que lleva consigo una mentalidad nueva, diferente.

### **Módulo**

La palabra módulo proviene del latín (modulus), que refiere a una pieza o conjunto unitario de piezas la cual es continua o repetitiva en una construcción, lo cual da una solución económica, y sencilla de montaje. El módulo hace parte de un sistema repetitivo lo cual es fácil de ensamblar, su flexibilidad gracias a su montaje y su fácil mantenimiento por módulo. Se conoce como modularidad a la capacidad de un sistema para ser entendido como la unión de varios componentes que interactúan entre sí y que son solidarios (cada uno cumple con una tarea en pos de un objetivo común).

### **Construcción Modular**

Es una técnica constructiva la cual se basa en el empuje de unidades o piezas modulares prefabricadas tanto para remodelación o creación de espacios interiores siendo multifuncionales.

La construcción modular tiene ventajas como :

- La construcción modular se realiza en el interior de una fábrica en lugar de al aire libre, el mal tiempo no frena el trabajo.
- Menor riesgo de que sean robados equipos y materiales de construcción que implica aumentar los precios finales a los clientes en una construcción tradicional.

- Las condiciones de seguridad y programas de aseguramiento de la calidad en las construcciones modulares son exigentes para lograr un producto acorde a la necesidad de los proyectos a desarrollar.
- En este tipo de construcción no existen despuntes o restos de materiales en obra, por lo que se ayuda al medioambiente.
- El precio es otra ventaja, dado que las construcciones modulares ocupan menos tiempo para construir que las construcciones tradicionales, el precio de compra es mucho menor.
- Posibilidad de seleccionar distintos tipos de distribuciones tanto de primer como segundo piso, lo que la hace muy interesante para satisfacer las necesidades de los clientes.

El tiempo de construcción más corto, un 70% menos que la construcción convencional, lo que implica ahorros en plazos de entrega, en gastos directos del proyecto, etc.

## 5 Metodología

### Tipo de estudio

La investigación se va a basar en un proceso comparativo y metódico, donde se va a establecer las ventajas y desventajas que se presentan en la construcción tradicional frente a la construcción modular prefabricada, en este se resaltara el potencial que este aportara a la construcción de adecuaciones de interiores.

### Etapas del trabajo

Esta investigación y ejecución se divide en 4 etapas :

**Fase 1:** hacer una comparación de los distintos sistemas constructivos tanto tradicional y modular prefabricado.

**Fase 2:** Un comparativo de tiempo y costos del sistema de construcción tradicional frente al sistema de construcción modular prefabricado.



**Fase 3:** Comprobar una alternativa de construcción de muros divisorios en donde se resaltara su factibilidad y eficiencia al momento de ser construido.

**Fase 4:** Destacar el sistema constructivo demostrando que es un sistema de fácil armado el cual no requiere de manos de obra especializada.

### **Instrumentos o herramientas utilizadas**

Para la ejecución de este se recolectarán datos de sistemas modulares de muebles referentes, lo cual será pieza clave para la ejecución de este proyecto, este sistema será modificado y adecuado para lograr la fabricación y montaje, logrando que este sea un sistema el cual pueda ser de fácil manejo a personas las cuales no tengan conocimiento básico de construcción.

### **Sistema modular para muros divisorios con residuos de madera**

El sistema modular para muros divisorios con residuos de madera es una técnica de paneles a base de aserrín de madera, para la reforma de interiores, siendo una construcción en seco el cual soluciona problema de tiempo montaje y acabado rápido.

**Molde 1. Aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera**

Este aglomerado consiste en una mezcla de un litro de agua a temperatura ambiente, un kilo de harina de trigo y 1500 gramos de aserrín de madera; esta mezcla se realiza resolviendo la harina de trigo dentro de un recipiente con el agua y así creando una mezcla homogénea la cual se pone a calentar a una temperatura de 30 grados centígrados, hasta llegar a un punto de ebullición durante diez minutos, y así obteniendo una mezcla compacta, luego de dicha composición de agua y harina de trigo esta se mezcla de manera uniforme con los 1500 gramos de aserrín de madera así dejando como producto final un aglomerado húmedo y moldeable.

Estas cantidades se calcularon para una muestra de 20cm x 20cm con un espesor de 5 cm, este aglomerado se hizo inicialmente con el fin de utilizar materiales netamente ecológicos ya que estos productos como la harina de trigo el aserrín de madera son amigables con el medio ambiente.



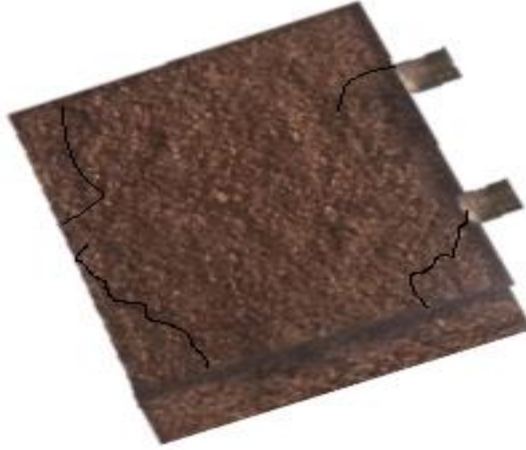
*Figura 9:* Aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera. Elaboración propia.



*Figura 10:* Harina de trigo. Elaboración propia.

El prototipo de aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera no sirvió porque al momento del secado el aserrín no se adherido a la mezcla de harina de trigo con agua y el prototipo no quedo compacto; al momento de armar el módulo este se quebró por completo

ya que en su interior no se compacto la mezcla. Se intento hacer un secado frio a -2 grados centígrados lo cual tampoco dio ningún resultado satisfactorio.



*Figura 11:* Prototipo con aglomerado de agua con harina de trigo y aserrín de madera. Elaboración propia

### **Molde 2. Aglomerado de cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel**

Este aglomerado consiste en una mezcla de cola para madera (prefelx madera) por 1 galón, 5000 gramos de aserrín de madera y 2000 gramos de retazos de papel, este aglomerado de realiza haciendo una mezcla donde se vierten todos estos ingredientes y revuelve de manera homogénea obteniendo un producto totalmente uniforme y un poco más consistente frente al aglomerado del prototipo N° 1.

Se calculan estas cantidades para una muestra de 20cm x 20cm con un espesor de 5 cm, como se manejó en el anterior prototipo. Este aglomerado se hizo con el fin de buscar materiales que fueran más resistentes sin dejar de lado que sea un producto netamente ecológico, ya que la reutilización del papel es saludable para el medio ambiente, al igual que el aserrín de madera y cola para madera (prefelx madera).



*Figura 13:* Cola de madera (preflexMadera). Elaboración propia



*Figura 12:* Retazos de papel. Elaboración propia



*Figura 15:* Aglomerado con cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel. Elaboración propia.



*Figura 14:* Aglomerado con cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel ya seco. Elaboración propia.

El prototipo de aglomerado de cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel no sirvió porque su secado toma más tiempo y su peso es mayor al prototipo final, con respecto al costo de este es más elevado ya que para una medida de la muestra de 20cm x 20cm con un espesor de 5 cm se utilizó un galón de cola para madera (prefelx madera). Lo cual no lo hace competitivo frente a los distintos sistemas de muros divisorios actuales, su resultado no fue satisfactorio tanto por su costo y su acabado que llegó a ser muy rustico.



*Figura 16:* Prototipo de cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel. Elaboración propia.

**Molde 3. Aglomerado con cola para madera (carpincol MR -60), aserrín de madera con acabado de formica**

Este aglomerado es la mezcla de 750 ml de cola de madera (carpincol MR-60) de y 1500 gramos de aserrín de madera; esta mezcla se realiza unificando de manera uniforme los ingredientes (carpincol MR-60 y aserrín de madera) revolviendo de manera continua hasta crear una masa homogénea y viscosa, la cual se deja reposar por 2 minutos antes de ser encofrada.



*Figura 17:* Carpincol MR -60 750 ml. Elaboración propia.

El prototipo de aglomerado con cola para madera (carpincol MR -60) y aserrín de madera sirvió ya que se cumplió las expectativas tanto como lo es el secado rápido , su liviano peso con respecto a los anteriores aglomerados, su elaboración es económica ya que para la elaboración de una muestra de 20cm x 20cm con un espesor de 5 cm , se utilizó una cantidad de 750 ml de carpincol y 1500 gramos de aserrín de madera, evidente mente se ve una reducción de costos de 30% frete a los aglomerados de cola para madera, aserrín de madera y retazos de papel, y el de agua con harina de trigo y aserrín de madera

A continuación, se ve el paso a paso de cómo se logró obtener el producto final de paneles modulares para muros divisorios fabricados con residuos de madera.

paso a paso de la fabricación de muros divisorios:

- Elaboración del molde para la fabricación del aglomerado que será pieza fundamental de este proyecto (aglomerado) molde de 1.00x 1.20 m fabricado en flor morado.

Fabricación del aglomerado, son residuos de maderas (aserrín o estillas), las cuales se revolverán con un pegante de madera y una dosis de agua esta se dejará secar alrededor de dos días para logra un excelente compactado.



*Figura 18: Formaleta flor morado Elaboración propia.*



*Figura 20:* Secado de aglomerado. Elaboración propia.



*Figura 19:* Encofrado aglomerado. Elaboración propia.

- Cortar la perfilaría de aluminio a 45° grados para cuadrar los módulos perfectamente.



*Figura 21:* 4 Perfiles en aluminio con corte de 45°. Elaboración propia.

- Se procede a la perfilaría del aglomerado y lijado para obtener un muro casi perfecto donde puedan calzar los perfiles de aluminio que sería el siguiente paso.



Figura 22: Módulo armado. Elaboración propia.

- Ya teniendo los módulos armados procedemos con armar el módulo final ya este sería el muro divisorio con una perfilaría que va anclado a los elementos estructurales que compone la construcción.



Figura 23: Modulo final. Elaboración propia.

- Unas vez se tenga el modulo completamente armado, acontinuacion procedemos al ensamble de los pasadores en madera que haran el trabajo de trabar los modulos.

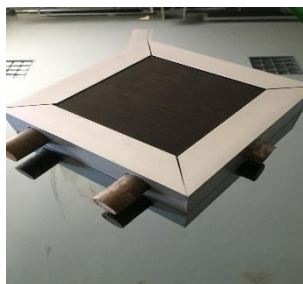
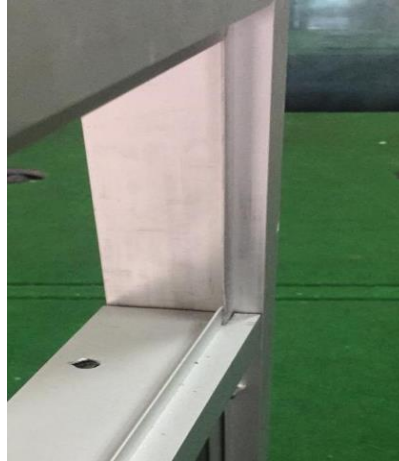


Figura 24: Módulos con los pasadores. Elaboración propia.



- El siguiente paso es instalar el perfil contorno en el piso y techo asegurandolo con chaso y tornillo para que una vez que este instalado se proceda a descargar los modulos armados para empezar a construir el muro.



*Figura 25:* Perfil contorno. Elaboración propia.

- Una vez instalado el perfil empezaremos a encajar los módulos de tal forma que se empiece a unificar el muro por completo.



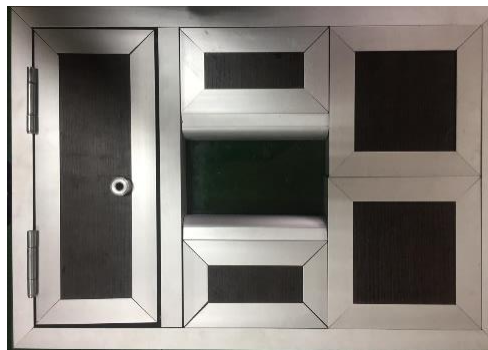
*Figura 26:* Encaje de módulos. Elaboración propia.

- Una vez listo el panel y los módulos se procederán a asegurar las piezas ensambladas al perfil contorno con tornillo challenger lo que daría por terminada la instalación del muro divisorio.



*Figura 27:* Muro terminado. Elaboración propia.

- La instalación de puertas y ventanas se harán de la misma manera, se tomara una plomada una vez se encuentre totalmente a plomo se aseguraran a los módulos con tornillo challenger siendo este el último paso para instalación final del muro divisorio.



*Figura 28:* Muro terminado. Elaboración propia.

**Costos y tiempo mampostería por m2 frente al sistema modular para muros divisorios**

Tabla 2

*Comparación sistema modular y mampostería tradicional*

| <b>Diferencias</b> | <b>Sistema modular</b> | <b>Mampostería</b> |
|--------------------|------------------------|--------------------|
| Costo              | \$73.000 m2            | \$104.000 m2       |
| Tiempo             | 20 minutos             | 4 días             |

Elaboración propia.

**Costos y tiempo del drywall por m2 frente al sistema modular para muros divisorios**

Tabla 3

*Comparación sistema modular y drywall*

| <b>Diferencias</b> | <b>Sistema modular</b> | <b>Drywall</b> |
|--------------------|------------------------|----------------|
| Costo              | \$73.000 m2            | \$78.000 m2    |
| Tiempo             | 20 minutos m2          | 3 horas m2     |

Elaboración propia.

## Conclusiones

En el sistema modular gracias a factores importantes como los materiales para llevar a cabo su construcción, la mano de obra no especializada, el tiempo de ejecución y costo la poseionan como un producto a tener en cuenta para cualquier obra de remodelación de interiores, siendo una propuesta alternativa pero eficaz brindando confiabilidad estética, agilidad y economía.

### Tiempo

El tiempo de ejecución del sistema modular para muros divisorios tiene un ahorro de 42% por m<sup>2</sup> frente al sistema constructivo de mampostería tradicional, ya que por el rendimiento de tiempo y de costos por metro cuadrado el sistema modular tiene un costo de \$73.000 m<sup>2</sup>, y un tiempo de fabricación de 20 minutos por m<sup>2</sup> acabado final; en cuanto a la mampostería tiene un costo de \$104.000 por m<sup>2</sup> acabado final contando con un tiempo de elaboración es de 4 días por m<sup>2</sup>.

Otro de los productos del mercado con el que el sistema modular entra a competir es el sistema muro divisorio de drywall, siendo este un rival más directo ya que sus prestaciones frente al costo y fabricación son similares a las del sistema modular para muros divisorios, el drywall tiene un costo de fabricación de \$78.000 por m<sup>2</sup> con acabado final, su elaboración oscila entre 2 a 3 horas por m<sup>2</sup> en donde el sistema modular saca una gran ventaja de tiempos, otra de sus aptitudes que más resaltan frente a el Drywall es que es una construcción

limpia y/o en seco donde no requiere de lijado o alistamiento para su terminados por que el módulo viene totalmente terminado.

El resultado de la propuesta del sistema modular en cuanto a la relación costo beneficio cumplen con las expectativas planteadas ya que por su bajo costo será asequible para toda clase de público, su fácil instalación será apta para personas en edades desde los 13 años en adelante ya que su mano de obra no requiere que sea calificada.

**Bibliografía**

- Arquitectura BIM. (2017). Drywall: Construcción de paredes en seco. Recuperado 1 de diciembre de 2019, de <https://arquitecturahb.com/drywall-construccion-de-paredes-en-seco/>
- Domínguez, E. (2011). Tablaroca Durock. Recuperado 1 de diciembre de 2019, de [http://tablarocaydurock.blogspot.com/2011/03/servicio-industrial-y-residencial\\_5414.html](http://tablarocaydurock.blogspot.com/2011/03/servicio-industrial-y-residencial_5414.html)
- Florez Toro, L. M. (2013). *Ventajas comparativas entre sistemas tradicionales y sistemas industrializados*. Universidad Católica de Pereira. Recuperado de [https://www.academia.edu/35930166/VENTAJAS\\_COMPARATIVAS\\_ENTRE\\_SISTEMAS\\_TRADICIONALES\\_Y\\_SISTEMAS\\_INDUSTRIALIZADOS\\_LINA\\_MARIA\\_FLOREZ\\_TORO\\_UNIVERSIDAD\\_CATOLICA\\_DE\\_PEREIRA\\_FACULTAD\\_DE\\_ARQUITECTURA\\_Y\\_DISEÑO\\_PROGRAMA\\_DE\\_ARQUITECTURA\\_PRACTICAS\\_ACADEMICAS\\_PEREIRA\\_2013](https://www.academia.edu/35930166/VENTAJAS_COMPARATIVAS_ENTRE_SISTEMAS_TRADICIONALES_Y_SISTEMAS_INDUSTRIALIZADOS_LINA_MARIA_FLOREZ_TORO_UNIVERSIDAD_CATOLICA_DE_PEREIRA_FACULTAD_DE_ARQUITECTURA_Y_DISEÑO_PROGRAMA_DE_ARQUITECTURA_PRACTICAS_ACADEMICAS_PEREIRA_2013)
- Gómez Jáuregui, V. (2009). Habidite: viviendas modulares industrializadas. *Informes de la Construcción*, 61(513), 33-46. <https://doi.org/10.3989/ic.08.035>
- Mendoza Solari, K. (2015). *Diseño de una bodega vitivinícola pisquera en el valle de ica utilizando acondicionamiento ambiental pasivo*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <file:///C:/Users/UGC/Desktop/N10-M455-T.pdf>
- Ministerio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Norma Sismo Resistente-10. Nsr-10*. Bogotá. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). Objetivo 9—Infraestructuras con un futuro

sostenible.

Perea Rentería, Y. (2012). Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional. Recuperado 1 de diciembre de 2019, de <https://docplayer.es/12153983-Sistemas-constructivos-y-estructurales-aplicados-al-desarrollo-habitacional-yubely-aleida-perea-renteria-c-c-35-896-942.html>

Ropero, D., & Comas, A. (2013). Construcción modular de viviendas y arquitectura, 77. Recuperado de [http://eraikal.blog.euskadi.eus/wp-content/uploads/2013/01/Construcci\\_n-Modular-y-Arquitectura-2.pdf](http://eraikal.blog.euskadi.eus/wp-content/uploads/2013/01/Construcci_n-Modular-y-Arquitectura-2.pdf)

Royal Institute of British Architects. (s. f.). RIBA. Recuperado 1 de diciembre de 2019, de <https://www.architecture.com/>

Sabat Flores, C. (2012). Construcción Modular Un sistema que gana terreno. *Revista EMB de Construcción*. Recuperado de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=136&ni=construccion-modular-un-sistema-que-gana-terreno>

Vigapre. (2015). Páneles. Recuperado 1 de diciembre de 2019, de <http://www.vigapre.com.mx/paneles.html>