



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

**“DISEÑO DE UNIDADES DE VIVIENDA
MODULAR PARA ENSAMBLAR, UTILIZANDO
SISTEMAS PREFABRICADOS DE
CONSTRUCCIÓN EN SECO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

PRESENTA:

ARQ. DAVID GONZÁLEZ FERNÁNDEZ

ASESOR DE TESIS:

MTRO. JUAN LUIS CASTILLO PENSADO

Dedico este trabajo a mí Familia, a mis padres Gladis y Roberto y a mi hermana Alma; para ellos y para otros mi vida es un milagro, la única manera que encuentro en agradecer ese milagro es vivir.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, solo por su gracia realizar este trabajo para mí fue posible, agradezco a Gladis y Roberto y a mí hermana sin el amor, el apoyo incondicional y sus enseñanzas la culminación de esta etapa en mí preparación profesional no hubiera sido posible, a Iván y Viena que con su amistad y ejemplo me ha mostrado como salir de las adversidades sin bajar los brazos, a mí novia Jaquelin que con su apoyo y valentía me impulsa y me recuerda que mientras exista un sueño, los sacrificios valen la pena, a Erick porque sin su apadrinamiento retomar todo este trabajo y concluirlo me hubiera sido una tarea muy complicada en solitario, a mi Familia porque con sus oraciones, unidad y fortaleza siendo un conducto de mí creador me regalaron este momento.

Antecedentes

“Conducimos al futuro con la mirada puesta en el retrovisor” (Bender, 1996). La vivienda social es de los sectores que más demanda tiene nuestro país el déficit que existe de ella se fundamenta no solo en la capacidad que tienen las desarrolladoras para construirlas, sino también en la condición económica de la población para adquirirla.

A pesar de que en México existen, cerca de cien organismos que de una forma u otra financian vivienda social, aún hoy, cerca del 20% de la vivienda construida se realizan a través del endémico e ineficiente mecanismo de la autoconstrucción (Dircio, 2011).

Los procedimientos utilizados en la autoconstrucción de una vivienda únicamente desincentivan el uso del conocimiento académico para la planeación y ejecución de vivienda que hagan eficiente y optimicen la construcción de este tipo de espacios.

El vocabulario constructivo de la época Isabelina subsiste aún en nuestros días. Las casas se construían de ladrillo, los ladrillos se adaptaban a la envergadura de la mano de un hombre, y median 11.5 cm de grosor y 22.5 cm de longitud de forma que el muro se construyera con facilidad.

Esto indica el atraso de los sistemas de autoconstrucción en México con el uso de materiales poco innovadores que obstaculizan el sentido

de optimización tecnológica, logística y económica en la autoconstrucción.

Por vez primera se hace patente el hecho de que la industria está cambiando rápidamente, en la acumulación de información sobre materiales, métodos y técnicas que conduce a la creación de nuevos materiales y la necesaria evolución de los procesos. (UAM Azcapotzalco, 2003)

El uso de sistemas prefabricados es un ejemplo de esa evolución. La construcción de viviendas mediante sistemas prefabricados es una práctica común en Europa, Estados Unidos, Canadá, Australia y otros países desarrollados con un 50 % de utilización mientras en países en vías de desarrollo como México únicamente posee un 2% de uso respecto a los procedimientos constructivos utilizados en la construcción. (Secretaría de Desarrollo Social-CONAFOVI, 2006)

Planteamiento del Problema

Una de las necesidades primarias del ser humano es la vivienda. La vivienda es entonces un parámetro que mide la calidad de vida de una población. En México la posibilidad de solucionar esa necesidad tiene dos trayectorias: la oferta en el mercado conocida como vivienda de interés social ó la vivienda social identificada por la autoconstrucción.

El problema de investigación se centrara en concebir unidades de vivienda utilizando sistemas constructivos que permitan producir edificaciones optimizando las características de la vivienda de interés social y facilitando los procedimientos para una autoconstrucción.

Justificación

La construcción de vivienda en México es un mercado con amplio desarrollo a mediano plazo.

De acuerdo a las estimaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-A), para 2030 la población alcanzará 127 millones de habitantes, para los que se requerirán 20.5 millones de viviendas, lo que significa que en 30 años se duplicará el parque habitacional existente en 2000 (Mesa Directiva de la Comisión de Vivienda de la LIX Legislatura de la Camara de Diputados)

Como resultado de este crecimiento, la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI) estimó que las necesidades anuales de vivienda 2001–2010 ascenderán a 1.1 millones de unidades lo cual refleja, por un lado un problema de cantidad, (731 mil viviendas nuevas) y por otro de calidad. (Mesa Directiva de la Comisión de Vivienda de la LIX Legislatura de la Camara de Diputados)

Esto indica que se requiere más vivienda pero se desconoce las condiciones en las cuales esa población adquirirá un espacio

habitacional. Por la inequitativa distribución del ingreso y falta de oferta accesible a sus necesidades y condiciones económicas.

La vivienda construida por estos procesos representa el 53.1% del total del aumento de las viviendas entre 1990-2000, (Mesa Directiva de la Comisión de Vivienda de la LIX Legislatura de la Cámara de Diputados) En las zonas urbanas es el mecanismo mayoritario de acceso a la vivienda para las familias que no tienen cobertura en el mercado formal ya que carecen de protección social, empleo o salario permanente.

Por otra parte la construcción industrializada en México ha tenido problemas en su desarrollo esto por razones culturales y sociales, más que por cuestiones técnicas o de logística.

Sin embargo es una alternativa que implica para nosotros, ingenieros y arquitectos, la necesidad de conocer e involucrarnos con estas nuevas tecnologías y adaptarlas a la solución de necesidades y recursos existentes en el mercado.

Por ello, el desarrollar unidades de vivienda que se adapten a las necesidades de los usuarios no solo en el aspecto económico si no en el logístico beneficiara a una gran parte de la población en México con esto la investigación podría generar procesos que modifiquen la forma de construir vivienda de interés social en México.

Hipótesis

El diseño de unidades modulares para el ensamble de vivienda de interés social utilizando sistemas prefabricados de construcción en seco proporciona estética arquitectónica, flexibilidad en la configuración de los espacios habitables, maximizar el funcionamiento espacial arquitectónico de la vivienda de interés social y optimiza el proceso constructivo en la vivienda de interés social mejorando la calidad constructiva de las edificaciones.

Objetivo General

Diseñar unidades de vivienda modular para ensamblar, utilizando sistemas prefabricados de construcción en seco.

Objetivos Particulares

1.- Definir las características, usos, componentes y procesos de sistemas constructivos en seco con madera, paneles de fibrocemento y yeso comprimido.

2.- Contrastar las características técnicas de sistemas de construcción en seco en la vivienda de interés social, con las técnicas utilizadas actualmente en este tipo de edificaciones.

3.- Identificar y analizar las necesidades espaciales de los usuarios tipo de vivienda de interés social.

4.- Generar una propuesta arquitectónica de vivienda estético-funcional adaptando las características de sistemas de construcción en seco a un modelo para ensamblar.

5.- Presentar ante los organismos dedicados a la construcción de vivienda este modelo habitacional social.

Marco Teórico

Durante los procesos de colonización de América del Norte a principios del siglo XIX y a partir de las migraciones que desde 1860 a las costas del Océano Pacífico, los métodos constructivos imperantes no satisfacían las demandas de estas poblaciones, y entonces aparecieron las construcciones con estructuras en madera, que se forraban con tablas y tenían uno o dos pisos.

La necesidad de alcanzar los principios básicos del desarrollo industrial, practicidad, rapidez y productividad, promovió el inicio de las construcciones Balloon framing la cual consiste en la colocación de postes del mismo alto de la edificación, generalmente construcciones de dos pisos, con las vigas del entrepiso fijadas lateralmente a éste. De esta forma el entrepiso quedaba contenido en el volumen total; posteriormente y con el uso de estructuras auxiliares se desarrollaron

los sistemas Platform framing, similares al sistema anterior pero con los postes de la misma altura de los pisos quedando embebidos entre ellos.

A lo largo de la historia de las construcciones en América Latina, la influencia de los métodos traídos por España y Portugal con el uso de barro crudo y cocido, cal y piedra retrasó la aparición en el medio de otros sistemas constructivos tipo liviano y sus procesos de industrialización, salvo algunas aplicaciones de tecnologías importadas de manera casual.

Desde mediados del siglo XX y mediante su aplicación en sistemas abiertos, mezcla de sistemas tradicionales y métodos constructivos industrializados, se trabajan de manera importante en aquellos países cuya mayoría son inmigrantes europeos, que aprovecharon los materiales de la región y posteriormente el uso de estructuras de bastidor de metal y madera que forraban con placas de diferentes materiales a los que se aplicaban diferentes acabados.

En nuestro medio se conocen y se han tipificado estos sistemas como construcciones Drywall de traducción inglesa MURO SECO. [i]

En el presente se suministran viviendas con más componentes prefabricados. Tanto los nuevos materiales como los nuevos sistemas de juntas debidos al avance de la tecnología resultan hoy familiares. De tal forma que se puede comprar materiales en mayores cantidades

con un volumen suficiente para reducir precios, y con una fuerza de mercado suficiente para obtener dimensiones y materiales especiales. Es decir las fábricas organizan el trabajo a largo plazo. Con la necesidad de tener áreas de almacenamiento e inventario, y ha adquirido el suficiente crédito como para poder comprar en un mercado en crisis y retener el material en espera de la demanda de producción.

En contexto nacional se pretende que la industria de la construcción tenga algo más que un mercado local, por tanto deben establecerse normas uniformes de construcción y sistemas estándares de seguros y financiamiento. Se deben establecer redes de distribución y sistemas de servicio para vender y mantener el producto.

Paralelamente la construcción debe apoyarse fuertemente de la publicidad para garantizarse la clase de mercado que necesita. Para mantener la imagen de su producto como un hogar moderno, a la moda, económico y prestigioso, y cuidar todas las otras características vendibles. La publicidad es uno de los grandes mecanismos de desarrollo de la producción industrial a gran escala. Además de su valor para mantener un mercado, la publicidad puede cubrir los fracasos de la investigación y el diseño.

Metodología

En el desarrollo de la presente investigación se implementara la investigación documental bibliográfica basada en manuales, libros, revistas e internet con el fin de obtener la mayor cantidad de información escrita acerca del tema a abordar, estos fundamentos servirán como parámetro para comparar con la evaluación en campo de procedimientos constructivos.

La elaboración de cuadros estadísticos a partir de utilización de insumos, mano de obra y tiempos de ejecución servirá para indagar acerca de la viabilidad en las soluciones propuestas.

El uso de fotografías proporcionara la información gráfica necesaria para el análisis de los procedimientos estudiados.

Las entrevistas con personal especializado ayudaran a conocer la perspectiva real en empleo de los sistemas propuestos, contrastados con la información documental recopilada.

La búsqueda y selección de casos análogos como casos prácticos y criterio en la aplicación de soluciones constructivas.

Para el desarrollo de una propuesta de solución se utilizara una metodología de diseño arquitectónico basada en sistemas modulares, desarrollo de programa arquitectónico a partir de cuestionarios, análisis estadístico del usuario, análisis de áreas, diagramas de funcionamiento y planimetría básica.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	12
Capítulo 1. Antecedentes y Evolución de la Vivienda Modular y la Construcción en Seco	14
1. 1 El concepto de ensamblado en el diseño modular de la vivienda	15
1. 2 Antecedentes del panel de yeso, fibrocemento y el sistema <i>steel framing</i>	21
Capítulo 2. Estudio de casos análogos.....	27
Caso 1. Diseño Modular Español	27
Comparativa de Modelo H1 y H1-2	32
Comparativa de Modelo H2 y H2-2	35
Comparativa de Modelo H3 y H3-2	37
Caso 2. Diseño Modular Español	38
Comparativa Módulo C1	43
Comparativa Módulo C2	44
Comparativa Módulo C3	46
Caso 3. Diseño Modular Austriaco	47
Comparativa Módulo NM1	50
Capítulo 3. Sistema constructivo de muro seco (Drywall).....	53
3.1. Características de los componentes de un modulo	53
1. Bastidor de perfiles metálicos galvanizados	54
2. Anclaje de bastidor y fijación de placas	59
3. Panel de yeso	61
4. Placa de fibrocemento	62
5. Cinta de Refuerzo.....	64
6. Compuesto Adhesivo para paneles de yeso.....	64

7. Compuesto Adhesivo para paneles de fibrocemento	65
3.2. Descripción del Procedimiento Constructivo	65
Fabricación de muros y plafones de placa de yeso.....	66
Fabricación de muros de placa de fibrocemento.....	73
Capítulo 4. Diseño de modulo y vivienda modular utilizando sistema constructivo en seco a base de panel de yeso y fibrocemento.	79
CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo abordar desde la perspectiva de la industria de la construcción una propuesta que, dentro de sus principales características, pretende ser sensible a dos problemáticas importantes en la sociedad actual de México: la vivienda y la autoconstrucción. Por lo tanto, se percibe la autoconstrucción como una posibilidad de que las personas menos favorecidas puedan tener una vivienda digna, a través de la construcción en seco. Para llevar a cabo el desarrollo de esta propuesta, en el primer capítulo se abordarán los antecedentes históricos y la evolución de estos sistemas. Se especificará el desarrollo técnico y tecnológico y el papel histórico que han tenido en la construcción de vivienda. El objetivo de este capítulo es tener un primer acercamiento a la modulación y el papel de los sistemas constructivos en seco, para su empleo en diseño y edificación de vivienda.

En el capítulo dos, pretende identificar el empleo de la modulación para el diseño de viviendas prefabricadas se presentan tres casos análogos, en donde se identificará el empleo de la modulación para el diseño de viviendas prefabricadas. Además, se señalará cómo este es determinante para proporcionar características de flexibilidad, acordes al crecimiento según las necesidades específicas de los habitantes. Se prestará atención a observar cómo el empleo de la prefabricación en

vivienda es un concepto común empleado en la construcción de vivienda, no solo de interés social sino también por personas de estratos a nivel residencial.

En el tercer capítulo se describirán los componentes principales del sistema constructivo en seco, utilizando paneles de fibrocemento y yeso comprimido. Esto con el objetivo de determinar las características principales de los módulos y detallar el procedimiento para el ensamblaje de muros y plafones, antes de abordar la propuesta de diseño.

En el capítulo cuatro, tiene como objetivo diseñar una vivienda modular con características de flexibilidad y utilizando el sistema constructivo en seco como referencia de diseño para ello se puntualizará, en primer lugar, la metodología de diseño para la generación de un módulo base, utilizando las características del sistema constructivo a emplear. En segundo lugar, se propone el uso de este elemento base en el diseño de una vivienda de interés social. Por último, se presenta el diseño de viviendas, utilizando módulos adicionales ensamblados.

Capítulo 1. Antecedentes y Evolución de la Vivienda Modular y la Construcción en Seco

La vivienda modular y los sistemas constructivos en seco son conceptos, que tienen un antecedente en la industrialización de la construcción. Este concepto es resultado de un proceso natural en el avance y desarrollo tecnológico en la edificación. La Real Academia de la Lengua Española define el módulo como “Pieza o conjunto unitario de piezas que se repiten en una construcción de cualquier tipo, para hacerla más fácil, regular y económica” (Academia, 2001). En el entendido de que este elemento puede actuar de forma autónoma o en colaboración con otros del mismo tipo. Es decir, se habla de construcciones que permiten flexibilidad funcional y estética, sin alterar el procedimiento constructivo para su ejecución. El diseño modular permite conjuntar dos características principales del diseño: la estandarización y la personalización. Un sistema modular se puede caracterizar por los siguientes puntos:

- Partición funcional en discretos módulos escalables y reutilizables, que consiste en aislados, autónomos de elementos funcionales.
- Uso riguroso de interfaces modulares bien definidas, incluyendo descripciones orientadas a objetos de la función del módulo

- Facilidad de cambio al lograr transparencia tecnológica y, en la medida de lo posible, hacer uso de estándares industriales para interfaces clave (s.f., 2016).

En la Figura 1.1., se puede observar las características antes mencionadas de los módulos y las posibilidades en la combinación de sus elementos. Esta repetición no solo permite la ampliación de la vivienda, sino la personalización del conjunto.

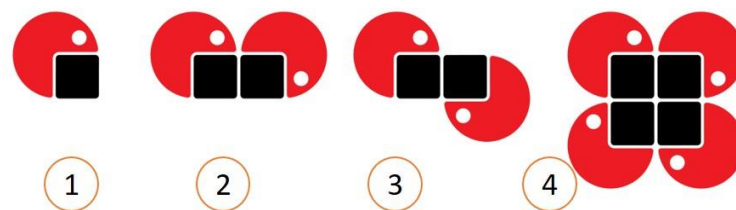


Fig. 1.1. Repetición de elementos en sistema modular (Público, 2016).

1. 1 El concepto de ensamblado en el diseño modular de la vivienda

La primera propuesta de prefabricación modular en la vivienda podría ser la que propuso Leonardo Da Vinci. El planteamiento que propuso consistió en establecer, en el centro y origen de cada ciudad, una fábrica de elementos básicos que permitieran conformar a su alrededor un gran abanico de edificios. Dichas construcciones habían sido diseñadas previamente por Da Vinci, con la idea de generar, de forma fluida y flexible, el desarrollo de los centros urbanos. También, se puede encontrar en el ámbito militar principios de la

industrialización. Un ejemplo de ello es la construcción de galerones desarmables y transportables a base de madera, en donde los militares se refugiaban en las campañas militares (Lascurain, 1973).

El uso de sistemas prefabricados en vivienda data del año 1830, durante la Revolución Industrial. Se tiene registro del carpintero Jhonn Manning, de origen británico, que diseñó una vivienda transportable para su hijo, que se mudaba a Australia. El diseño fue llamado “Portable Colonial Cottage” (Figura 1.2). Este modelo se comercializó de manera rápida y tuvo gran aceptación entre la población que deseaba emigrar por la facilidad de ser transportadas y el ensamblaje, ya que según la publicidad de la época se armaba en pocas horas.

A principios del siglo XX, se popularizó un modelo de vivienda vendida por catálogo y que permitía personalizar un kit con todos los elementos necesarios. En este caso, usaban el método denominado “*balloon framing*”¹ que se puede ver como el antecesor del sistema “*Steel framing*”. Las casas eran vendidas por compañías como Gordon Van Tine, Aladdin, Benne y Sears Roebuk and Co. Esta última se considera una de las pioneras en el uso de paneles cartón yeso para la construcción interior de las “casas por correo”. Dicha oferta proliferó hasta la década de los años 40. Se promovieron diferentes modelos, desde cabañas de campo de una habitación hasta pequeñas

¹ Este desarrollo llamado “la gran invención americana” consiste en el corte de diferentes piezas de madera de tamaño reducido en taller, que se pueden ensamblar en diferentes posiciones en campo. Esta propuesta se atribuye al constructor de Chicago Augustine Taylor, utilizada desde 1833 (Cepeda, 2008).

mansiones. El pedido se hacía por catálogo y la casa llegaba vía correo; de ahí, la clasificación (Figura 1.3) (Cepeda, 2008).

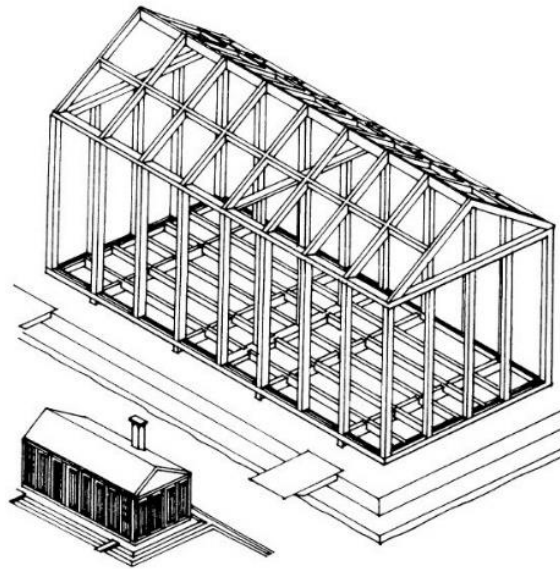


Fig. 1.2. Casa Portable Colonial Cottage (Resan Modular, 2014).

MODERN HOME No. 165
\$1,248.00

For \$1,248.00 we will furnish all the material to build this Six-Room House, consisting of Mill Work, Ceiling, Siding, Flooring, Finishing Lumber, Building Paper, Pipe, Gutters, Sash, Windows, Hardware, Painting Material, Lumber, Lath and Shingles.

By allowing a 40¢ price for labor, cement, brick and plaster, which we do not furnish, this house can be built for about \$1,400.00, including all material and labor.

For Our Free Offer of Plans See Page 1.

SEARS, ROEBUCK AND CO. CHICAGO, ILLINOIS

Standard Built House No. 2324
Price, \$191.00

For \$266.00 Honor Bill (\$191.00 Standard Built) we will furnish all the material to build this Three-Room House, consisting of Lumber, Lath, Fire-Proof Shingle, Mill Work, Flooring, Ceiling, Siding, Finishing Lumber, Building Paper, Pipe, Gutters, Sash, Windows, Hardware and Painting Material. NO EXTRAS, as we guarantee enough material at the above price to build this house according to our plans.

Price does not include cement, brick or plaster.

For Our Offer of Free Plans See Page 6.

SEARS, ROEBUCK AND CO. CHICAGO, ILLINOIS

Fig. 1.3. Catálogo Sears Roebuck and Co (Resan Modular, 2014).

A finales de la década de 1960 y principios de 1970 en Europa, se desarrolla un proyecto nombrado Moduli 225. Este suponía una puesta al día de la tradición de vivienda prefabricada de madera en los países nórdicos. Se usaba un lenguaje cercano al de las vanguardias modernas con el uso del *steel framing* y paneles de yeso y fibrocemento en creciente uso en Europa y Norteamérica.

El proyecto *Moduli 225* toma su nombre de la dimensión básica del módulo geométrico que lo organiza: 225 cms. El módulo cúbico forma las aristas de la estructura y cada uno de estos marcos se divide en tres partes de 75 cms, que pueden alojar paneles de esta dimensión. Estos paneles pueden contener pared maciza, puertas, ventanas, etc. Los paneles se fijan atornillándose (Figuras 1.4 y 1.5).



Fig. 1.4. Casa Moduli225 Porche de la vivienda diseñada por los arquitectos Filandeses Kristian Gullichsen y Juhani Pallasmaa (Tectonica, 2013).



Fig. 1.5. Casa Moduli 225 Porche de la vivienda diseñada por los arquitectos Filandeses Kristian Gullichsen y Juhani Pallasmaa (Tectonica, 2013).

La cimentación se resuelve con soportes regulables metálicos, de forma que se evita la necesidad de obra *in situ* para el apoyo de la vivienda. Los soportes regulables pueden absorber diferencias topográficas de hasta 1.5 m. El tiempo de montaje de la vivienda más básica era de dos días y el precio se mostró asequible. Aunque el diseño se destinó inicialmente para casa de campo de verano, la casa ha sido usada ampliamente como primera residencia (Cepeda, 2008).

Fed y Su-Si son dos prototipos de vivienda desarrollados en 1996 por los arquitectos austriacos Oskar Leo y Johannes Kaufmann. Se trata de dos viviendas construidas en su totalidad en madera o sus derivados. Estas viviendas son escalables y transportables gracias a las dimensiones 3.5 x 12.5 m. y 3.00 m. de altura y un peso de 10 toneladas.

Este tipo de vivienda concentra los servicios en los extremos y dejan libre la zona central, para que el usuario decida la distribución

que más se adapte a sus necesidades. El cuerpo habitable esta elevado y se crea debajo un espacio cubierto al que se pueden dar distintos usos: aparcamientos, zona de almacenaje, etc. Está construida a base de vigas de madera con tableros tricapa como sistema de forjado y de cierre de fachada. Está reforzado con lana de roca como aislante y con un entramado de pies derechos de madera de 80x100 (Figura 1.6).

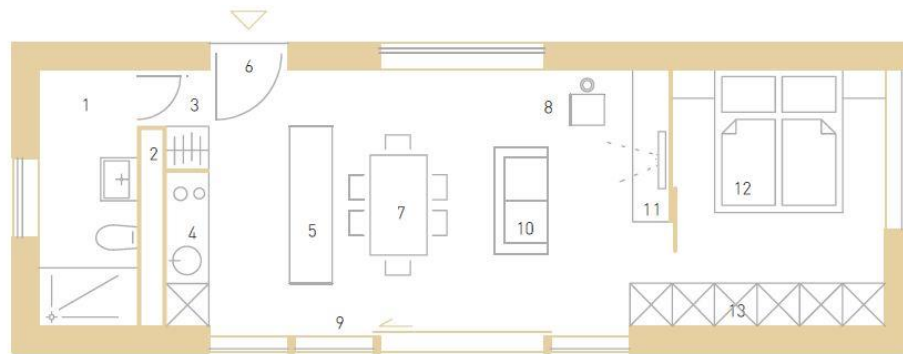


Fig. 1.6. Planta de distribución modelo Su-Si con un área de 30 m² alberga una zona de servicios, estancia y dormitorio (Martinez, 2011).

El modelo Fed (Figura 1.7) es una variante del diseño escalable. Se compone de dos cajas, inserta una dentro de la otra que forman un elemento compacto de dimensiones 3.00 x 3.00 m. y 3.00 m. Su altura permite que se transporte con facilidad sobre un camión. La vivienda se amplía una vez situado en su emplazamiento, hasta alcanzar un espacio en planta de 18 m² (Martinez, 2011).



Fig. 1.7. Modelo Fed con dos módulos que una vez extendidos en obra logran una superficie habitable de 18 m². (Martinez, 2011)

1. 2 Antecedentes del panel de yeso, fibrocemento y el sistema *steel framing*

La invención de los paneles de yeso para la construcción se atribuye a Agustín Sackett y Kane Fred, quien en 1880 concibió la idea de fabricar paneles de yeso para pared y una máquina para su fabricación. Su primer intento presentó el inconveniente de ser muy combustible e inutilizable. En 1888, Sackett crea otro panel con yeso y capas de papel fieltro. Este nuevo tablero probó una resistencia adecuada y es el primer panel de yeso fabricado para la construcción denominada Sackett Junta. En 1917, se elimina la capa de fieltro y se producen paneles de yeso que son más resistentes al fuego e incombustibles (PRODEIN, s.f.).

En el año de 1916 (durante la Primera Guerra Mundial), el sistema constructivo más utilizado para la edificación de vivienda en Estados Unidos fue el uso de paneles de madera recubiertos de yeso. Se puede considerar este procedimiento constructivo como una alternativa para el uso común de paneles de yeso y cartón en la construcción.

Paralelo a estas prácticas constructivas, el origen de los paneles de fibrocemento se remonta al año 1900, cuando Ludwing Hastcheck, ingeniero austriaco, mezcló cemento portland, minerales, yeso, amianto y agua a través de un proceso de filtración simple. Después aplicó calor a la masa que dio como resultado un material al que originalmente llamo *Eternit*, haciendo alusión a sus propiedades resistentes (Figura 1.8)

En la actualidad, el sistema de fabricación de estos paneles de fibrocemento ha sufrido pocas modificaciones. Una de las más substanciales e importantes es que se dejó de usar el amianto, porque se le atribuye que ha causado problemas de salud como la asbestosis. El amianto se sustituyó por fibras de celulosa, fibra de vidrio o fibras sintéticas. Estas fibras previenen la aparición de fisuras y no afectan la alcalinidad del cemento en el panel (Wikipedia, 2016) (REVISTA CLADDING, 2015).



Fig. 1.8. Maquinaria para fabricación de panel de Fibrocemento *Eternit* (REVISTA CLADDING, 2015).

El complemento del sistema de muro seco con las estructuras denominadas *Steel framing* (Figura 1.9) tiene su desarrollo a mediados del siglo XIX. Con la Revolución Industrial, el desarrollo de la industria del acero y la aparición de medios de fijación metálicos (clavos) se eliminan las uniones de madera y evita el uso de mano de obra especializada. Posteriormente, en la Feria Internacional de Chicago de 1933, hace su primera aparición el sistema *Steel framing* (como una evolución del sistema *balloon framing* (Figura 1.10), mencionado con anterioridad en este capítulo, en la presentación de una vivienda, donde se empleó este método para su construcción.



Fig. 1.9. Estructura con método “Balloon framing” (Wikipedia, 2015).

El sistema *Steel framing*² (Figura 1.10) es un concepto usado para definir al sistema de edificación construido por un entramado de perfiles metálicos y laminados en frío. La definición de *Steel framing* se puede traducir como cuadro o bastidor (frame) de acero (Steel). Esto debido al armado en forma de cuadro por los perfiles metálicos laminados. La ligereza de la estructura permite que esta sea armada en el suelo y después posicionada verticalmente o ser ensamblada en taller y transportada adecuadamente a obra. Tras la Segunda Guerra Mundial, este sistema empieza a ser empleado de manera comercial para la reconstrucción de vivienda en Japón por su accesibilidad y rapidez en el armado (Dannemann, 2007).

² El sistema *steel framing* no debe confundirse con el *Steel frame* que es un sistema cuya técnica constructiva utiliza un esqueleto de columnas y vigas de perfiles de acero "pesados" llamados Perfiles (IPN). Estos hicieron y hacen posible la construcción de edificios de gran altitud (Dannemann, 2007).



Fig. 1.10. Estructura con método “*Steel framing*” (STEELFRAMING.COM, 2012).

El desarrollo paralelo de los paneles y el *Steel framing* permite la compatibilidad por lo práctico y económico de su fabricación en dimensiones estándares. Se debe tomar como referencia el sistema métrico inglés, para su elaboración. Además, se sugiere alternar y sustituir la utilización de paneles de madera por los paneles de yeso o fibrocemento, ya que proveen resistencia a los impactos, a la humedad y por ser incombustibles. Características que no tienen los paneles de madera. Además, el avance en este sistema constructivo ha permitido añadir características especiales a estos elementos como mayor resistencia a la intemperie, retardantes de fuego, sistemas de aislamiento y resistencia a agentes químicos externos, entre las principales.

El uso del sistema de muro seco y la modulación en la vivienda son conceptos que se emplean desde hace más de un siglo y al observar su evolución, se puede concluir que son sistemas

complementarios, es decir, la vivienda modular se basa en la repetición de elementos como se nota en la Casa Portable Colonial Cottage.

El primer sistema implementado para el diseño y construcción de esta vivienda fue el inicio en el empleo de estructuras ligeras para la construcción de vivienda. Estas dieron como consecuencia el método conocido como *balloon framing*, que a su vez evolucionó en el llamado *Steel framing*. Estos principios siguen avanzando y, claramente, tienen como objetivo dar un paso hacia la industrialización de la vivienda.

El diseño modular en la vivienda no se puede limitar al proceso constructivo utilizado, también es necesario abordar la solución a las necesidades del usuario. Por ello, en el siguiente capítulo se aborda, de una manera más profunda, el análisis de diversos casos análogos de vivienda y la relación funcional, ergonómica y espacial que cumplen.

Capítulo 2. Estudio de casos análogos

El diseño modular, como se hace mención en el capítulo anterior, es una constante en el proceso de industrialización. Este proporciona características que permiten la flexibilidad, escalabilidad y fácil montaje de sus componentes. Además, permite acelerar el tiempo de ejecución respecto al diseño tradicional. A continuación, se presentan tres modelos para ejemplificar el diseño modular en la industria de la construcción. Estos modelos son los más representativos de este tipo de diseño, aplicados a espacios destinados a la vivienda.

Caso 1. Diseño Modular Español

Descripción

El diseño modular español es una vivienda prefabricada, elaborada con materiales como el acero, tabiquería, trasdosados de yeso laminado y fachada ventilada. Este diseño tiene como principal objetivo cubrir las distintas necesidades de los usuarios, con posibilidad de personalizar y ampliar la vivienda con módulos extra, según se requieran. El modelo de la vivienda cuenta con una superficie de construcción de 74.90 m² con un programa arquitectónico básico que consta de 1 dormitorio, 1 baño y 1 porche. Esta vivienda se puede ampliar, dependiendo de las necesidades del dueño. La ampliación puede llegar a una superficie de 155.12 m² con un programa que consta

de 3 dormitorios, 2 baños y 1 medio baño. Esta propuesta incluye en su distribución espacios abiertos.

Memoria Descriptiva	
Estructura	
Cimentación	A base de losa de concreto armado o zapata corrida
Estructura	De acero en forjados (sanitario y de cubierta) y en pilares.
Fachadas y Cubierta	
Fachadas	Está cubierta por las siguientes capas:
	Fachada ventilada con subestructura de aluminio y acabado exterior a elegir:
	1. Pizarra
	2. Panel de cemento reforzado con fibras de celulosa
	3. Panel composite de cemento con partículas de madera
	4. Panel composite de aluminio
	5. Piedra natural
	Capa intermedia de fachada mediante tablero de DM hidrófugo con aislamiento térmico de lana de roca.
	Trasdosado interior mediante placas de yeso laminado sobre perfilería de acero galvanizado y aislamiento térmico de poliestireno extruido
Cubierta	Metálica plana, no transitable, mediante panel de acero lacado revestido exteriormente, con aislamiento térmico a base de espuma rígida

	de poliuretano y chapa inferior de acero galvanizado, remate perimetral con chapa en todo su perímetro.
Carpintería Exterior	
Cancelería	De aluminio lacado en color, con rotura de puente térmico y acristalamiento doble con cámara de aire deshidratada (tipo Climalit)
Acabados Interiores	
Puertas	Acabados en roble con lacado blanco
Paredes	Pintura plástica lisa color blanco
Zonas húmedas	Pintura plástica anti moho
Paredes zonas húmedas	Revestimientos: a. Recubrimiento cerámico b. Revestimiento de vinilo
Pisos	Tarima de madera laminada de roble
Piso en zonas húmedas	Pisos de vinilo modular y loseta cerámica
Plafones	Falsos techos continuos de yeso laminado pintado en color blanco. En zonas húmedas, falso techo de yeso laminado hidrófugo, con pintura anti moho.
Acabados Exteriores	
Piso porche	Tarima de madera maciza tratada
Falso techo en porche	Tarima de madera maciza tratada
Instalaciones	
Hidráulicas	Tuberías de polietileno reticulado
Sanitarias y Pluviales	Tubería de PVC sanitario
Eléctricas	
Voz y datos	

Aeroterminia

Con bombas de calor tanto para la calefacci3n como para el ACS

(HOME 3, 2016)

Como se puede identificar en el cuadro anterior, para la edificaci3n de este tipo de vivienda se utiliza un sistema constructivo en seco que permiten un f3cil ensamblaje as3 como la flexibilizaci3n del espacio en disposici3n arquitect3nica y escalabilidad. A continuaci3n, se presentan tres modelos representativos de este dise1o de origen espa1ol. En ellos, se puede identificar la modulaci3n propuesta por el fabricante, al igual que la distribuci3n y uso de cada una de las unidades.

En la figura 2.1 y 2.2, se observa el modelo H1. La superficie correspondiente a este dise1o es de 74.86 m². El programa arquitect3nico consta de un porche al frente cubierto por una estructura met3lica, en el interior est3, pr3xima al acceso en el 3rea p3blica, una estancia, un comedor y una cocineta. En la zona privada del m3dulo, hay una habitaci3n, un vestidor y un ba1o con wc, lavabo y regadera.

En la figura 2.3 y 2.4 se observa el modelo H1-2. El 3rea habitable que conforma este dise1o es de 96.77 m². Los espacios que integran este dise1o son los mismos que componen al modelo H1, la variante consiste en a1adir un dormitorio extra y la disposici3n de la terraza de acceso. El modelo en su variante H1-2 se obtiene a partir de la repetic3n del m3dulo original que contiene al modelo H1. En este se ubica el vest3bulo de acceso, la terraza y un dormitorio extra con ba1o

completo y tina. Esto permite que crecer en área y espacios habitables (Figura 2.5).

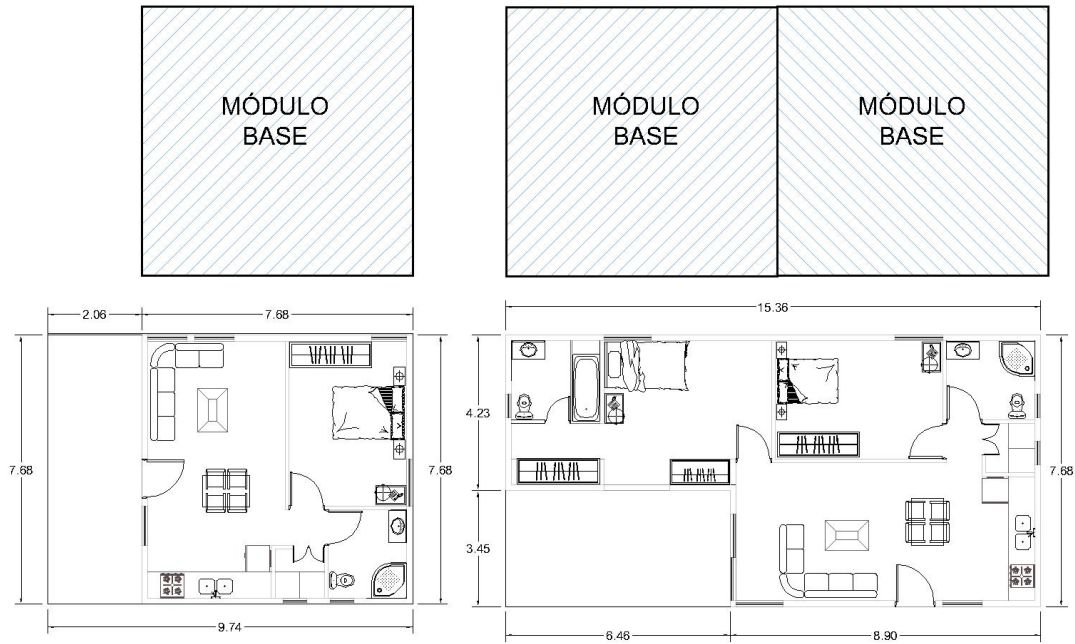


Fig. 2.5. Uso del módulo en diseño H1 y H1-2 (Esquema elaborado por el autor)

Comparativa de Modelo H1 y H1-2

Módulo Básico H1



Fig. 2.1. Fachada principal modelo H1 (HOME 3, 2016)

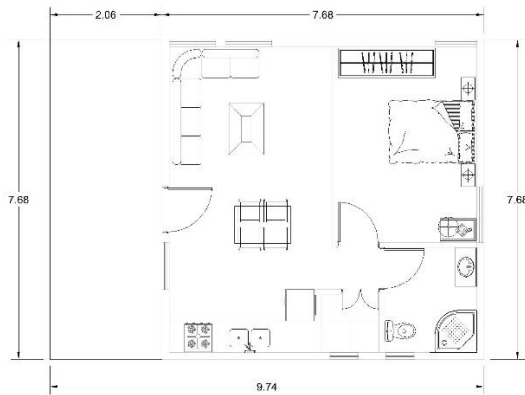


Fig. 2.2. Planta de distribución arquitectónica 58.98 m^2 + 15.88 m^2 de porche, con dimensiones generales de 9.74 m. de longitud por 7.68 m de ancho y un total de 74.86 m^2 de construcción (HOME 3, 2016).

Variante Módulo H1-2



Fig. 2.3. Fachada principal modelo H1-2 (HOME 3, 2016)

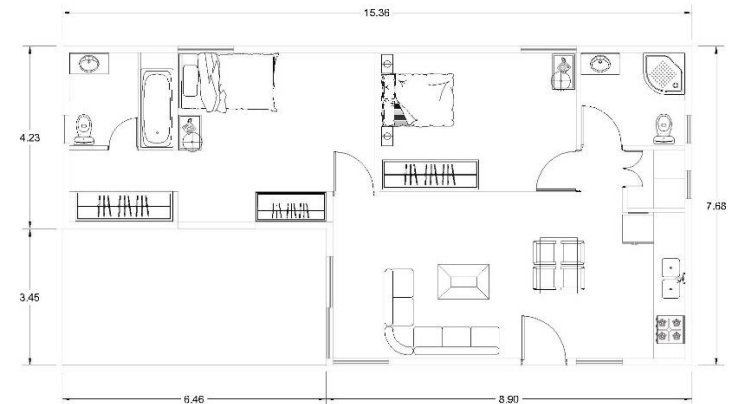


Fig. 2.4. Planta de distribución arquitectónica 95.67 m^2 + 22.28 m^2 de porche, con dimensiones generales de 15.36 m. de longitud por 7.68 m de ancho y un total de 117.95 m^2 de construcción (HOME 3, 2016).

Se observa en el modelo H2 figura 2.6 y 2.7 que el programa arquitectónico consta de una terraza; al interior cuenta con sala comedor y cocineta en la zona pública. En el área privada, hay un baño completo con wc, lavabo y regadera, closet. Tiene 3 habitaciones, la principal con vestidor. El modelo H2 figura 2.8 y 2.9 comprende una superficie de 108.42 m². La variante del modelo H2 es el modelo H2-2 contempla el mismo programa arquitectónico que el modelo H2 con sala, comedor, cocineta, tres habitaciones, la principal con vestidor. La modificación está en el incremento del número de baños completo; así pasa de un baño con wc, lavabo y regadera a dos. En el caso del segundo, además cambia la regadera por una tina estándar. El porche exterior se amplía.

En el caso del modelo H2, se identifica un módulo base con dimensiones generales de 12.05 m. de largo por 7.68 m. de ancho. Si se observa la figura 2.10, se puede identificar que este se desprende del módulo que compone el modelo H1; y el modelo H2-2 se genera a partir del módulo utilizado en el modelo H1 y el modelo H2; es decir, se puede encontrar escalabilidad en los diseños a partir de la combinación de dos tipos de modulación y mantiene la similitud en la estética de ambos diseños.



Fig. 2.10. Uso del módulo en diseño H2 y H2-2 (Esquema elaborado por el autor)

Comparativa de Modelo H2 y H2-2

Módulo Básico H2



Fig. 2.6. Fachada principal modelo H2 (HOME 3, 2016)

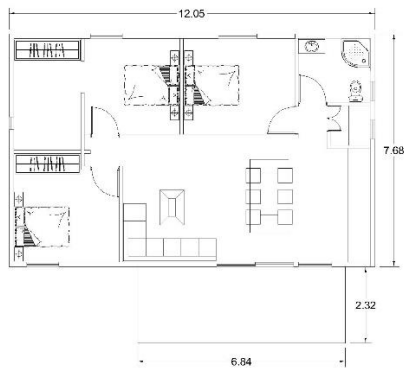


Fig. 2.7. Planta de distribución arquitectónica 92.54 m² + 15.88 m² de porche, con dimensiones generales de 12.05 m. de longitud por 7.68 m de ancho y un total de 108.42 m² de construcción (HOME 3, 2016).

Variante Módulo H2-2



Fig. 2.8. Fachada principal modelo H2-2 (HOME 3, 2016)

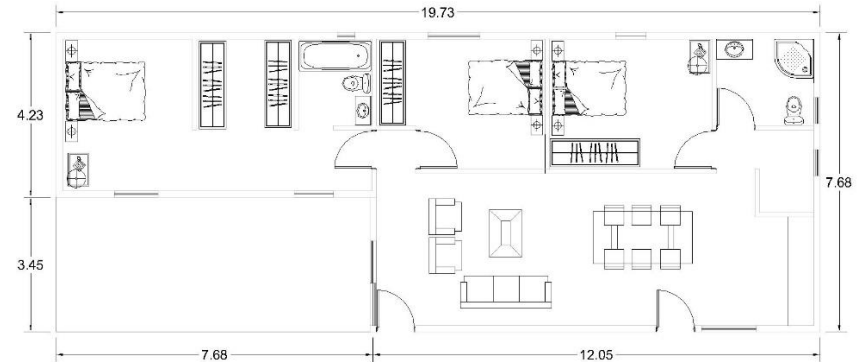


Fig. 2.9. Planta de distribución arquitectónica 125.03 m² + 26.49 m² de porche, con dimensiones generales de 19.73 m. de longitud por 7.68 m de ancho y un total de 151.52 m² de construcción (HOME 3, 2016).

En el caso del modelo H3 figura 2.11 y 2.12 se observa, al igual que en los otros dos modelos mostrados (H1 y H2), el uso de módulos básicos. El módulo H3 está proyectado para un área de 151.52 m². Cuenta con terraza exterior adosada al acceso, sala comedor, cocina. La diferencia en el programa arquitectónico de este diseño, además del mayor número de metros cuadrados, está en la zona privada, la cual incluye cuatro habitaciones; la principal tiene baño completo y vestidor, también hay un baño completo compartido y un armario.

El modelo H3-2 figura 2.13 y 2.14 con un área de 151.52 m² conserva un programa arquitectónico igual al modelo H3. En esta variante se ejemplifica la flexibilidad en la disposición de los espacios habitables. Se aprovecha la modulación existen en los diseños a partir de los mismos módulos utilizados los modelo H1, H2 y H3, para generar el modelo H3-2. En este se modifica el acomodo de los mismos, creando una configuración arquitectónica considerablemente distinta a las presentadas anteriormente por el mismo fabricante (Figura 2.15).



Fig. 2.15. Uso del módulo en diseño H3 y H3-2 (Esquema elaborado por el autor)

Comparativa de Modelo H3 y H3-2

Módulo Básico H3



Fig. 2.11. Fachada principal modelo H3 (HOME 3, 2016)

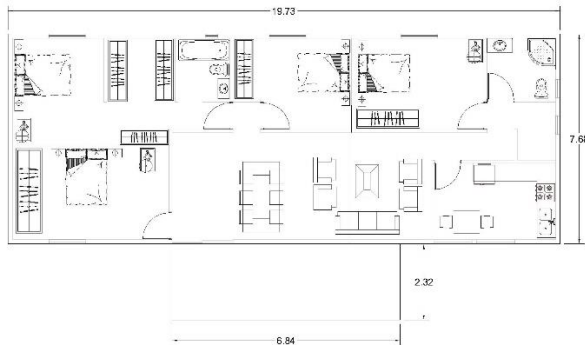


Fig. 2.12. Planta de distribución arquitectónica 151.52 m² + 15.88 m² de porche, con dimensiones generales de 19.73 m. de longitud por 7.68 m de ancho y un total de 167.40 m² de construcción (HOME 3, 2016).

Variante Módulo H3-2



Fig. 2.13. Fachada principal modelo H3-2 (HOME 3, 2016)

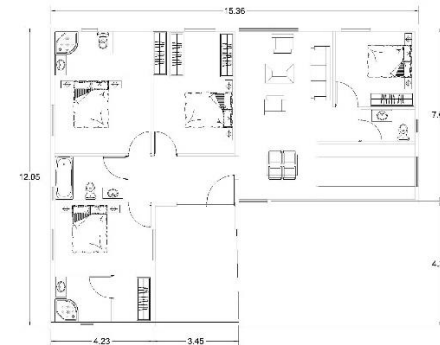


Fig. 2.14. Planta de distribución arquitectónica 136.44 m² + 15.08 m² de porche, con dimensiones generales de 15.36 m. de longitud por 12.05 m de ancho y un total de 151.52 m² de construcción (HOME 3, 2016).

Caso 2. Diseño Modular Español

Descripción

Estas casas modulares, también de origen español, están fabricadas con materiales técnicos y aislamientos, que ofrecen características de eficiencia energética con certificación LEED A. El proceso de fabricación para la casa Cube consiste en el ensamblaje de los diversos componentes de la casa en un proceso industrial. El objetivo es construir módulos que se transporten y se ensamblen en la ubicación definitiva. Este proceso de fabricación permite generar ensambles con diferentes configuraciones, que permiten ahorro en los tiempos de ejecución de obra en campo. Este modelo puede utilizarse para diversos usos arquitectónicos: residenciales, comerciales y gestión.

Memoria Descriptiva	
Estructura	
Cimentación	Losa de hormigón armado sobre chapa colaborante, tanto en plantas inferiores como superiores.
Estructura	Acero al carbono laminado en caliente. Estructura formada por vigas de sección abierta y tubo cerrado estructural. Ensamblaje mediante atornillado y soldado. Acabado con imprimación anti corrosión.
Fachadas y Cubierta	

Fachadas	<p>Está cubierta por las siguientes capas:</p> <p>Fachada ventilada con revestimiento decorativo exterior en:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Mármol b. Panel resinado de pizarra natural c. Madera técnica. <p>Panel de cerramiento de alto rendimiento, formado por chapas galvanizadas, lacadas en caliente y con interior de poliuretano expandido.</p> <p>En una misma capa y en combinación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conjunto de sub-estructuras metálicas auxiliares de refuerzo y montante para panel de cerramiento. 2. Sistema de aislamientos acústico y térmico formado por la combinación de fibra de vidrio, lana de roca, polietileno extruido y manta de aislamiento reflexivo. 3. Instalaciones de fontanería, electricidad y Pladur. <p>Trasdosado de placa de cartón-yeso, tipo Pladur. Imprimación hidrófuga y tres manos de pintura hidrófuga como acabado final.</p>
Cubierta	<p>Metálica plana, no transitable, mediante panel de acero lacado revestido exteriormente, con aislamiento térmico a base de espuma rígida de poliuretano y chapa inferior de acero galvanizado, remate perimetral con chapa en todo su perímetro.</p>
Carpintería Exterior	
Cancelería	<p>Acero galvanizado recubierto de PVC de 7 cm.</p>

	de grosor, resistente a decoloraciones por rayos UVA. Puerta exterior de PVC. Puertas interiores de madera DMH Hidrófuga.
Cristales	Climalit, con sistema anti fragmentación, rotura de puente térmico y Planitherm.
Acabados Interiores y Exteriores	
Fachada	Alicatado de Mármol Moka Cream. Piedra acabada con superficie matizada e hidrófuga. Canto de piedras rectificado para la colocación milimetrada entre distintas piezas, fijadas mediante un soporte mecánico y un componente químico. Revestimiento del cubo en panel resinado de pizarra natural o madera técnica.
Pisos	Tarima vinílica, biselada en cantos, hidrófuga y poro sincronizado con beta madera.
Pintura	Una capa de imprimación y tres capas de pintura antihumedad en todas las estancias.
Cocina	Muebles de compuestos de maderas y encimera de piedra.
Carpintería en baños	Conglomerado de maderas hidrófugas, acabado laminado.
Muebles de baño	Incluye inodoro, plato de ducha de 120x90 cm con mampara y grifería termostática, lavabo con grifería y espejo.
Iluminación	Leds de bajo consumo montados en sistema Downlight.
Persianas	Eléctricas en dormitorios.
Calefacción	Radiadores de calor azul

(CASAS CUBE, 2016)

En este caso de estudio, el diseño de este tipo de viviendas también utiliza sistemas en seco de construcción, una estructura metálica que se ensambla con tornillería, muros a base de placas de yeso y acabados pétreos con mayor variedad. Una de sus características destacables es que este diseño está enfocado al ahorro energético con el uso de materiales aislantes en muros, iluminación tipo leed y el uso de acabados que evitan la formación de hongos, moho y otras toxinas en la vivienda.

A continuación, se muestra tres ejemplos del diseño modular de esta vivienda. En el modelo C1 figura 2.16 y 2.17 tiene un área de 74.42 m². El programa arquitectónico de este lo compone una zona pública que contiene la cocina- comedor y estancia. En la zona privada, hay dos habitaciones, un baño completo y un espacio que puede cambiar su función de cuarto de lavado a una tercera habitación de 7.00 m². El módulo sobre el cual se desarrolla este modelo se dimensiona con 6.10 m. de ancho y 6.10 m. de largo. Con la unión de dos módulos de estas dimensiones, se obtiene el modelo C1 (Figura 2.20).

El modelo C2 figura 2.18 y 2.19 consta de un área de 98.57 m². En la zona pública, se encuentra una estancia comedor y cocina con desayunador y área de lavado. En la zona privada hay dos dormitorios el principal, con vestidor y dos baños completos con wc, lavabo y regadera.

El módulo C2 se desprende del que se genera en el modelo C1. Al repetirse el C1, hay un aumento de 3.96 m. en su longitud, así se obtiene el modelo C2. Es importante señalar que la longitud de ambos modelos C1 y C2, 12.20 m. y 16.16 m. respectivamente, se dan por la correspondencia en la medida inglesa “pies” (30.5 cm.). Es decir, la longitud de 12.20 m. que corresponde al módulo C1 es de 40 pies de largo y la de 16.16 m., del módulo C2, es de 53 pies de longitud. Se deduce que la correspondencia responde a los materiales utilizados para ensamblarla y su dimensionamiento comercial en medidas inglesas. Esto permite la optimización y reducción en el desperdicio. (Figura 2.20)

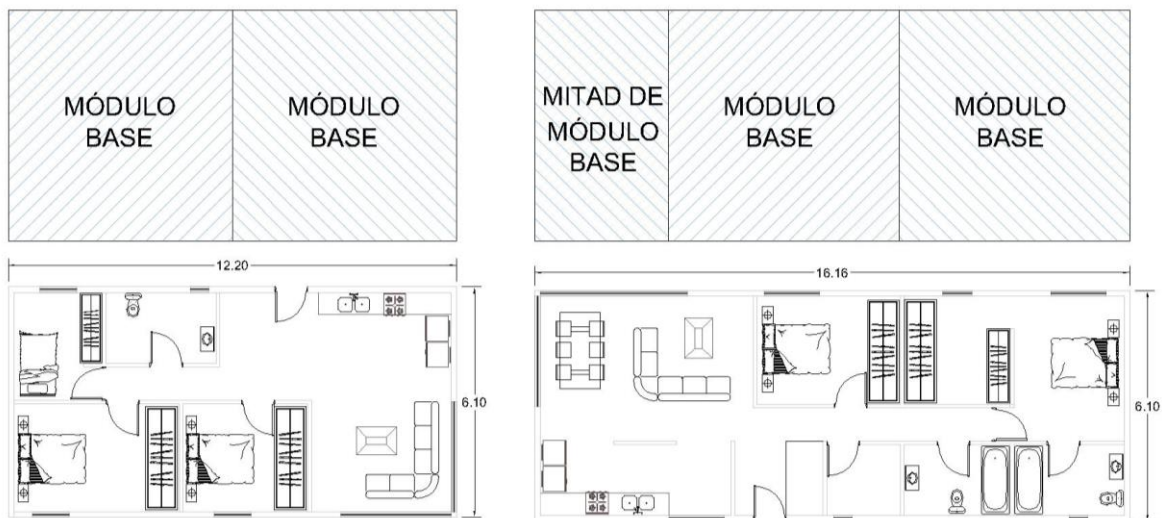


Fig. 2.20. Uso del módulo en diseño C1 y C2 (Esquema elaborado por el autor)

Comparativa Módulo C1

Módulo Base C1



Fig. 2.16. Fachada principal modelo C1 (**CASAS CUBE, 2016**)

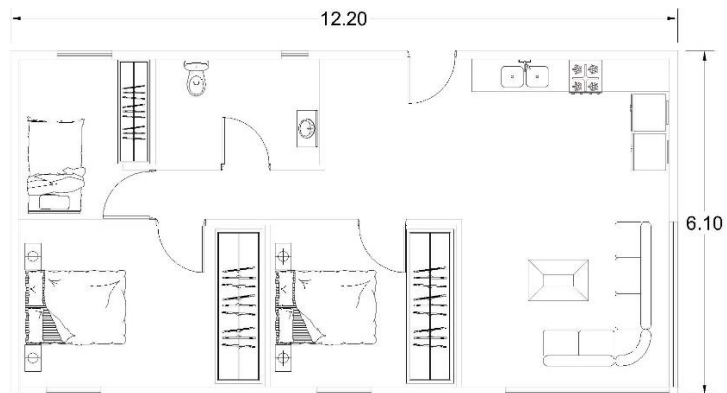


Fig. 2.17. Planta de distribución arquitectónica, con dimensiones generales de 12.20 m. de longitud por 6.10 m. de ancho y un total de 74.42 m² de construcción (**CASAS CUBE, 2016**).

Comparativa Módulo C2

Módulo C2



Fig. 2.18. Fachada posterior modelo C2 (CASAS CUBE, 2016).

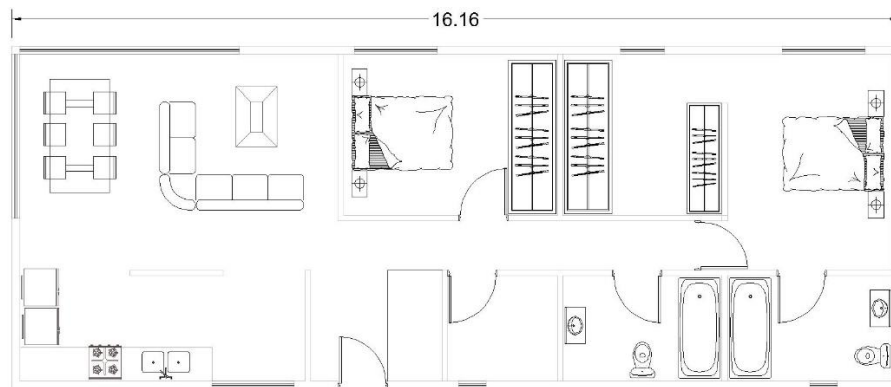


Fig. 2.19. Planta de distribución arquitectónica, con dimensiones generales de 16.16 m. de longitud por 6.10 m de ancho y un total de 98.57 m² de construcción (CASAS CUBE, 2016).

En el modelo C3 figura 2.21 y 2.22 se genera una vivienda más amplia tomando como referencia los modelos C1 y C2 con un área de construcción de 147.86 m². Incluye un acceso que conecta con una estancia, comedor esto a su vez liga con la cocina y un área de lavado, la zona privada se compone por dos baños completos con wc lavabo y regadera, tres recamaras, una de ellas la principal con vestidor. En este modelo se observa claramente la escalabilidad de este tipo de diseño modular a partir de la suma del módulo básico utilizado en el modelo C1 (con dimensiones 6.10 m. de ancho y 6.10 m.); pero como se observó en el estudio de los modelos anteriores al tener relación a este módulo base los modelos C1 y C2 se puede hablar de una combinación, repetición y reconfiguración de estos dos módulos para conseguir el módulo C3. (Figura 2.23)

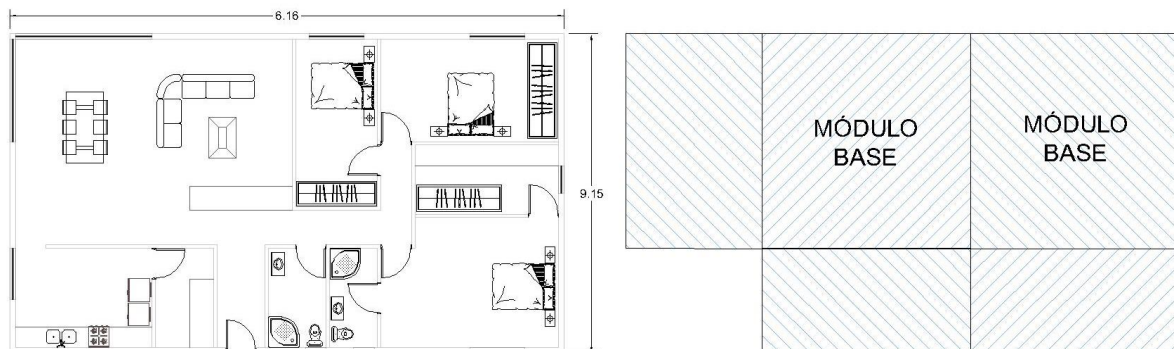


Fig. 2.23. Uso del módulo en diseño C3 (Esquema elaborado por el autor)

Comparativa Módulo C3

Módulo C3



Fig. 2.21. Fachada principal modelo C3 (**CASAS CUBE, 2016**).

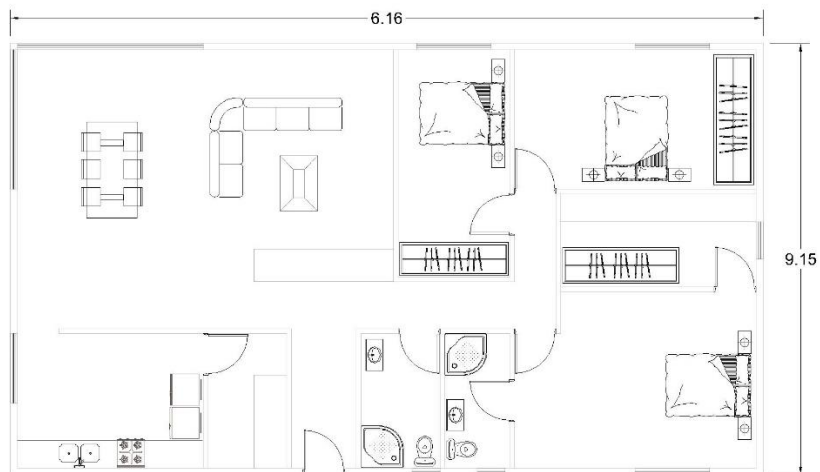


Fig. 2.22. Planta de distribución arquitectónica, con dimensiones generales de 6.16 m. de longitud por 9.15 m. de ancho y un total de 147.86 m² de construcción (**CASAS CUBE, 2016**).

Caso 3. Diseño Modular Austriaco

Descripción

El diseño modular austriaco está dado por la envolvente del módulo redondeado en sus aristas en forma de capsula. Toma una generatriz recta y agrega módulos a lo largo de este eje. Por lo tanto, crece la casa según las necesidades espaciales de sus habitantes. Esta manera de adicionar módulos provee la capacidad de alcanzar cubiertas con extensiones considerables. Según el número de módulos conectados habrá mayor confort climático en su interior, gracias al uso de ventilación e iluminación natural. La forma curva de su envolvente en los cantos de cada uno de los módulos contribuye a la eficiencia energética interior, igual que el de una casa domo.

Memoria Descriptiva	
Estructura	
Cimentación	Cimentación superficial en losa de concreto
Estructura	Módulos fabricados con alma de acero y cubierta en aluminio módulos auto portantes.
Fachadas y Cubierta	
Fachadas	Acabado en aluminio
	Fibra de vidrio
	Acero corrugado
	Acabados laminados en diferentes colores
Cubierta	No transitable en aluminio
Carpintería Exterior	
Cancelería	Aluminio acabado según los requerimientos

	solicitados
Cristales	Claro doble capa con cama de aire aislante
Acabados Interiores y Exteriores	
Fachada	
Pisos	Linóleoum, madera y laminados en diferentes colores
Pintura	Según el color de aluminio, metal corrugado y/o fibra de vidrio solicitada interiores en linóleoum color según
Cocina	Bloque de cocina con muebles a muro acabado en resinas y lacado según colores requeridos.
Muebles de baño	Incluye inodoro, plato de ducha de 120x90 cm con mampara y grifería, lavabo y espejo. Es integrado en un módulo sanitario esto reduce recorridos en tuberías.
Iluminación	Leed genera energía eléctrica a partir de paneles solares ubicados en la cubierta.
Persianas	Automáticas
Calefacción	El empleo de energía en el proceso de calefacción se reduce con el uso de bomba de aire caliente.

(LOFT FACTORY, 2016)

Esta vivienda está basada en módulos autónomos que permiten ensamblarse de forma longitudinal, casi de manera indefinida. Este procedimiento genera un espacio habitable tan largo como sea necesario. Su limitante está en que no se pueden ensamblar los módulos de manera transversal, por lo que el ancho máximo es de 5.5 m.

A continuación, se presentan dos variantes básicas del sistema. El modelo NM1 figura 2.24 y 2.25, está armado con dos módulos básicos. Cada módulo puede contener un área habitable de 11.00 m². El modelo básico propuesto consta de 22.00 m². Está conformado por dos módulos y el programa arquitectónico se distribuye en dos áreas: una tiene la cocina (Figura 2.27) y el baño; mientras que en la otra hay una sala comedor (Figura 2.26) y un dormitorio. Este modelo está diseñado para ser habitado por una persona.

El modelo NM2 (Figura 2.28 y 2.29) permite escalar un área hasta 44 m² y adiciona una terraza, a partir de seccionar dos módulos contiguos centrales del ensamblaje que tiene un total de 5 módulos de manera longitudinal. Este módulo se considera habitable para una familia compuesta por 2 adultos y dos niños, ya que amplía el número de habitaciones disponibles.



Fig. 2.26. Módulo de cocina modelo C3 (LOFT FACTORY, 2016).



Fig. 2.27. Módulo de sala-comedor y terraza en modelo C3 (LOFT FACTORY, 2016).

Comparativa Módulo NM1

Módulo NM1



Fig. 2.24. Fachada principal modelo NM1 (LOFT FACTORY, 2016).

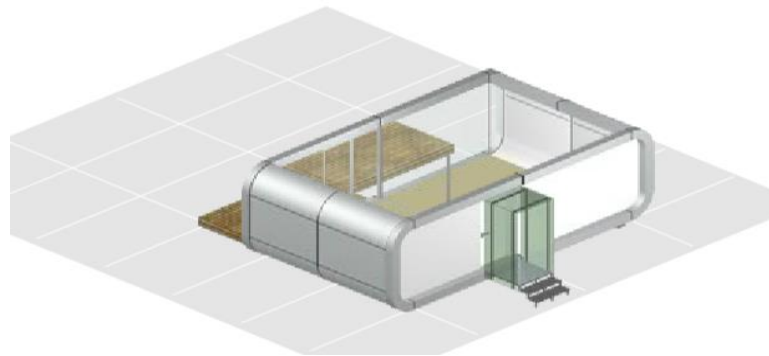


Fig. 2.25. Esquema 3D de módulo NM1, con un área total de 22 m² (LOFT FACTORY, 2016).

Comparativa Modulo NM2

Módulo NM2



Fig. 2.28. Fachada principal modelo NM2 (LOFT FACTORY, 2016).

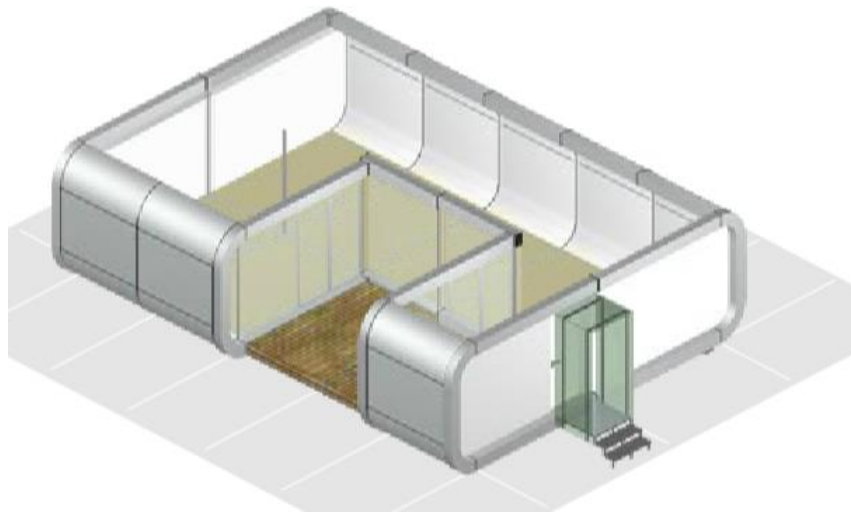


Fig. 2.29. Esquema 3D de módulo NM2, con un área total de 44 m² (LOFT FACTORY, 2016).

Al realizar el análisis de estas propuestas de vivienda modular se observa que el diseño de estos espacios es en el plano internacional un acto común, principalmente, en Europa y Norte América. En estos lugares el uso de procedimientos constructivos en seco se emplea en sistemas modulares que permiten escalabilidad a partir de diseños, ya pre configurados. Estos diseños facilitan la edificación/construcción/armado en campo o en taller, pero evita el uso de procedimientos constructivos tradicionales en mayor medida. Por lo tanto, se puede concluir que el desarrollo de un diseño modular permite ser edificado con el uso de elementos prefabricados y cumplir con el objetivo de generar una vivienda estética y funcional, que se adapta a las distintas necesidades de sus ocupantes. Para lograr una propuesta de diseño de este tipo de espacios es necesario profundizar en el estudio del sistema constructivo en seco (*drywall*), a base de perfiles de acero, placas de yeso y fibrocemento. Elementos que se abordarán en el siguiente capítulo.

Capítulo 3. Sistema constructivo de muro seco (Drywall)

Los sistemas constructivos en seco denominados Drywall o Construcción Liviana en Seco (CLS) consisten en un bastidor a base de perfiles metálicos ligeros galvanizados, rolados en frío, o madera y placas de madera, yeso y/o fibrocemento comprimido. Estos elementos son fijados por medios mecánicos al bastidor, de tal manera que se forman muros que en el proceso de montaje no requieren agua.

Entre las principales mejoras en este tipo de sistema constructivo con respecto a los métodos tradicionales están la facilidad para el ensamblaje de los distintos elementos que conforman el sistema, por medios mecánicos, y la rapidez, ligereza y limpieza en la ejecución de los trabajos. Los elementos que componen este sistema son Bastidor de perfiles metálicos galvanizados, Anclajes de bastidor y fijación de placas, Placa de yeso, Placa de fibrocemento, Cinta de fibra de papel, Cinta de fibra de fibra de vidrio, Compuesto Adhesivo para paneles de yeso y Compuesto Adhesivo para paneles de fibrocemento.

3.1. Características de los componentes de un modulo

A continuación, se describen las características y función de cada uno de los elementos que se requieren para el ensamble de un módulo prefabricado. El propósito es revisar cómo trabajan estos componentes en el sistema constructivo.

1. Bastidor de perfiles metálicos galvanizados

El bastidor a base de perfiles mecánicos tiene como principal función el proporcionar una estructura rígida y ligera para el montaje de las placas de yeso y/o fibrocemento. Este se arma a partir de postes fabricados en acero rolado en frío, galvanizado en zinc para evitar la corrosión. El bastidor tiene una longitud estándar de 2.44 y 3.05 m. 8 y 10 pies, respectivamente. Los perfiles según la función que cumplan dentro del montaje del sistema se pueden clasificar en postes, canales, ángulos, canal listón y canaleta de carga.

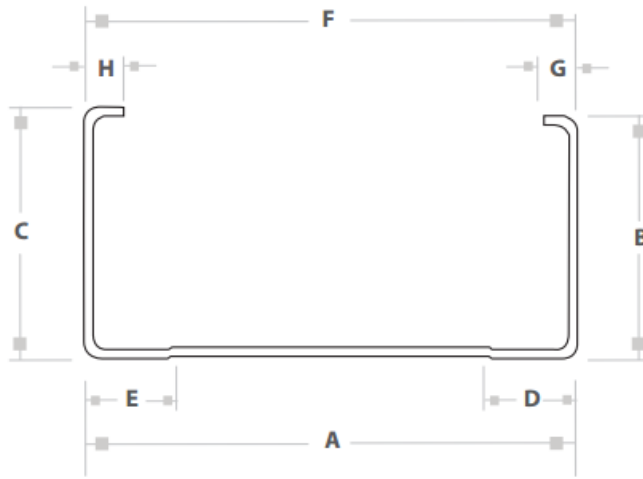
a. Postes. Tienen una sección que forma una “C”, esta es su principal característica y la “C” aparece cuando se rola la lámina galvanizada. Se utiliza lámina calibre 26, para elementos principales de soporte como en el caso de muros interiores de tabla yeso en ambas caras. Los elementos de calibre 20 se usan como soporte principal y sustituyen a los postes de calibre 26 en muros exteriores o interiores fabricados en panel de fibrocemento en una o ambas caras.

El ancho de los postes varía según el espesor del muro, que puede ser de 4.10 cm, el más angosto, hasta postes de 15.24 cm, con los cuales se puede fabricar un muro con espesor total de 17.78 cm. En el caso de los muros angostos hay que sumar 12.7

mm por cara de muro, por lo que el ancho final será de 65 mm. o 6.64 cm. (Figura 3.1).

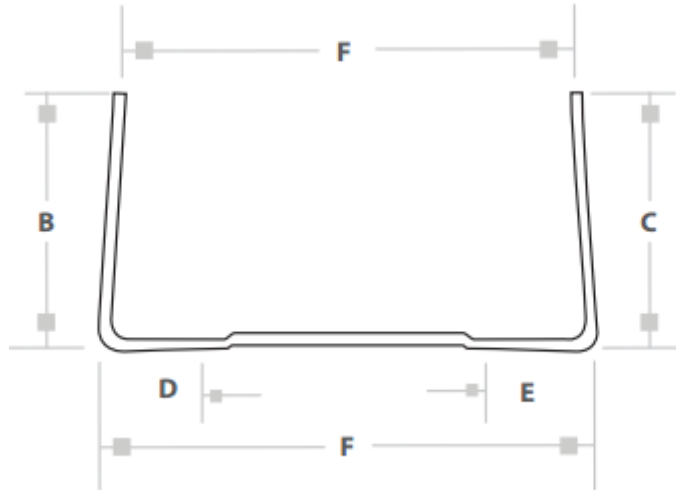
b. Canal. El perfil canal “U” tiene como función unir los postes para dar mayor rigidez al bastidor, para evitar pandeos longitudinales en los postes. Este perfil se fabrica en lámina galvanizada de calibre 26 y calibre 22. El calibre a emplear se determina por el poste que se utiliza. Es importante que exista concordancia en el calibre de los perfiles utilizados, ya que eso da congruencia a la resistencia de la estructura. No se deben utilizar perfiles con calibre más delgado que el utilizado en los postes. El perfil Canal tiene un ancho que va de 4.10 cm a 15.24 cm. También es necesaria la concordancia del mismo en el ancho del poste a utilizar, debido a que la unión de los postes y canales depende de esta (Figura 3.2).

c. Ángulo. Se trata de un ángulo de amarre que funciona como un refuerzo en las aristas del bastidor que arman el muro. Da mayor resistencia en nichos, ventanas, puertas o bordes de muro. Es rolado en frío y fabricado en lámina cal 20, para muros con paneles de fibrocemento, y de calibre 26, en el caso de muros en tabla yeso. La dimensión estándar del ángulo es de 1 pulgada por lado (Figura 3.3).



Dimensiones (in)								
Ancho A ± 0.060	Calibre	Flanco B*	Flanco C*	Ribete D	Ribete E	Ancho F	Labio G	Labio H
1 5/8	26	≥ 1.200		0.420 – 0.560		1.565 – 1.685	≥ 0.1875	
	20	≥ 1.200		0.420 – 0.560		1.565 – 1.685	≥ 0.1875	
2 1/2	26	≥ 1.200		0.420 – 0.560		2.440 – 2.560	≥ 0.1875	
	20	≥ 1.200		0.420 – 0.560		2.440 – 2.560	≥ 0.1875	
3 5/8	26	≥ 1.200		0.420 – 0.560		3.565 – 3.685	≥ 0.1875	
	20	≥ 1.200		0.420 – 0.560		3.565 – 3.685	≥ 0.1875	
4	26	≥ 1.200		0.420 – 0.560		3.940 – 4.060	≥ 0.1875	
	20	≥ 1.200		0.420 – 0.560		3.940 – 4.060	≥ 0.1875	
6	26	≥ 1.200		0.420 – 0.560		3.940 – 4.060	≥ 0.1875	
	20	≥ 1.200		0.420 – 0.560		5.940 – 6.060	≥ 0.1875	

Fig. 3.1. Sección transversal y dimensiones nominales de poste de acero galvanizado “C” (REY, 2016).



Dimensiones (in)								
Ancho A	Calibre	Flanco B*	Flanco C*	Ribete D	Ribete E	Ancho F	*Moleteado M	Longitud Nom. L
-0.060 +0.125	26	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	1.500 - 1.750	0.005 - 0.020	± 1/8	
	25	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	1.500 - 1.750	0.005 - 0.020		
	22	≥ 0.935	-	-	1.500 - 1.750	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	1.500 - 1.750	0.005 - 0.020		
1 5/8	26	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	2.375 - 2.625	0.005 - 0.020		
	25	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	2.375 - 2.625	0.005 - 0.020		
	22	≥ 0.935	-	-	2.375 - 2.625	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	2.375 - 2.625	0.005 - 0.020		
2 1/2	26	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	3.500 - 3.750	0.005 - 0.020		
	25	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	3.500 - 3.750	0.005 - 0.020		
	22	≥ 0.935	-	-	3.500 - 3.750	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	3.500 - 3.750	0.005 - 0.020		
3 5/8	26	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	3.875 - 4.125	0.005 - 0.020		
	25	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	3.875 - 4.125	0.005 - 0.020		
	22	≥ 0.935	-	-	3.875 - 4.125	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	3.875 - 4.125	0.005 - 0.020		
4	26	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	5.875 - 6.125	0.005 - 0.020		
	25	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	5.875 - 6.125	0.005 - 0.020		
	22	≥ 0.935	-	-	5.875 - 6.125	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	5.875 - 6.125	0.005 - 0.020		
6	26	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	7.875 - 8.125	0.005 - 0.020		
	25	≥ 0.935	0.400 - 0.550	0.400 - 0.550	7.875 - 8.125	0.005 - 0.020		
	22	≥ 0.935	-	-	7.875 - 8.125	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	7.875 - 8.125	0.005 - 0.020		
8	22	≥ 0.935	-	-	7.875 - 8.125	0.005 - 0.020		
	20	≥ 0.935	-	-	7.875 - 8.125	0.005 - 0.020		

Fig. 3.2. Sección transversal y dimensiones nominales de Canal de acero galvanizado "U" (REY, 2016).

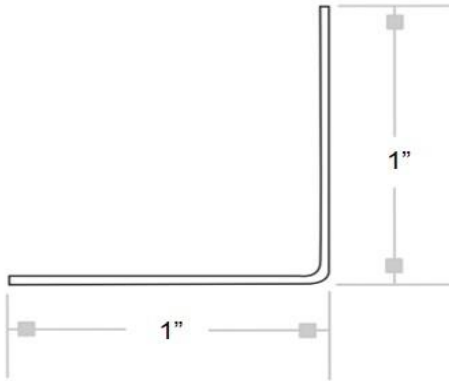


Fig. 3.3 Sección transversal de ángulo (REY, 2016)

d. Canal listón. Es un canal en forma de omega, rolado en lámina galvanizada. Está diseñado para fijar el plafón a base de tabla yeso en calibre 26 y en calibre 20 y el de fibrocemento, cuyas dimensiones nominales son de 6.35 cm de base, 3.18 cm. de corona y 2.26 cm. de peralte. (Figura 3.4).

Dimensiones (in)							
Ancho A	Calibre	Flanco B	Ancho C	Pestaña D	Pestaña E	*Moleteado M	Longitud Nom. L
≥ 2 1/2	26	≥ 0.750	≥ 1.200	≥ 0.125		0.005 - 0.020	± 1/8

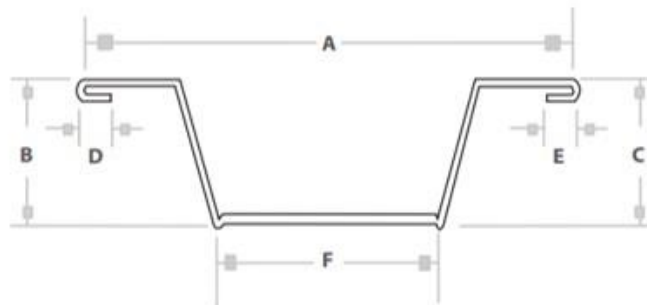


Fig. 3.4. Sección transversal y dimensiones nominales de Canal Listón (REY, 2016)

a. Canaleta de carga. La canaleta de carga es un perfil que trabaja en conjunto con el canal listón. Soporta el falso plafón en interiores y exteriores de tabla yeso y fibrocemento. Está fabricada en forma de C (Figura 3.5), es rolado en lámina galvanizada calibre 22 con un ancho de 4.10 cm y 1.4 cm de peralte (Comex de Mexico, 2016).

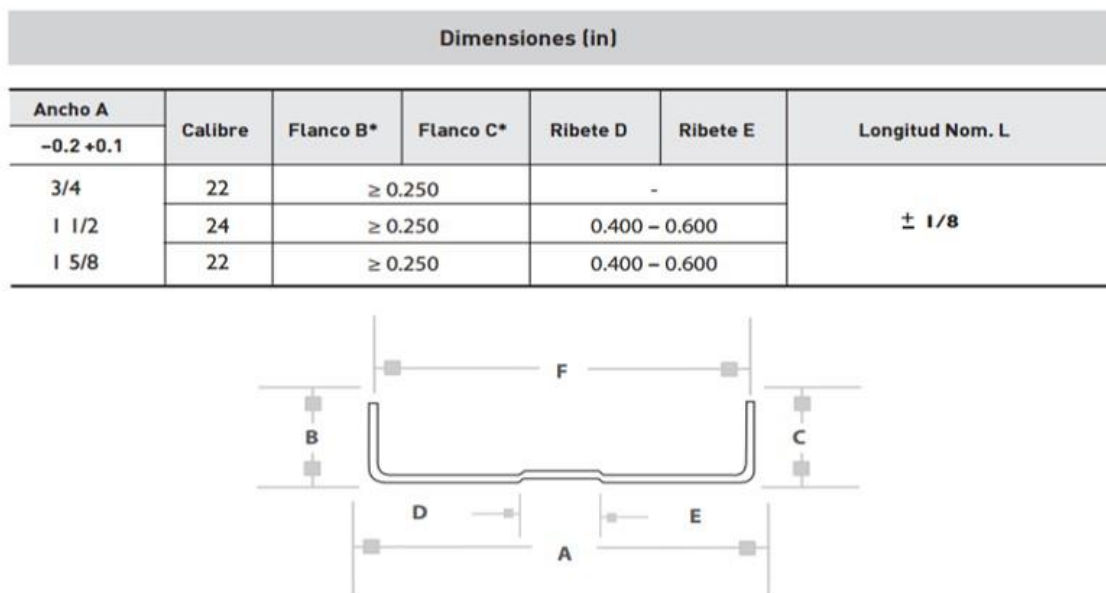


Fig. 3.5. Sección transversal y dimensiones nominales de Canaleta de carga (REY, 2016).

2. Anclaje de bastidor y fijación de placas

El mecanismo de unión en bastidores y placas está conformado por tornillos de acero en diversos calibres y puntas para su idónea utilización en los sistemas de yeso o fibrocemento. Los tornillos metal-metal 26 y 20 son fabricados en zinc galvanizado con una longitud de

1/2 pulgada, Ø calibre 8, se utilizan para postes calibre 20 y 26 y canales calibre 22 cuya cabeza es tipo Warren. Los tornillos metal-yeso 26 y 20 fabricados en acabado en fosfato de 1 a 1 5/8 de pulgada Ø calibre 6, se usan para unir la placa de yeso a los postes del bastidor de metal y a los canales “u” en plafón; este tipo de tornillo tiene cabeza cónica y punta de broca. El tornillo “bunker” cemento – metal 20 se requiere en la unión de las placas de fibrocemento a los postes estructurales; se encuentra en longitudes de 1 1/4 y 1 5/8 de pulgada Ø calibre 8; son de cabeza plana y punta de broca (Figura 3.6 y Anexo A) (Comex de Mexico, 2016).

Metal-metal 20 (estructural)			Longitud estándar 1/2 “
Metal-Metal 26			Longitud estándar 1/2 “
Yeso-Metal 26	 	 	Longitud estándar 1 “ y 5/8”
Yeso-Metal 20			Longitud estándar 1 “
Tornillo Bunker cemento-metal 20			Longitud estándar 1 1/4 “ y 1 5/8”

Fig. 3.6. Dimensiones nominales de Tornillos para fijación de bastidores y paneles
(Comex de Mexico, 2016)

3. Panel de yeso

Los paneles se fabrican con un núcleo de yeso no combustible, envuelto por un papel resistente, el cual tiene un acabado liso en su cara anterior y un acabado natural en su cara posterior. El papel del frente está doblado en los cantos largos para reforzar y proteger el núcleo; los extremos tienen un corte en escuadra y acabado liso. Los cantos largos de los paneles se presentan con los bordes rebajados, lo que permite reforzar y esconder las juntas mediante un tratamiento de juntas. Sus dimensiones nominales son 1.27 cm de espesor, ancho estándar de 1.22 m. (4 pies) y longitud variable de 2.44 (8 pies) 3.05 (10 pies) y 3.66 (12 pies). Los paneles de yeso se cortan e instalan fácil y rápidamente. Estos simplifican la instalación de accesorios y sistemas eléctricos y mecánicos, ya que el sistema de fijación es mecánico, por medio de tornillería, y no aporta humedad durante el montaje (USG CORPORATION, 2000 5ta Edición).

Se debe evitar la exposición continua o excesiva de la placa de yeso a condiciones de extrema humedad o temperatura. La placa de yeso no se debe instalar en áreas donde la temperatura exceda los 52°C. De igual forma, deberá estar protegida de la exposición a las condiciones, antes mencionadas, durante la construcción y el almacenamiento. Para muros en áreas propensas a la humedad, se recomienda emplear el panel de cemento o el panel de yeso W/R (Figura 3.7 y 3.8) (Comex de Mexico, 2016).

Dimensiones Nominales				
Espesor	Ancho	Longitud*	Tipo de Orilla	Resistencia Térmica "R"
1/4" (6.4 mm)	4' (1219mm)	8' (2438mm - 3658mm)	Biselada / Cuadrada	-
3/8" (9.4 mm)	4' (1219mm)	8' (2438mm - 3658mm)	Biselada	0.33
1/2" (12.7mm)	4' (1219mm)	8' - 12' (2438mm - 3658mm)	Biselada	0.45
5/8" (15.9mm)	4' (1219mm)	8' - 12' (2438mm - 3658mm)	Biselada	0.48

Fig. 3.7. Dimensiones nominales de panel de yeso (REY, 2016).



- 1.- Núcleo compactado de yeso y aditivos
- 2.- Laminado en ambas caras a base de cartoncillo.
- 3.- Canto Biselado

Fig. 3.8. Composición estándar de panel de yeso (USG CORPORATION, 2000 5ta Edición).

4. Placa de fibrocemento

Los paneles de cemento, fabricados en un proceso continuo, se componen de un núcleo de cemento Portland reforzado con doble malla de fibra de vidrio polimerizada, que cubre ambas superficies y sus cantos. Esta composición hace que los paneles sean resistentes al fuego y de dimensiones estables. Están diseñados para utilizarse tanto en áreas interiores como exteriores, así como en zonas húmedas y en contacto directo con el agua. Sus características le permiten tolerar las

altas y bajas temperaturas, al igual que los cambios bruscos de temperatura. No es flamable ni tóxico. Sus dimensiones nominales son 1.27 cm de espesor, ancho estándar de 1.22 m. (4 pies) y longitud estándar de 2.44 (8 pies). El ensamble del bastidor debe ser con perfiles calibre 20 (Figura 3.9 y 3.10) (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

PRODUCTO	CODIGO	ESPESOR mm (pulg)	ANCHO mts (pies)	LONGITUD mts (pies)	PESO PZA (kg)	PZAS ESTIBA	VOLUMEN ESTIBA m3	USO PRINCIPAL
PermaBase™	500077	12.7 (1/2")	1.22 (4')	2.44 (8')	43.0	30	1.13	Revestimiento para muros exteriores
Permaflex™	500383*	15.9 (5/8")	1.22 (4')	2.44 (8')	63.0	24	1.13	
	500384*	12.7 (1/2")	1.22 (4')	2.44 (8')	43.0	30	1.13	

Fig. 3.9. Dimensiones nominales de panel de yeso (REY, 2016).

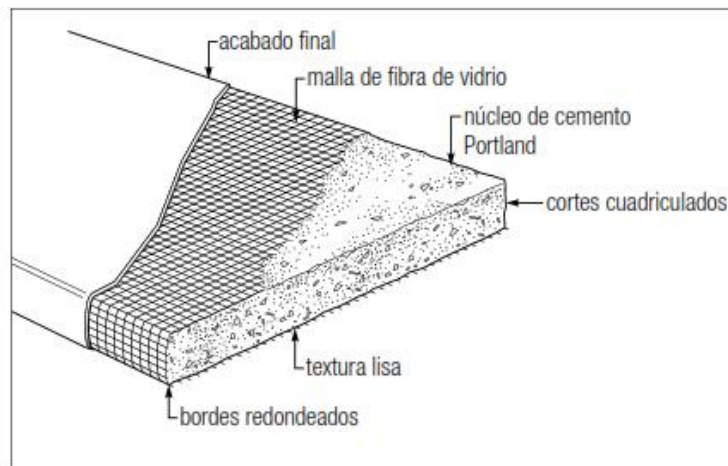


Fig. 3.10. Composición estándar de panel de yeso (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

5. Cinta de Refuerzo

Las cintas de refuerzo aportan resistencia a las grietas para ocultar y alisar las juntas. Están disponibles dos productos, ambos de rápida y fácil aplicación, para usos especializados: cinta de papel, para el tratamiento con compuestos para juntas y cinta de fibra de vidrio, para acabados de aplanados finos de yeso y fibrocemento. La cinta de papel (perfacinta) resiste la tensión, los pliegues y otras distorsiones; queda plana y no se rasga con el uso de las herramientas. La cinta delgada está levemente lijada para aumentar la adhesión y queda plana para que sea más fácil ocultarla con la próxima capa. El ancho estándar de esta cinta es de 2 pulgadas (5.08 cm.). La cinta en fibra de vidrio es una cinta resistente a álcalis; está especialmente diseñada para usarse con paneles de fibrocemento. La cinta tiene 2 pulgadas (5.08cm.) de ancho y malla de fibra de vidrio revestida con polímeros. (USG CORPORATION, 2000 5ta Edición).

6. Compuesto Adhesivo para paneles de yeso

El compuesto adhesivo está fabricado de vinilo para el tratamiento de juntas, esquineros y bordes; proporciona un acabado uniforme; es soluble al agua y es de color blanco, que permite dar acabado con pintura o pastas de color diferente. Los compuestos adhesivos se utilizan en laminados con paneles de yeso para muros y cielorrasos multicapas con o sin resistencia al fuego. Tienen la ventaja de estar listos para ser utilizados y evitan el excesivo mezclado y desperdicio,

que permite un óptimo aprovechamiento del material (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

7. Compuesto Adhesivo para paneles de fibrocemento

El compuesto adhesivo para paneles de fibrocemento se conforma de una mezcla de cemento Portland gris o blanco, resinas poliméricas, material hidrófugo y otros aditivos. Se utiliza como capa base para fijar mallas de refuerzo de fibra de vidrio a paneles de yeso exteriores o como base de cemento en los sistemas DEFS (*Direct Applied exterior finish Sistem*). Está diseñado para adherir placas semirrígidas de aislamiento y embeber mallas de refuerzo para exterior en sistemas EIFS (*Exterior Insulation Finishing System*). Este compuesto permite adherir la malla de fibra de vidrio en las juntas de los paneles, así como dar un acabado sobre los paneles de fibrocemento; proporciona una superficie continua para recibir el acabado requerido (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

3.2. Descripción del Procedimiento Constructivo

El sistema constructivo en seco, según la descripción presentada anteriormente en este capítulo, a diferencia de los métodos constructivos tradicionales como la mampostería se basa en el ensamble de elementos prefabricados. Esto permite simplificar el proceso en la elección de los materiales, en la transformación de los mismos y la cuantificación. Además, se reduce la especialización de la

mano de obra en el proceso constructivo. A continuación, se describe el procedimiento estándar para el ensamblaje del sistema de módulos.

Fabricación de muros y plafones de placa de yeso

Los materiales que se requieren para la fabricación de muros son los siguientes: panel de yeso, según el uso podría ser resistente a la humedad (WR) o estándar; poste metálico “C” calibre 26; canal de amarre “U” calibre 26; tornillo metal-metal punta fina; tornillo yeso-metal de fosfato punta fina; compuesto adhesivo para juntas en paneles de yeso y cinta de refuerzo en papel (Figura 3.11). En el caso de plafones se sustituyen los postes y canales por canaleta de carga y canal listón; además, se añade el uso de alambre galvanizado calibre 12 y 16.

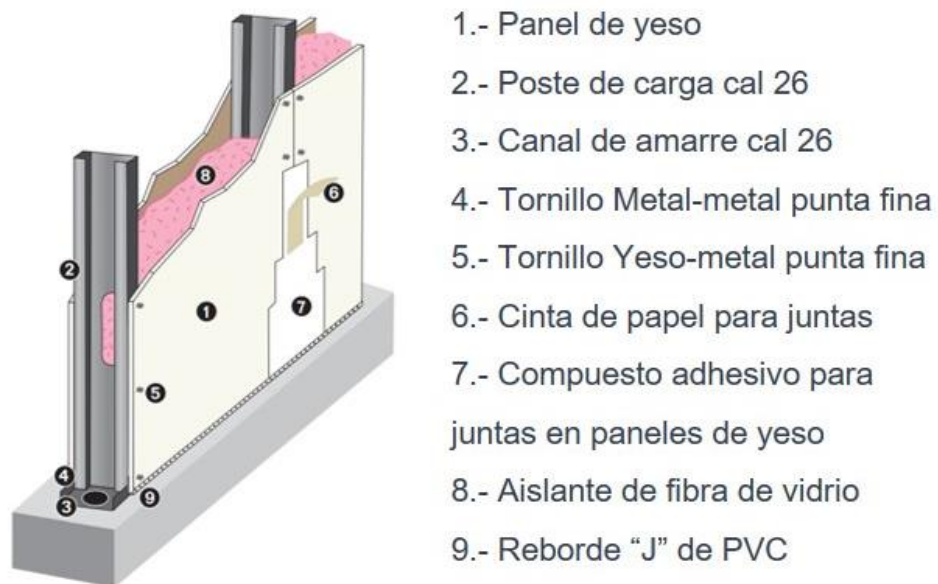


Fig. 3.11. Composición estándar muro de panel de yeso (REY, 2016).

El material necesario para la fabricación de un metro cuadrado tipo de muro con panel de yeso en ambas caras es el que se muestra en la figura 3.12. Para determinar el material que se requiere en la construcción particular, únicamente se deben multiplicar los m² a fabricar, por los valores dados en la tabla. La herramienta que se utiliza en el ensamblaje del muro son en espátula para tratamiento de juntas, navaja multiusos para corte del panel, tijeras para corte de lámina, tiralíneas, escorquina, nivel, taladro y brocas de ¼" para concreto y metal, martillo de carpintero y destornillador eléctrico o mecánico.

MATERIAL	FACTOR "A"
Canal de Amarre 3.96m largo	0.30 pzas./m ²
Poste Metálico 2.44m largo	0.83 pzas./m ²
Panel de Yeso 1.22 x 2.44m	0.74 pzas./m ²
Tornillo para panel de 1 1/8"	26.00 pzas./m ²
Compuesto para Junteo	1.53 kg./m ²
Cinta de Papel	2.7 mL./m ²
Tornillo Framer 7/16"	8.0 pzas./m ²
Tornillo con Taquete	3.6 pzas./m ²

Fig. 3.12. Cuantificación para construcción de 1 m² de muro con panel de yeso (REY, 2016)

El procedimiento general para el ensamblaje del muro requiere, en primer lugar, el ensamble del bastidor. Este proceso se puede llevar a cabo de dos formas. El primer método y el más común es trazar la posición del canal en el piso y, con la ayuda de un plomo, ubicar la

posición en paralelo respecto al trazo en el piso del canal. Los canales se fija en el piso y techo con tornillos a cada 60 cm de distancia en posición zigzag, sin olvidar el uso de taquetes. En los extremos de los canales inferior y superior, se deben colocar doble tornillo a 10 cm de distancia del extremo final del perfil (Figura 3.13).

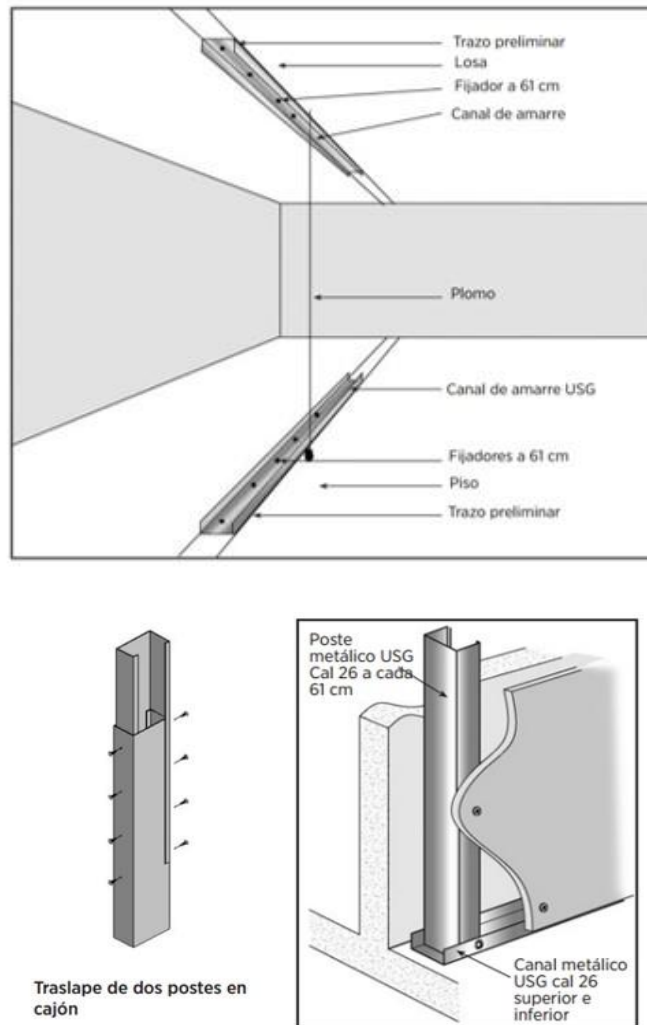


Fig. 3.13. Instalación y armado de canales de amarre panel de yeso (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion)

En caso de que no exista un elemento para fijar el canal superior o la altura del muro corresponda a una altura diferente a la existente, antes de montar el canal superior se colocan los postes y se fija el canal superior a estos. Una vez determinada la altura del muro se procede a colocar los postes, los cuales se colocan cada 61 cm., como máxima separación partiendo de uno de los extremos. Es importante verificar la perfecta verticalidad (Figura 3.14) (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

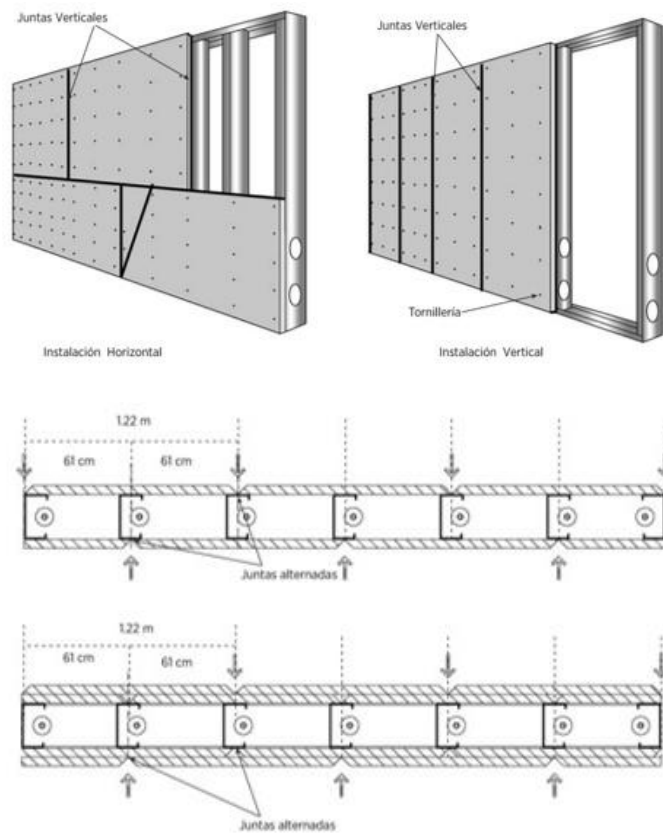


Fig. 3.14. Posición de postes en bastidor e instalación de panel de yeso (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

El segundo método consiste en un pre-armado del bastidor en taller o campo. La idea es, una vez habilitado el panel, colocarlo por completo en su posición final. Para realizar este procedimiento, se requiere una escuadra a 90° en donde se fijará el canal inferior, el cual deberá tener la dimensión correspondiente a la longitud del muro. Una vez alineado el canal inferior se procede a colocar dentro de los canales el primero y último poste del bastidor. Ambos postes tendrán la altura del muro. Se instala el canal superior del bastidor atornillando a los postes de los extremos. Una vez que se han fijado los postes de los extremos, se colocan y fijan a los canales a los postes intermedios a una distancia máxima de 61 cm. Se vigila que todos los postes hagan contacto con el alma de ambos canales y que la orientación del alma de los postes sea hacia un mismo lado. La fijación mecánica de los perfiles en el bastidor se realiza por ambas caras. Se procede a instalar el bastidor en la posición final, cuidando que la alineación con la vertical sea la adecuada. Por último, se procede a fijar el bastidor en el piso o la losa, según corresponda al canal inferior y superior, para ello se atornilla con taquete cada 60 cm de distancia. los extremos de los canales inferior y superior, se deben colocar doble tornillo a 10 cm de distancia del extremo final del perfil, en posición zigzag (REY, 2016).

En el caso de las instalaciones, los postes tienen perforaciones, que permiten pasar tuberías o ductos de hasta 1" por los mismos. Es importante que la fijación de las instalaciones se haga en el bastidor

metálico y no en los paneles. Para la instalación de los paneles en el bastidor, se debe considerar que pueden colocarse de manera vertical u horizontal. En ambos casos, se alternan las juntas para que ningún poste reciba juntas por ambas caras del muro. Se fija el panel a los postes con tornillos yeso metal de 1" espaciados a cada 30 cm a los largo de los postes intermedios y a cada 20 cm en los extremos. Se verifica que la junta quede perfectamente unida a los demás paneles.

Para el corte de los paneles de yeso se requiere el uso de una navaja, con la cual se marca el corte en el yeso. Una vez que se haya cortado el cartoncillo laminado de alguna de las caras del panel, ejerciendo palanca sobre la superficie trazada, se desprende de los bordes y rebajan con la ayuda de la escorquina. Finalmente, se cubren las juntas y los tornillos de fijación, aplicando tres capas de compuesto adhesivo para juntas en paneles de yeso. La primera capa de adhesivo se aplica para fijar la cinta de papel, la segunda cubre la cinta y la tercera da el acabado. El tiempo de secado que requiere cada capa es de 24 hr. Posterior al secado, se lijan las juntas y el muro se encuentra en condiciones para recibir el acabado final.

El procedimiento para la fabricación de plafones con paneles de yeso es el siguiente. Con líneas, se marca el nivel del plafón en los muros laterales que contienen el espacio, se debe verificar que esta línea quede nivelada en el plano horizontal. Se colocan canales con una separación máxima de 1.20 m. colganteada al techo o la estructura de soporte con alambre galvanizado No 12. Se fijan los canales listón

en sentido transversal a las canaletas de carga, formando una retícula (Figura 3.15). Estos canales listón deben tener una separación según el panel de yeso a utilizar de 40.6 cm y se amarran a la canaleta de carga con alambre galvanizado No 16. Se rectifica el nivel de la retícula considerando el espesor del panel $\frac{1}{2}$ ". Para la instalación del panel de yeso en el bastidor metálico, se atornillan al canal listón con tornillos yeso metal de una 1" con una separación máxima de 20 cm. Las juntas que corresponden al extremo corto del panel se desfasan 61 cm mínimo. (Figura 3.16). El tratamiento de las juntas se realiza con el mismo procedimiento utilizado en los muros (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

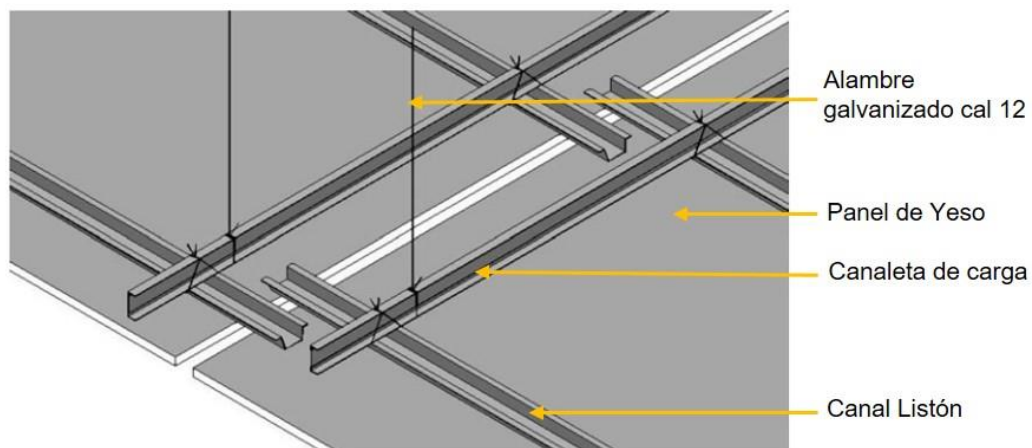


Fig. 3.15. Instalación y armado de canales de carga y listón en plafón de panel de yeso (USG CORPORATION, 2000 5ta Edicion).

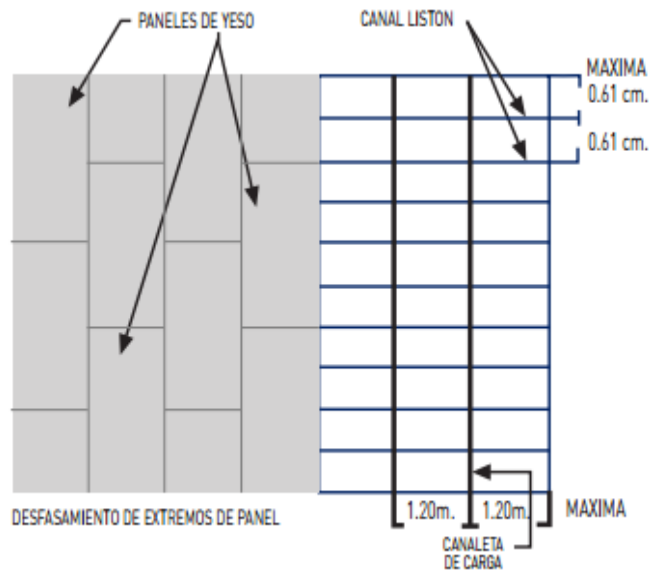
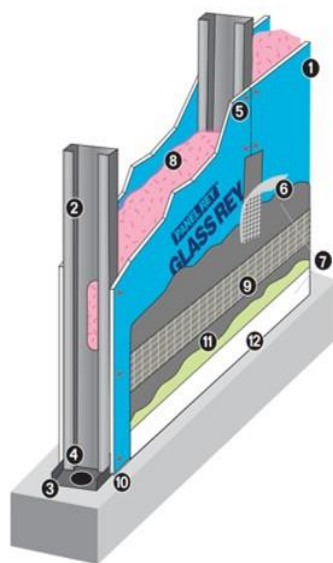


Fig. 3.16. Separación de retícula de carga y juntas de un plafón de panel de yeso (REY, 2016).

Fabricación de muros de placa de fibrocemento

Para la fabricación de muros con placa de fibrocemento se requieren los siguientes elementos: panel de fibrocemento, poste de acero galvanizado “C” cal. 20, canal de acero galvanizado “C” cal. 22, tornillo metal-metal punta de broca, tornillo cabeza punta de broca para cemento-metal, compuesto adhesivo para paneles de fibrocemento, cinta de fibra de vidrio resistente al álcali. Las herramientas que se requieren son una espátula para tratamiento de juntas, cerrotillo para corte del panel, tijeras para corte de lámina, tiralíneas, escorquina, nivel, taladro y brocas de ¼” para concreto y metal, martillo de carpintero y destornillador eléctrico o mecánico (Figura 3.17).



- 1.- Panel de fibrocemento
- 2.- Poste de carga cal 20
- 3.- Canal de amarre cal 22
- 4.- Tornillo Metal-metal punta de broca
- 5.- Tornillo cemento-metal punta de broca
- 6.- Cinta de fibra de vidrio para juntas
- 7.- Compuesto adhesivo para juntas en paneles de fibrocemento
- 8.- Aislante de fibra de vidrio
- 9.- Malla de fibra de vidrio
- 10.- Reborde "J"
- 11.- Sellador
- 12.- Acabado Texturizado

Fig. 3.17. Composición estándar muro de panel de fibrocemento (REY, 2016).

El procedimiento para el armado de bastidores es similar al utilizado en los muros fabricados con paneles de yeso. Cuando el bastidor es armado *in situ*, con el procedimiento antes descrito, se inicia por los canales superior e inferior posterior. Se colocan los postes o el pre armado del bastidor en taller o en campo (Figura 3.18) que, como ya se describió en este capítulo, consiste en habilitar el bastidor en un lugar diferente al de su construcción final. Una vez terminado este proceso se fija en la posición donde será utilizado. En ambos procedimientos, el único cambio que se realiza respecto al utilizado en la fabricación de muros con paneles de yeso es el espaciado de los postes, que en este caso son de 40.6 cm. como máximo.

En la instalación de la placa de fibrocemento, estas pueden tener una posición vertical u horizontal de manera indistinta. Las placas se deben fijar a lo largo de los postes del bastidor con tornillos cemento metal punta de broca, a una distancia entre ellos de 20 cm. Al igual que en el procedimiento para la instalación de paneles de yeso, no deben coincidir juntas verticales en un mismo poste por ambas caras.

En el caso de que se requiera cortar la placa, se debe cortar la malla de fibra de vidrio que cubre la cara rugosa y golpear para desprender el borde del corte, finalmente se corta la malla en la otra cara y se retira el panel. Por último, para el tratamiento de las juntas y tornillos, se requiere mezclar el adhesivo para paneles de fibrocemento, según las indicaciones del fabricante. Se instala la cinta de fibra de vidrio para paneles de fibrocemento.

Después de este proceso, se aplica una capa de adhesivo. Una vez que ha secado esta capa se procede a aplicar una nueva capa. Esta deja la superficie lista para recibir el acabado; en este caso, la aplicación de recubrimientos vinílicos como pintura. Las características del panel se dan para ser recubierto por algún acabado cerámico o pétreo (Figura 3.19) (REY, 2016).

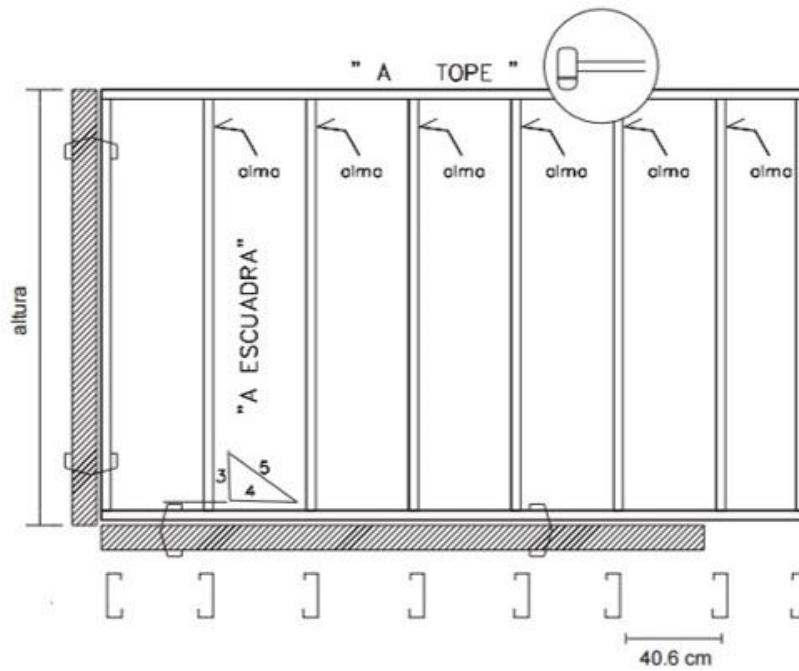
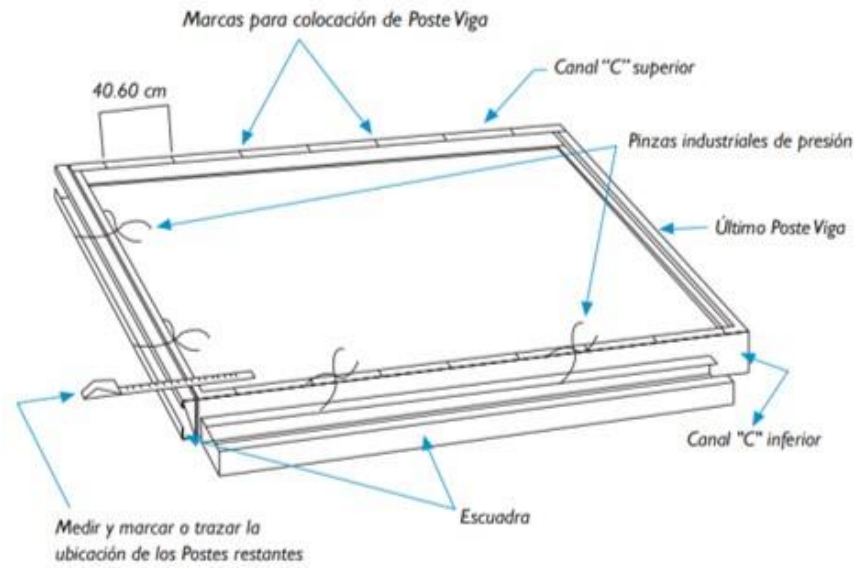


Fig. 3.18. Ensamble de bastidor prearmado para muro de panel de yeso y/o fibrocemento (REY, 2016).

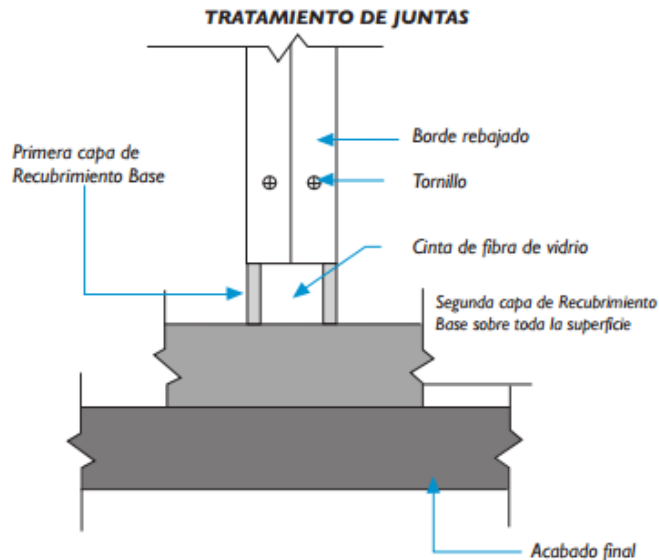


Fig. 3.19. Tratamiento de juntas en muro de panel de fibrocemento (REY, 2016).

Al examinar los componentes del sistema de construcción en seco, denominado también *drywall*, se puede notar la simplicidad de cada uno de sus elementos. Por ejemplo, el bastidor metálico armado en perfiles metálicos doblados en lámina es un material ligero y blando. Esta característica permite que sea fácil de doblar y ajustar a las dimensiones requeridas, pero se aprovecha la forma que tienen sus perfiles. Además, proporciona rigidez a la estructural, rigidez que es necesaria para ser un sistema autoportante.

La fijación del bastidor, las placas de yeso y las características de la tornillería (con cabezas punta de broca) permiten que la unión de estos elementos no requiera re trabajo en la perforación de los paneles y perfiles, de manera independiente. Características que pasa a ser una de las fortalezas del sistema, ya que solo requiere herramientas básicas, el procedimiento es simple y los materiales utilizados en su

elaboración son ligeros. Por lo tanto, no se requiere mano de obra especializada para su montaje; además, se pueden armar los bastidores en un lugar diferente a la obra *in situ*. Característica de la industrialización que permite mejorar el control de calidad en los elementos. Un punto a observar es que, a pesar de la simplicidad del sistema, es necesario realizar el procedimiento de montaje según las especificaciones del mismo, para minimizar la aparición de vicios ocultos en un futuro.

Al observar las características, fortalezas y desventajas del sistema, se concluye que este es un sistema apto para el diseño modular de vivienda, ya que se pueden aprovechar las tres características principales: la facilidad de montaje, el propio diseño modular de los elementos que permite su compatibilidad y la versatilidad del mismo, para ajustarse a las circunstancias de diseño requeridas. El diseño modular de vivienda se basa en las características de los elementos que la conforman.

En consecuencia, era importante identificar y especificar las características principales de este tipo de sistema. En el capítulo siguiente, se abordará la solución propuesta para el diseño de una vivienda modular, utilizando el sistema de construcción en seco con paneles de yeso y fibrocemento, a partir de las características del sistema expuestas en este capítulo.

Capítulo 4. Diseño de modulo y vivienda modular utilizando sistema constructivo en seco a base de panel de yeso y fibrocemento.

El proceso de diseño que se describe a continuación permite generar un elemento modular que se puede montar con el sistema constructivo en seco descrito en el capítulo anterior. Con el desarrollo de este módulo se implementa el diseño de una vivienda a través del ensamble de estos módulos, la intención del presente capítulo es describir el proceso de diseño del módulo tipo y el uso del mismo en el diseño de una vivienda básica acorde a la demanda de la autoconstrucción en México. Retomando las características principales de la industrialización de la vivienda, y el diseño arquitectónico habitacional.

En primer lugar se describe el proceso de diseño utilizado en el desarrollo de estos elementos (Figura 4.1) en el identificaremos primeramente la demanda, con ello resolvemos que se pretende solucionar un programa de necesidades básico según los lineamientos del Código Reglamentario del Municipio de Puebla en el artículo 768 que, entendiendo como vivienda “aquella construcción que tenga por lo menos una pieza habitable con servicios de cocina y baño” por ello el programa arquitectónico básico está dado por los siguientes espacios:

1.- Dormitorio

2.- Cocina

3.- Baño completo (lavabo, wc y regadera)



Fig. 4.1. Etapas del proceso empleado en el diseño del módulo tipo (esquema elaborado por el autor)

A partir de este programa se desprenderán los espacios habitables agregados, dependiendo de la disposición de las necesidades y los módulos anexados.

El enfoque, como se ha descrito a lo largo del presente documento se busca generar elementos modulares esto con el objetivo de ser ensamblados y crecer de una manera particular atendiendo las condiciones del emplazamiento y el usuario. El planteamiento arquitectónico nos lleva a considerar tres variables del diseño a para evaluar el diseño como eficiente dirigido a solucionar la calidad de la vivienda de autoconstrucción. Funcionalidad, Proceso constructivo y

Estética arquitectónica de los espacios. El desarrollo del planteamiento arquitectónico nos propone el diseño de un módulo y tres variantes del uso propuesto para este módulo en la disposición y emplazamiento del módulo de vivienda. En el desarrollo del proyecto se genera la información técnica necesaria para la ejecución del módulo seleccionado.

El modulo propuesto parte del análisis del sistema constructivo a utilizar, en primer lugar se observa que las dimensiones de los elementos que componen el sistema de muro seco, postes, canales, y paneles (yeso y fibrocemento) se expresan en unidades del sistema métrico inglés, también existe concordancia entre las longitudes de postes, canales y el largo y alto de los paneles, las dimensiones que se repiten son 2.44m. en el largo de postes, canales y para los paneles se observa el 1.22 m. para el ancho de paneles, y 2.44 m. para su longitud que representa 2 veces el ancho de los mismos, esto permite generar un módulo utilizando estos elementos. (Figura 4.2, 4.3 y 4.4)

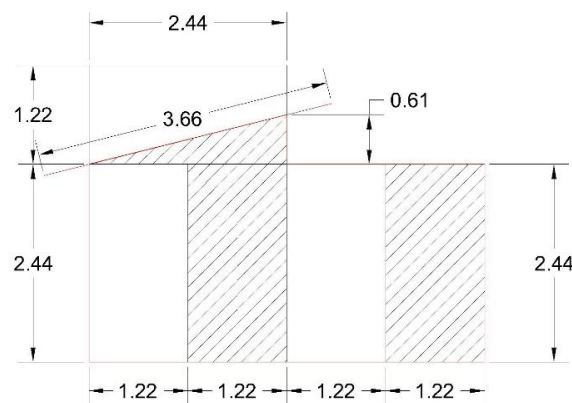


Fig. 4.2. Alzado Frontal y dimensiones de modulo tipo (esquema elaborado por el autor)

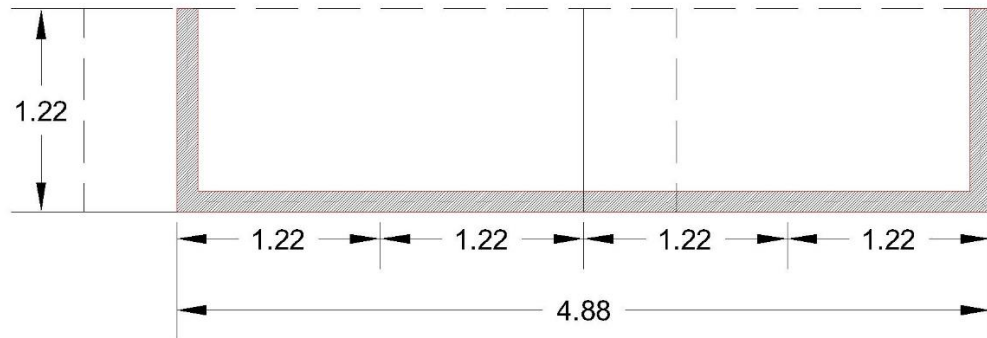


Fig. 4.3. Planta y dimensiones de modulo tipo (esquema elaborado por el autor)

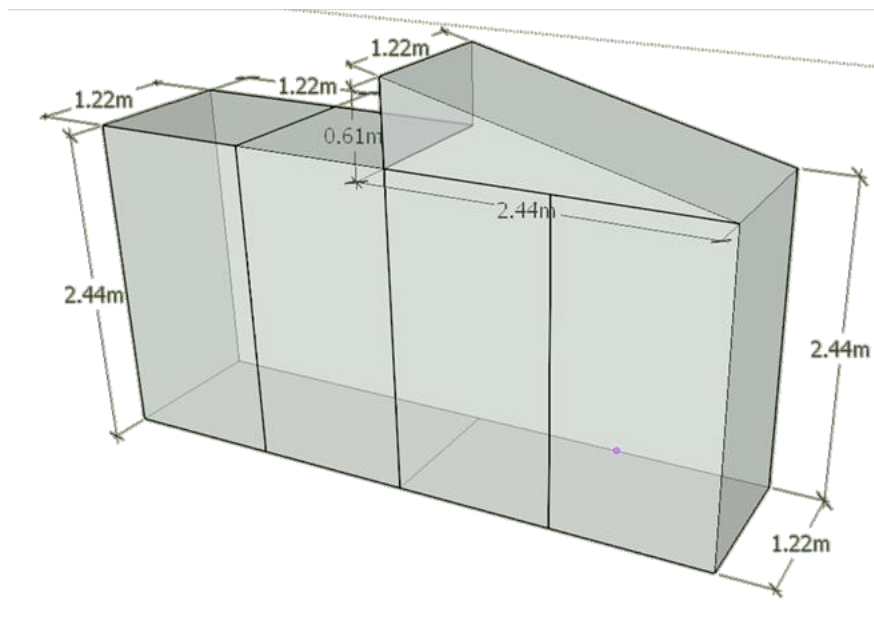


Fig. 4.4. Esquema Isométrico y dimensiones de modulo tipo (esquema elaborado por el autor)

El modulo básico que denominaremos modulo “A” a través de la repetición del tipo genera una vivienda básica, con un área total de 23.81 m² y un programa arquitectónico que consta de un dormitorio, una cocina, un comedor y un baño completo (wc, lavabo y regadera). (Figura 4.5)

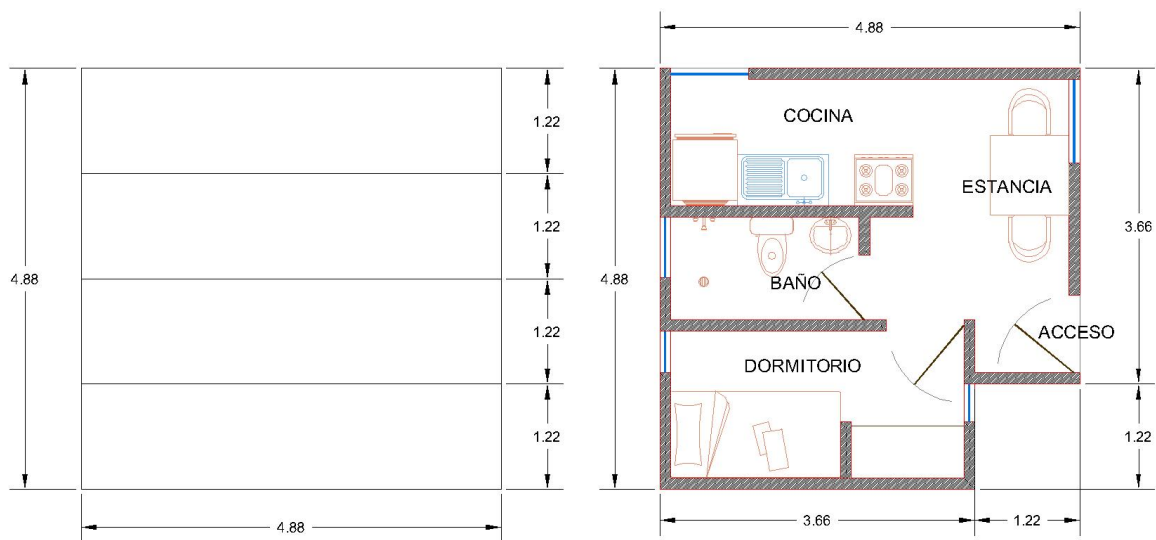


Fig. 4.5. Repetición de módulo tipo “A” e implementación en Planta Arquitectónica de vivienda básica (esquema elaborado por el autor)

El siguiente esquema amplía el esquema de la vivienda básica con dos módulos tipo “A” adicionales, esto genera tres opciones de disposición arquitectónica según las necesidades a solventar. Esta propuesta genera una vivienda que contiene 35.70 m² habitables. El programa arquitectónico en esta variante permite ampliar y generar una estancia con sala comedor, o un dormitorio con dimensiones suficientes para albergar una cama matrimonial. (Figura 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9)

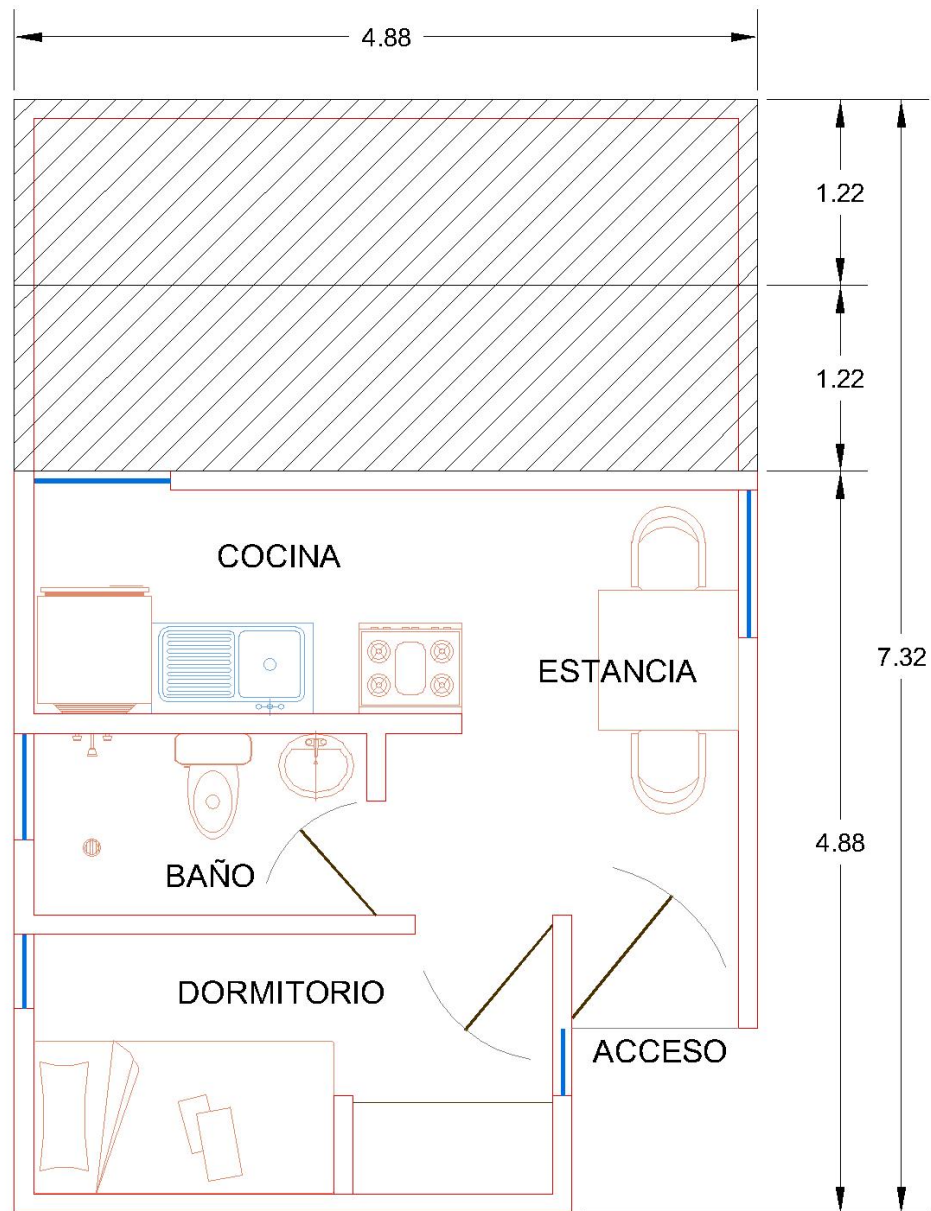


Fig. 4.6. Ampliación de vivienda básica utilizando modulo "A" en Planta Arquitectónica de vivienda básica (esquema elaborado por el autor)

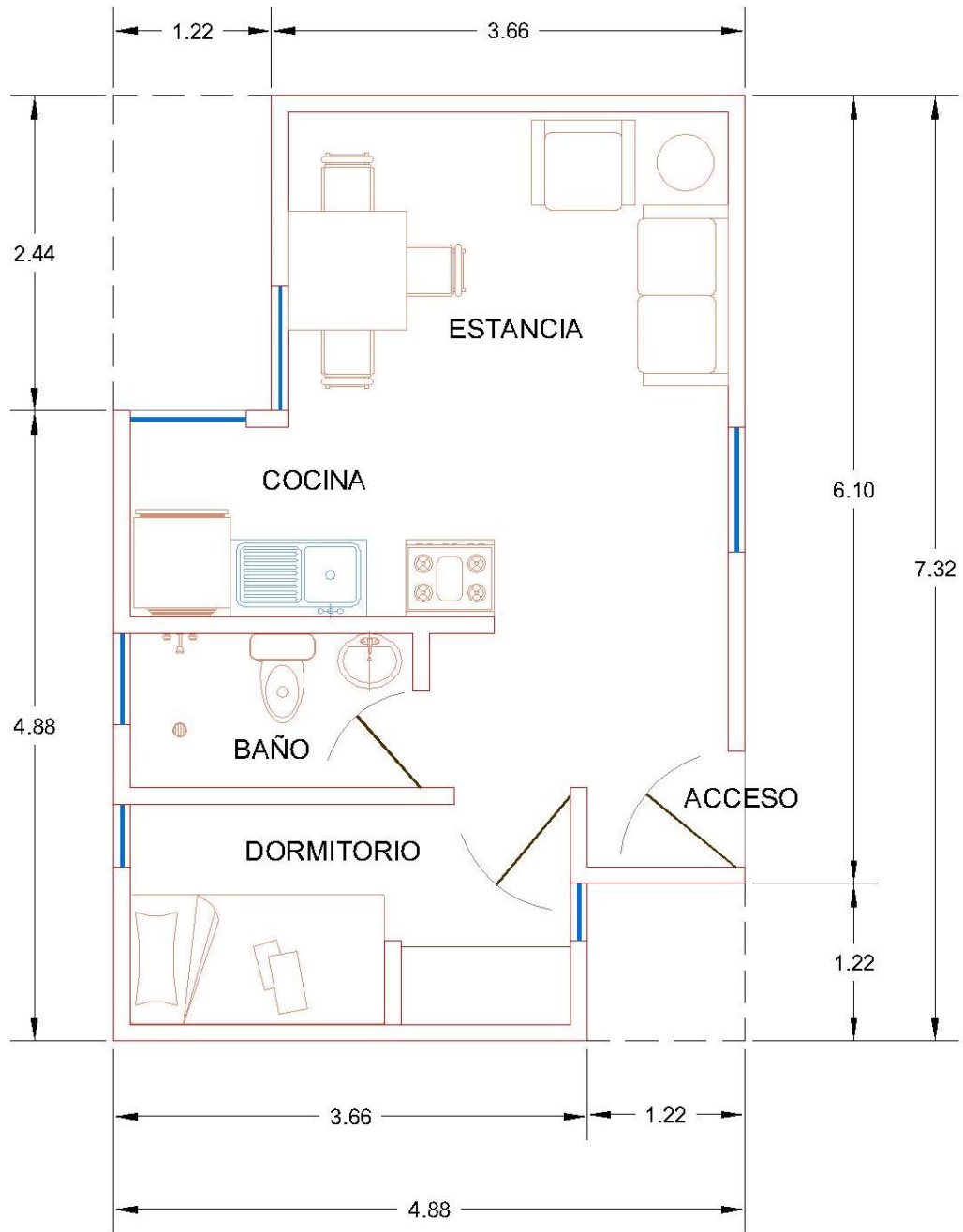


Fig. 4.7. Opción I Ampliación de vivienda básica utilizando modulo "A" en Planta Arquitectónica de vivienda básica generación de estancia sala-comedor (esquema elaborado por el autor)

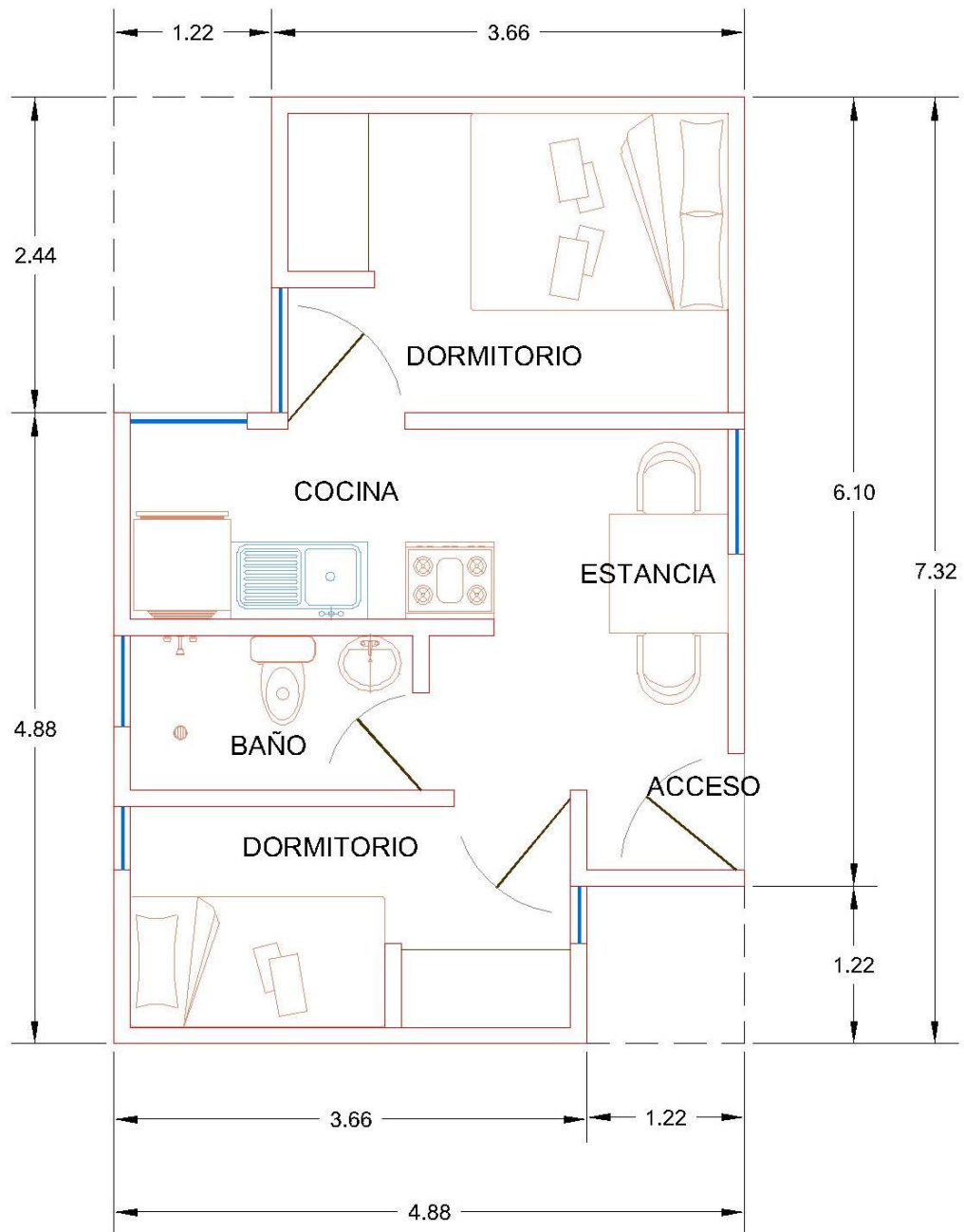


Fig. 4.8. Opción II Ampliación de vivienda básica utilizando modulo "A" en Planta Arquitectónica de vivienda básica generación de dormitorio adicional (esquema elaborado por el autor)

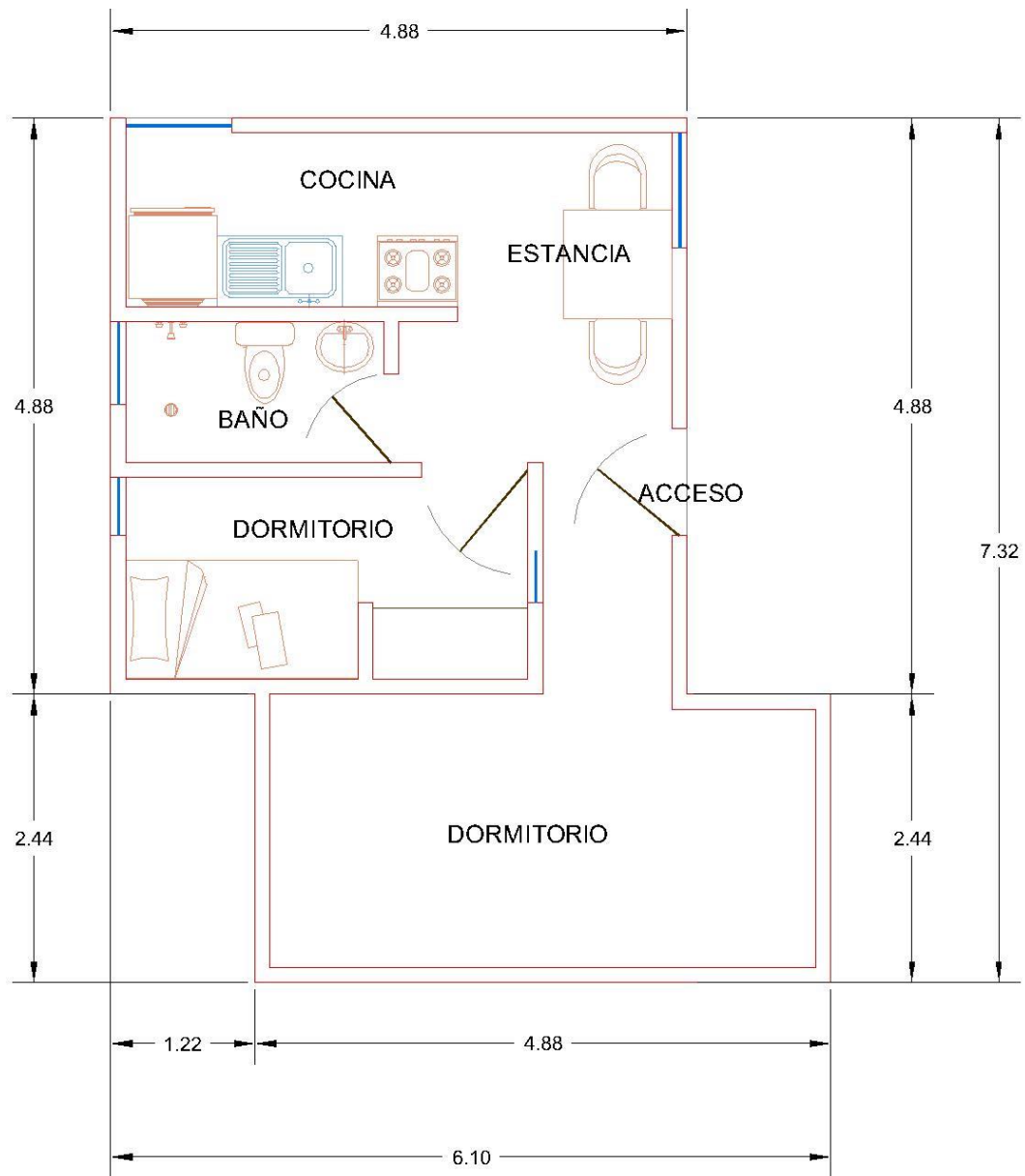


Fig. 4.9. Opción III Ampliación de vivienda básica utilizando modulo "A" en Planta Arquitectónica de vivienda básica generación de dormitorio adicional (esquema elaborado por el autor)

En la tercera propuesta para adicionar espacios a la vivienda básica se utilizan cuatro módulos tipo "A" esto permite generar una vivienda con 47.62 m² el programa arquitectónico queda conformado por una cocina, sala-comedor, baño completo (wc, lavabo y regadera) y dos dormitorios con guardarropa. (Figura 4.10 y 4.11)

Con el análisis de los diferentes partidos arquitectónicos podemos concluir que el desarrollo de vivienda a partir de un módulo tipo permite flexibilidad en los espacios una característica necesaria para evaluar la modulación como adecuada este tipo de sistema podría ser implementado en viviendas con un mayor número de metros cuadrado pero según se plantea el desarrollo de un proyecto de autoconstrucción está basado en edificios no mayores a 50 m² esto define una barrera entre el nivel de adquisición de sus habitantes y el habitante de una vivienda de interés social.

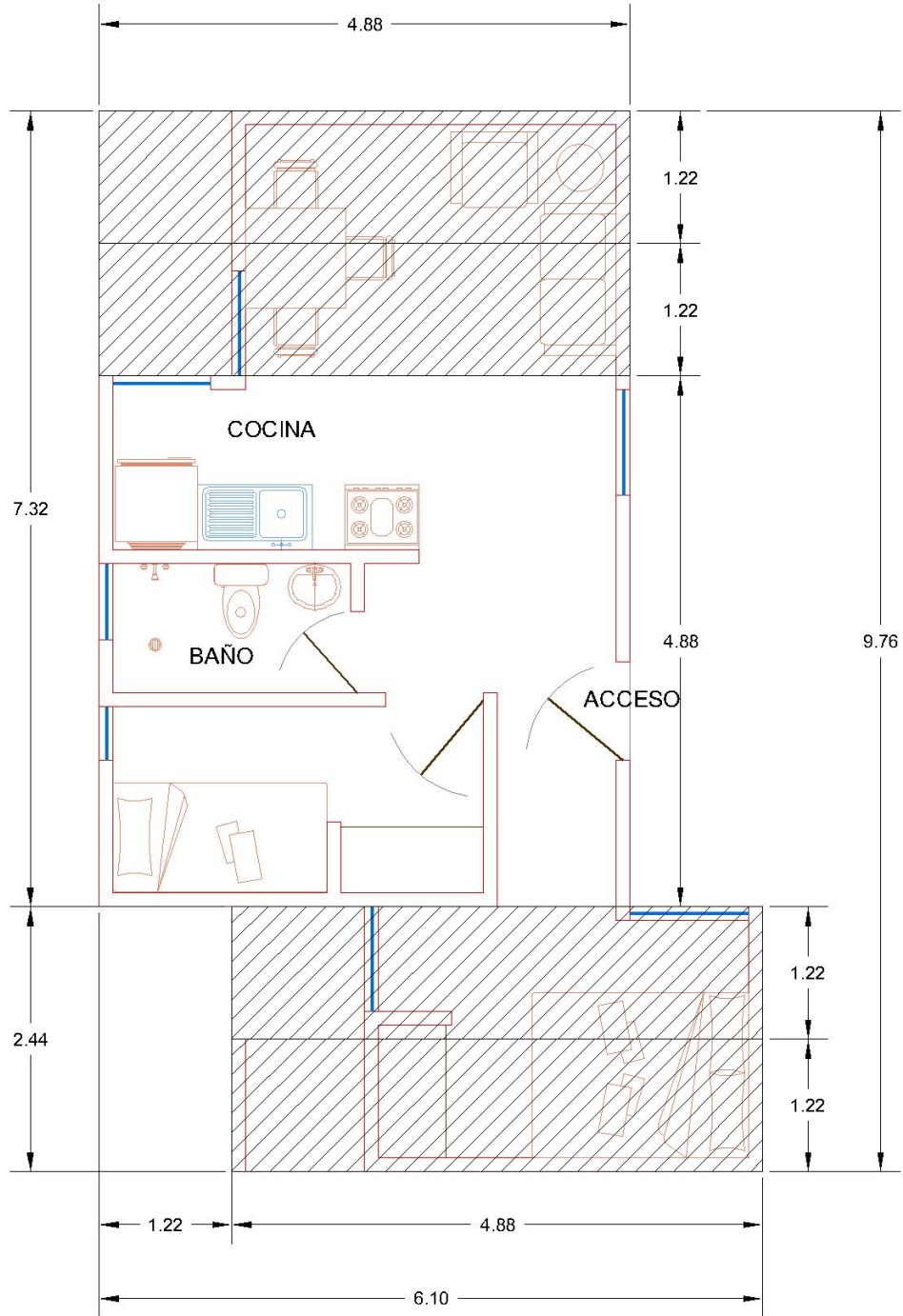


Fig.4.10. Ampliación de vivienda básica utilizando modulo "A" en Planta Arquitectónica de vivienda básica generación de dormitorio adicional y estancia con sala-comedor (esquema elaborado por el autor).

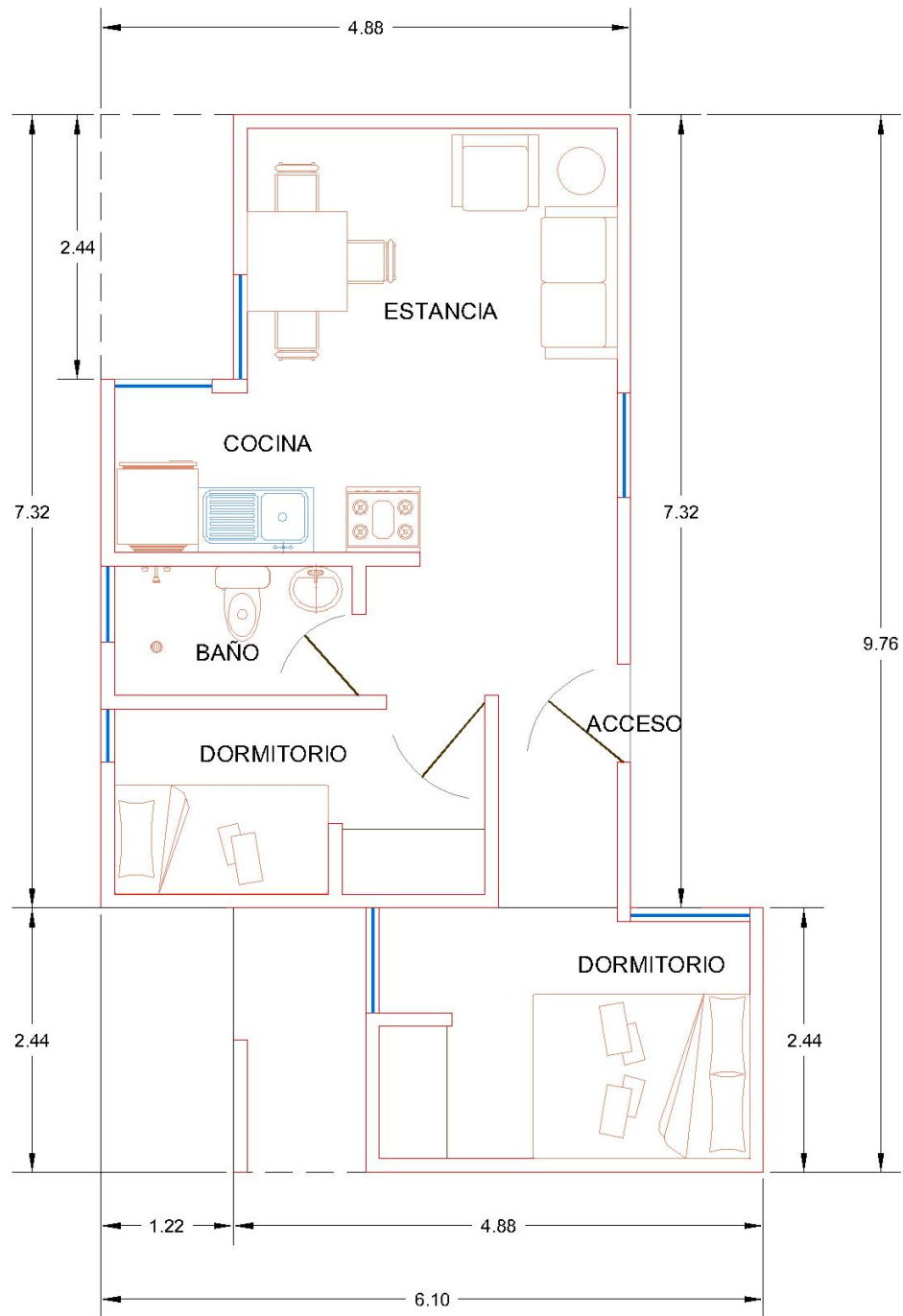


Fig. 4.11. Ampliación de vivienda básica utilizando modulo "A" en Planta Arquitectónica de vivienda básica generación de dormitorio adicional y estancia con sala-comedor (esquema elaborado por el autor).

CONCLUSIONES

- a) A través del análisis de los sistemas constructivos en seco y su implementación en la construcción de vivienda se puede inferir que los sistemas de construcción en seco actuales tienen características y propiedades aptas para ser utilizados en la vivienda de autoconstrucción.
- b) Por otro lado el estudio de las características de los elementos que componen la construcción en seco permite diseñar y desarrollar vivienda flexible, adaptable a la necesidad de los usuarios y auto construible características que permiten la mejora en tiempo, costo y calidad en estas edificaciones.
- c) La autoconstrucción como alternativa da acceso a la población vulnerable a la adquisición de un patrimonio tangible como lo es la vivienda.
- d) Como consecuencia la participación de profesionales en diseño y construcción se generan espacios dignos.
- e) Es necesaria la participación activa de los habitantes con el término autoconstrucción, gracias al sencillo sistema de ensamblaje del sistema de muro seco con paneles de yeso y fibrocemento.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia, E. R. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Madrid, España: RAE.
- Bender, R. (1996). *Una vision de la construccion industrializada* . Barcelona : Gustavo Gili.
- CASAS CUBE. (10 de FEBRERO de 2016). *CASAS PREFABRICADAS CUBE*. Obtenido de <http://casasprefabricadascube.com/>
- Cepeda, J. T. (2008). *Solarkit. Una vivienda desmontable y energéticamente autosuficiente*. Sevilla: Universidad de Sevilla .
- Comex de Mexico. (20 de Febrero de 2016). *Plaka*. Obtenido de Plaka: www.plaka.com.mx
- Dannemann, R. (2007). *Steel Framing Ingeniería*. Mexico: AHMSA.
- Dircio, J. M. (2011). México y la construcción industrializada. *IMCYC*.
- Eternit. (s.f.). *Sistema constructivo en seco: Eternit Manual Técnico* . Colombia.
- HOME 3. (20 de FEBRERO de 2016). *CASAS MODULARES HOME 3*. Obtenido de <http://www.viviendas-modulares.es/>
- Lascurain, H. C. (1973). *La prefabricacion y la vivienda en México*. Universidad Nacional Autónoma de México: Centro de investigaciones arquitectónicas.
- LOFT FACTORY. (3 de FEBRERO de 2016). *NOMADHOME*. Obtenido de <http://www.nomadhome.com/>
- Martinez, I. (2011). Viviendas transportables Fred y Su-Si. *Tectonica*.
- Mesa Directiva de la Comisión de Vivienda de la LIX Legislatura de la Camara de Diputados . (s.f.). *La situación de la Vivienda en la perspectiva de una reforma legislativa*. Universidad Iberoamericana.
- PRODEIN. (s.f.). *Historia de la placa de yeso*. Recuperado el 6 de Enero de 2016, de Prodein Reformas y Diseño: www.prodein.com
- Público, D. (28 de Febrero de 2016). *Diseño Modular: Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: www.wikipedia.com
- Resan Modular. (Diciembre de 2014). *Historia de las viviendas Modulares: ¿Donde nacieron?* Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de Resan Modular: blog.resanmodular.com
- REVISTA CLADDING. (2015). FIBROCEMENTO EQUITONE. *CLADDING*, 4-13.
- REY, P. (2016).
- s.f. (6 de ABRIL de 2016). *Diseño Modular*. Obtenido de WIKIPEDIA: https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_modular

Secretaria de Desarrollo Social-CONAFOVI. (2006). *Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006*.

STEELFRAMING.COM. (2012). *¿Que es el steel framing?* Recuperado el mayo de 2016, de STEEL FRAMING: www.steel framing.com.uy

Tectonica. (20 de Noviembre de 2013). *Sistema Moduli*. Recuperado el 2 de Abril de 2016, de Tectonicablog: tectonicablog.com

UAM Azcapotzalco. (2003). *La evolucion de la vivienda en México y los cambios que se requieren para mejorar su calidad y habitabilidad*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

UAM AZCAPOTZALCO. (s.f.). *LA EVOLUCIÓN DE LA VIVIENDA EN MÉXICO*.

USG CORPORATION. (2000 5ta Edicion). *The Gypsum Construction Handbook*. USA: USG Corporation.

Wikipedia. (2 de Mayo de 2015). *Balloon Frame*. Recuperado el 25 de Enero de 2016, de Wikipedia: www.wikipedia.com

Wikipedia. (12 de Marzo de 2016). *Fibro cemento*. Recuperado el 5 de Abril de 2016, de Wikipedia: www.wikipedia.com

ANEXOS





ANEXO A:

**Tabla de fijaciones mecánicas para
paneles y bastidor**

ANEXO A

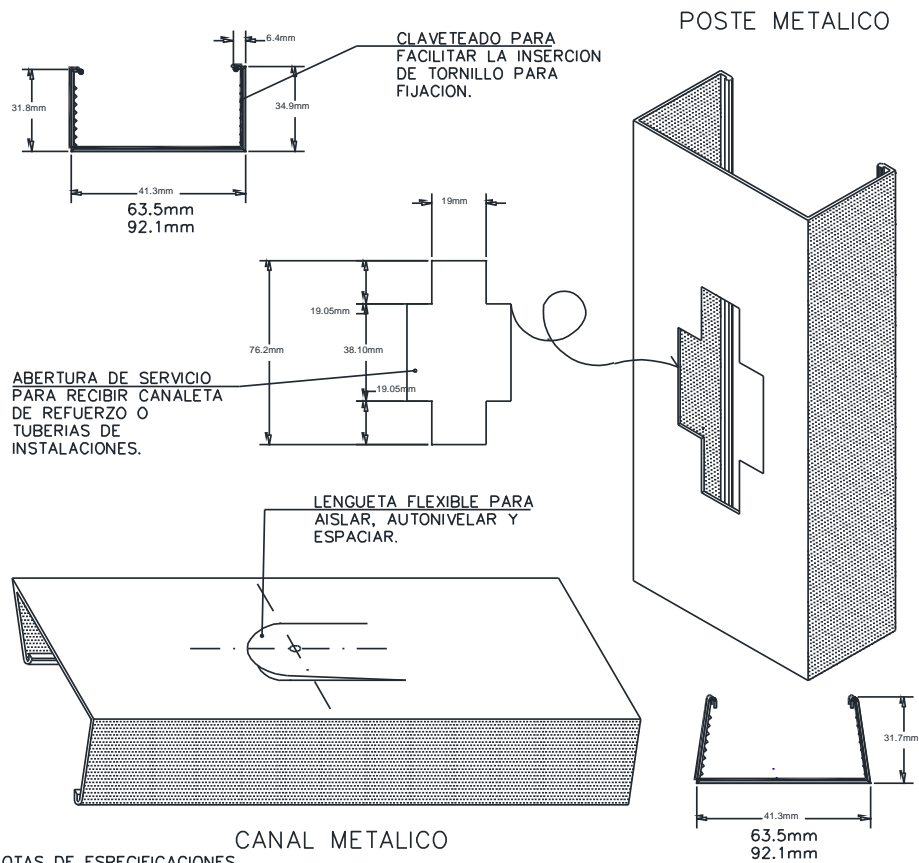
SISTEMAS DE ANCLAJE Y FIJACIÓN

Tornillos de acero en diversos calibres y puntas para su idónea utilización en los sistemas de yeso o fibrocemento

TIPO	DETALLE GRAFICO	CLASE	CABEZA	GUIA	LONGITUD	CALIBRE	PUNTA	CAPA	Descripción
Metal-metal 20 (estructural)		Metal pesado cal 20 y 22	Wafer	Philips No 2	1/2 "	No. 8	Broca	Zinc galvanizado	Tornillo metal-metal 20 Tornillo de 8x1/2". Utilizado para unir postes cal. 20 y canales cal. 22 entre sí, formando así los bastidores para la placa de yeso y/o placa de cemento.
Metal-Metal 26		Metal ligero cal 26	Wafer	Philips No 2	1/2 "	No. 8	Fina	Zinc galvanizado	Tornillo metal-metal 26 Tornillo de 8x1/2". Utilizado para unir postes cal. 26 y canales cal. 26 entre sí, formando así los bastidores para la placa de yeso.
Yeso-Metal 26		Metal pesado	Cónica	Philips No.2	1" y 1 5/8 "	No. 6	Fina	Fosfato	Tornillo yeso-metal 26-1" Tornillo de 6x1". Utilizado para unir la placa de yeso a postes metálicos cal. 26, canales de amarre cal. 26 y canales listón cal. 26. Tornillo yeso-metal 26-1 5/8" Tornillo de 6x1 5/8". Utilizado para unir 2 placas de yeso a postes metálicos cal. 26, canales de amarre cal. 26 y canales listón cal. 26.
Yeso-Metal 20		Metal pesado	Cónica	Philips No.2	1"	No. 6	Broca	Fosfato	Tornillo metal-metal 20 Tornillo de 8x1/2". Utilizado para unir postes cal. 20 y canales cal. 22 entre sí, formando así los bastidores para la placa de yeso y/o placa de cemento.
Tornillo Bunker cemento-metal 20		Metal pesado (Cal.20)	Plana con gavilanes de frenado	Philips No.2	1 1/4" 1 5/8"	No.8	Broca	Cerámico	Tornillo Bunker cemento-metal 20 Tornillo de 1 1/4" y 1 5/8" (para doble capa). Utilizado para unir la placa de cemento a los postes estructurales cal. 20 y canales listón cal. 20.

ANEXO B:

Detalles constructivos sistema de Muro Seco



NOTAS DE ESPECIFICACIONES
MURO DE TABLAROCA

1. POSTE METALICO

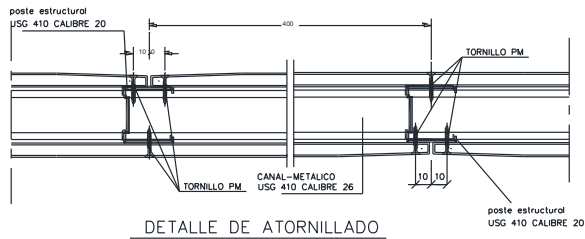
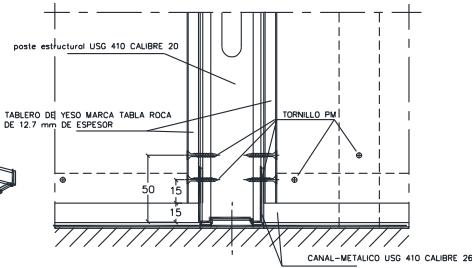
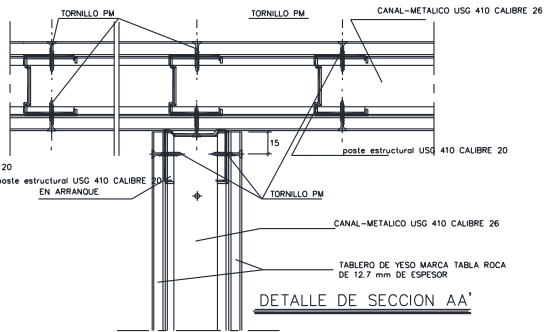
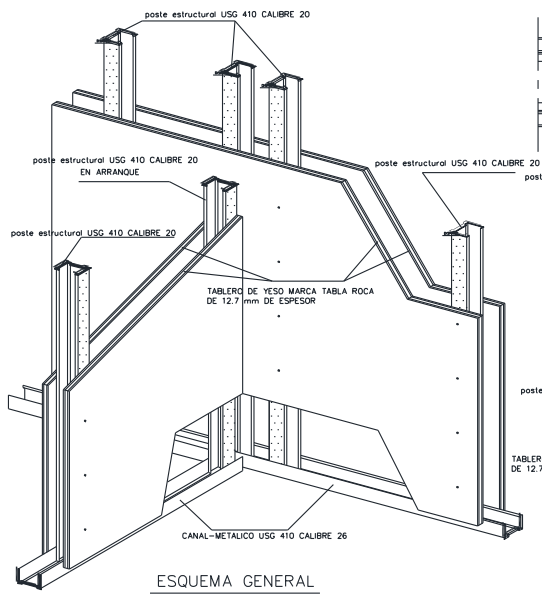
LOS LARGOS COMERCIALES SON 2.40 MTS, 3.00 MTS Y 3.60 MTS. CADA POSTE METALICO ES IDENTIFICADO CON SIGLAS DE CLASIFICACION. LOS COSTADOS DEL POSTE TIENEN UN CLAVETEADO A TODO LO LARGO PARA FACILITAR LA INSERCIÓN DE LOS TORNILLOS QUE SE USAN EN LA FIJACION DEL TABLAROCA. LOS POSTES METALICOS ESTAN PROVISTOS DE APERTURAS DE SERVICIO COMO LAS ILUSTRADAS, PARA RECIBIR LAS CANALETAS DE REFUERZO O LAS TUBERIAS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS O ELECTRICAS. EN LOS POSTES DE 41.3 MM (1 5/8"), ESTAS ABERTURAS SON RECTANGULARES DE 19 MM (3/4") x 44.4 MM (1 3/4").

2. CANAL METALICO

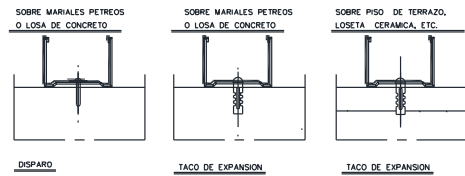
EL CANAL METALICO ESTA DISPONIBLE EN LARGOS DE 3.00 MTS EN LOS MISMOS ANCHOS DE LOS POSTES METALICOS. SE ENCUENTRAN TAMBIEN IDENTIFICADOS CON SIGLAS.

LOS COSTADOS ESTAN CLAVETEADOS EN FORMA SIMILAR A LOS POSTES. DISPONE DE LENGUETAS FLEXIBLES A INTERVALOS DE 20 CMS QUE SIRVEN PARA TRES PROPOSITOS:

- a) AISLAR EL MURO DIVISORIO DE LOS ESFUERZOS PROVOCADOS POR LAS DEFORMACIONES EN LAS LOSAS DEBIDO AL MOVIMIENTO NORMAL DE LA ESTRUCTURA DE LOS EDIFICIOS. A MENOS QUE TALES MOVIMIENTOS (COMO LOS ASENTAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA), LLEGUEN A SER REALMENTE GRAVES, ESTA LENGUETA PROTEGE AL MURO CONTRA LOS AGRIETAMIENTOS.
- b) "AUTO-NIVELAR" LA ARMADURA DEL MURO DURANTE LA INSTALACION. COMPORTANDOSE COMO CUÑAS FLEXIBLES, LAS LENGUETAS DAN DE SI LO SUFICIENTE PARA ABSORBER DESNIVELES EN EL PISO, SIMPLIFICANDO ASI LA EJECUCION DEL TRABAJO.
- c) "ESPACIAR AUTOMATICAMENTE" LOS FIJADORES SIN NECESIDAD DE MEDICIONES NI CONJETURAS, DE ESTE MODO EL MURO DIVISORIO QUEDA FIRMEMENTE SUJETO A LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO, OBTENIENDOSE ASI LA RESISTENCIA REQUERIDA.



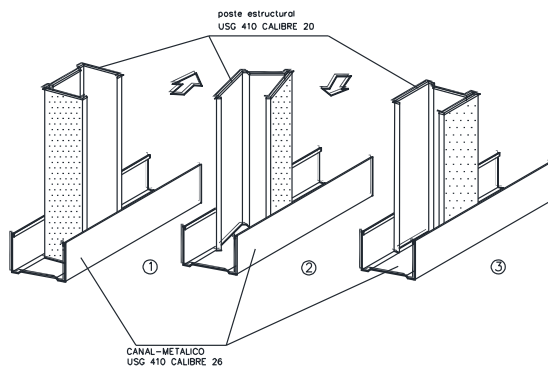
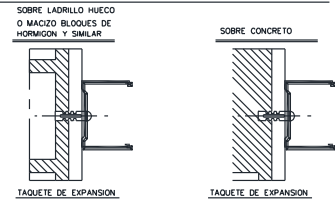
FIJACION DEL CANAL DE SUELO



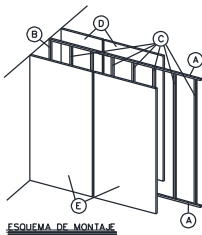
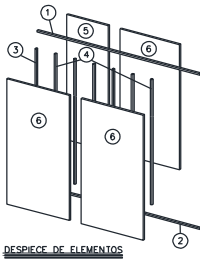
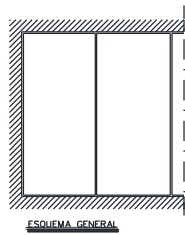
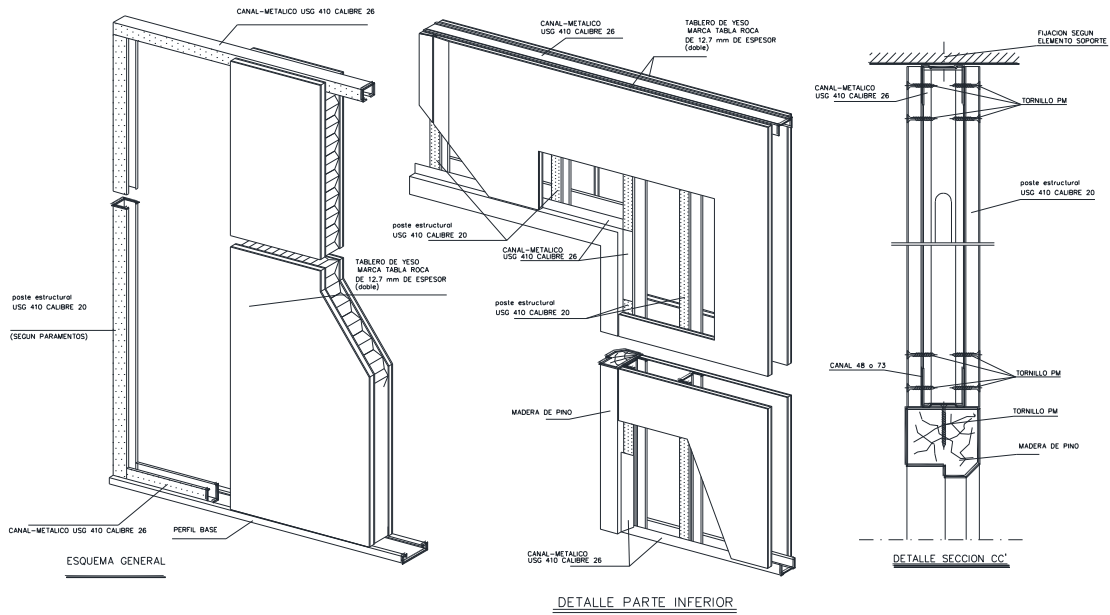
FIJACION DEL CANAL DE TECHO



FIJACION DEL POSTE DE ARRANQUE



DETALLE DE MONTAJE DE LOS POSTES METALICOS

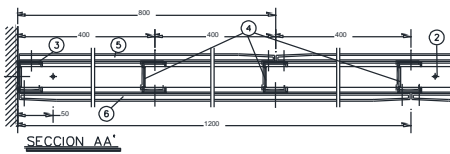
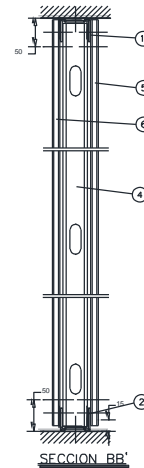
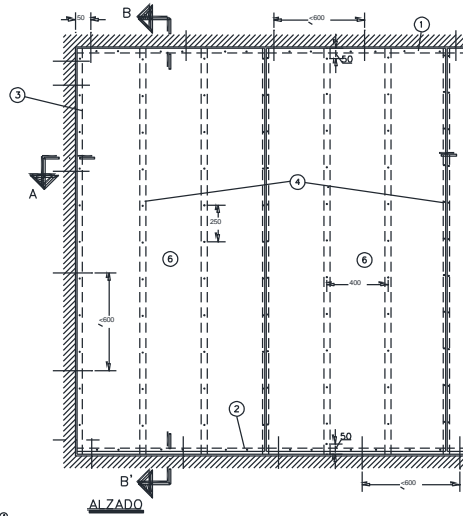


ELEMENTOS

- ① CANAL-METALICO USG 410 CALIBRE 26
- ② CANAL-METALICO USG 410 CALIBRE 26
- ③ poste estructural USG 410 CALIBRE 20
- ④ poste estructural USG 410 CALIBRE 20
- ⑤ TABLERO DE YESO MARCA TABLA ROCA DE 12,7 mm DE ESPESOR
- ⑥ TABLERO DE YESO MARCA TABLA ROCA DE 12,7 mm DE ESPESOR

ORDEN DE MONTAJE

- (A) COLOCACION DE CANALES DE SUELO Y TECHO. Ⓞ y Ⓞ
- (B) COLOCACION Y FIJACION DEL POSTE DE ARRANQUE Ⓞ
- (C) COLOCACION DE LOS MONTANTES-
- (D) COLOCACION Y ATORNILLADO DE LOS TABLEROS DE YESO MARCA TABLA ROCA DE 12,7 mm DE ESPESOR
- (E) COLOCACION Y ATORNILLADO DE LAS PLACAS DE LA OTRA CARA.

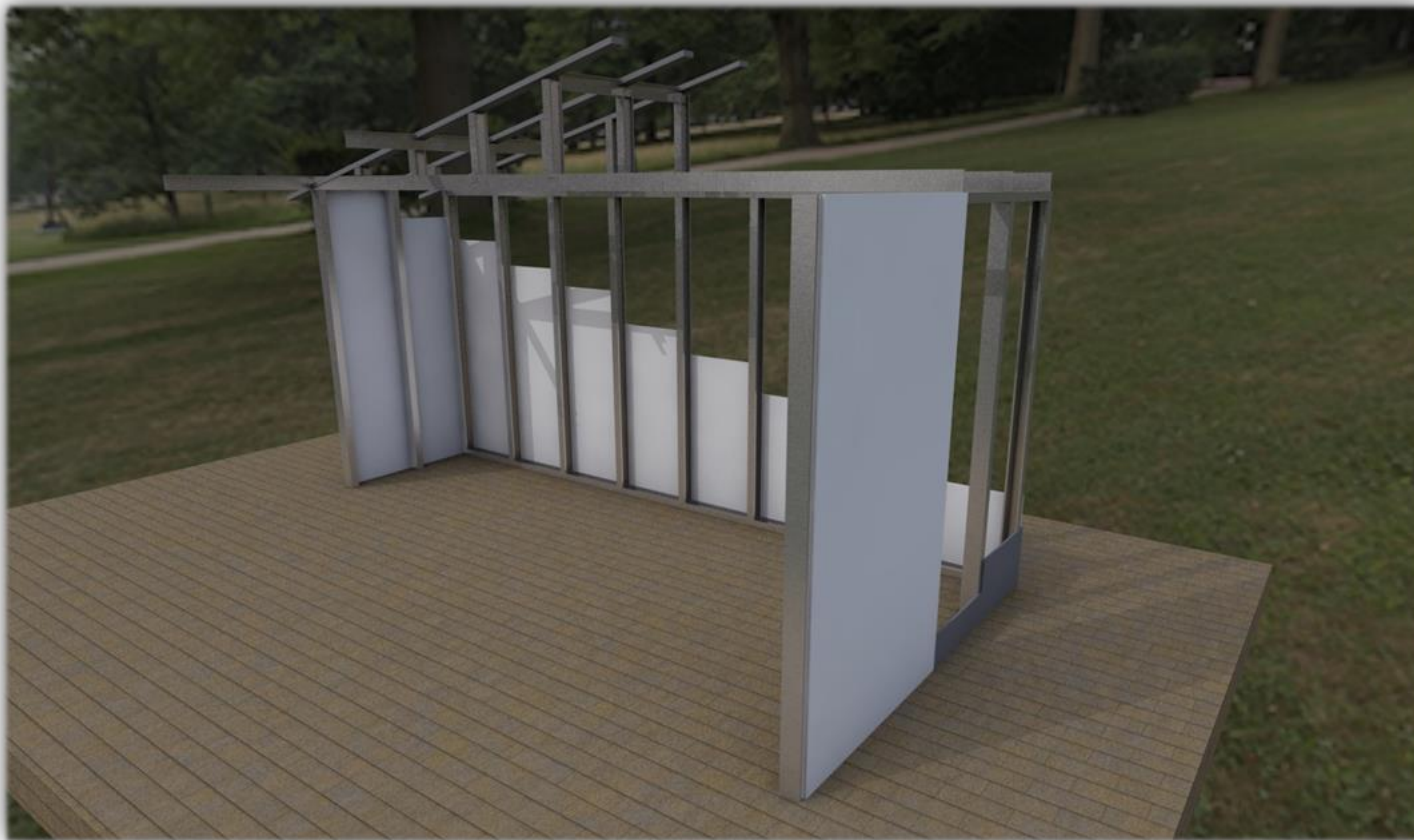


ANEXO C:

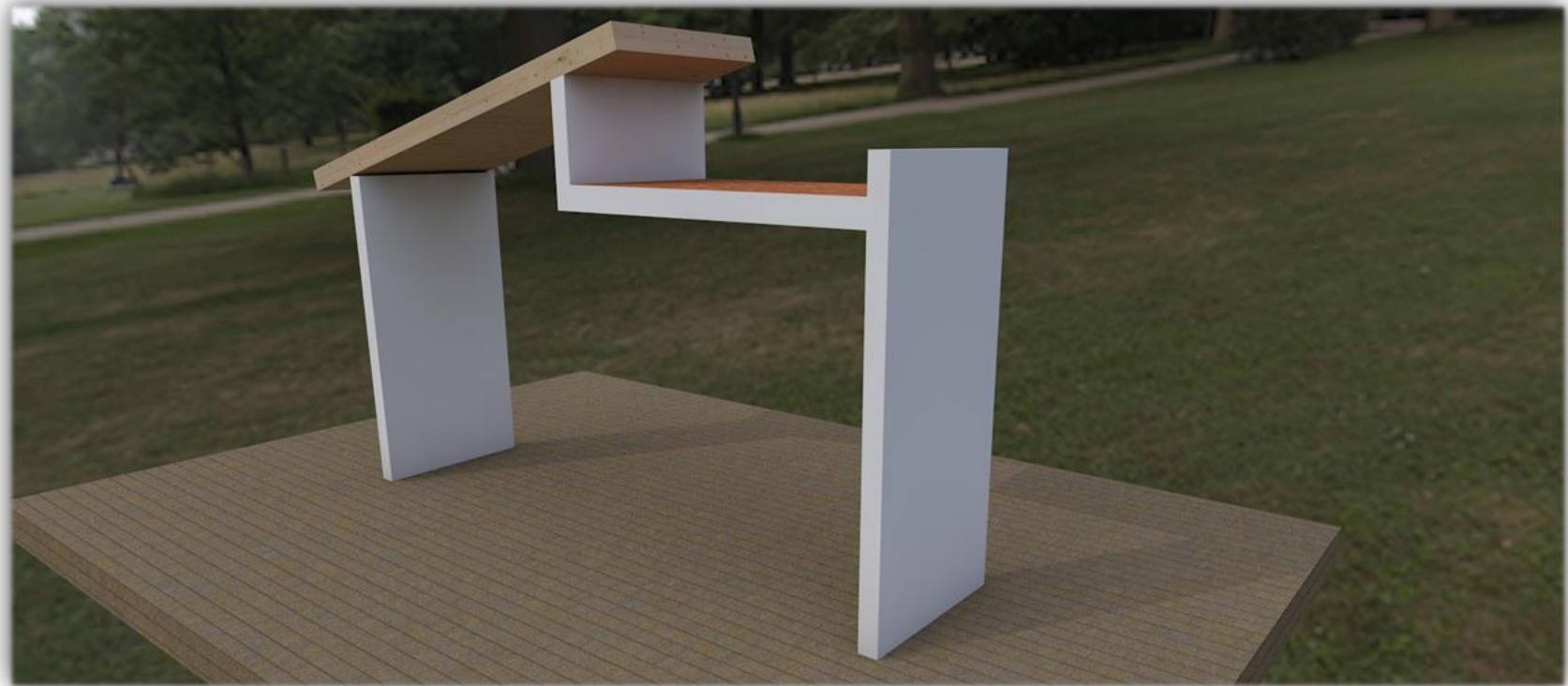
Apuntes perspectivas del Diseño de Vivienda Modular Propuesta



APUNTE PERSPECTIVO ESTRUCTURA DE MODULO "A"



APUNTE PERSPECTIVO ESTRUCTURA DE MODULO "A"



APUNTE PERSPECTIVO MODULO "A"



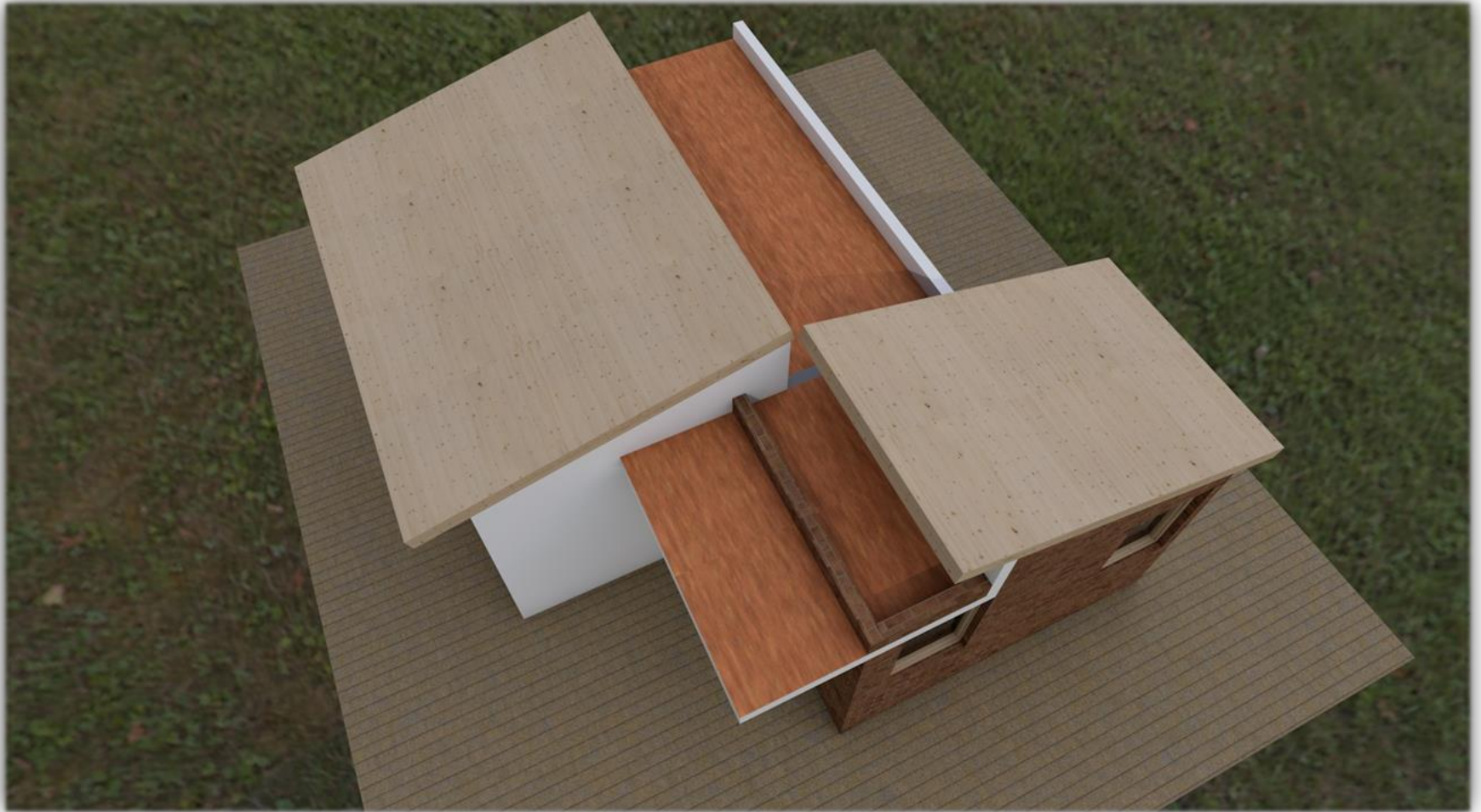
APUNTE PERSPECTIVO PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA



VISTA AEREA PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 4 MODULOS



APUNTE PERSPECTIVO PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 2 MODULOS



VISTA AEREA PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 2 MODULOS



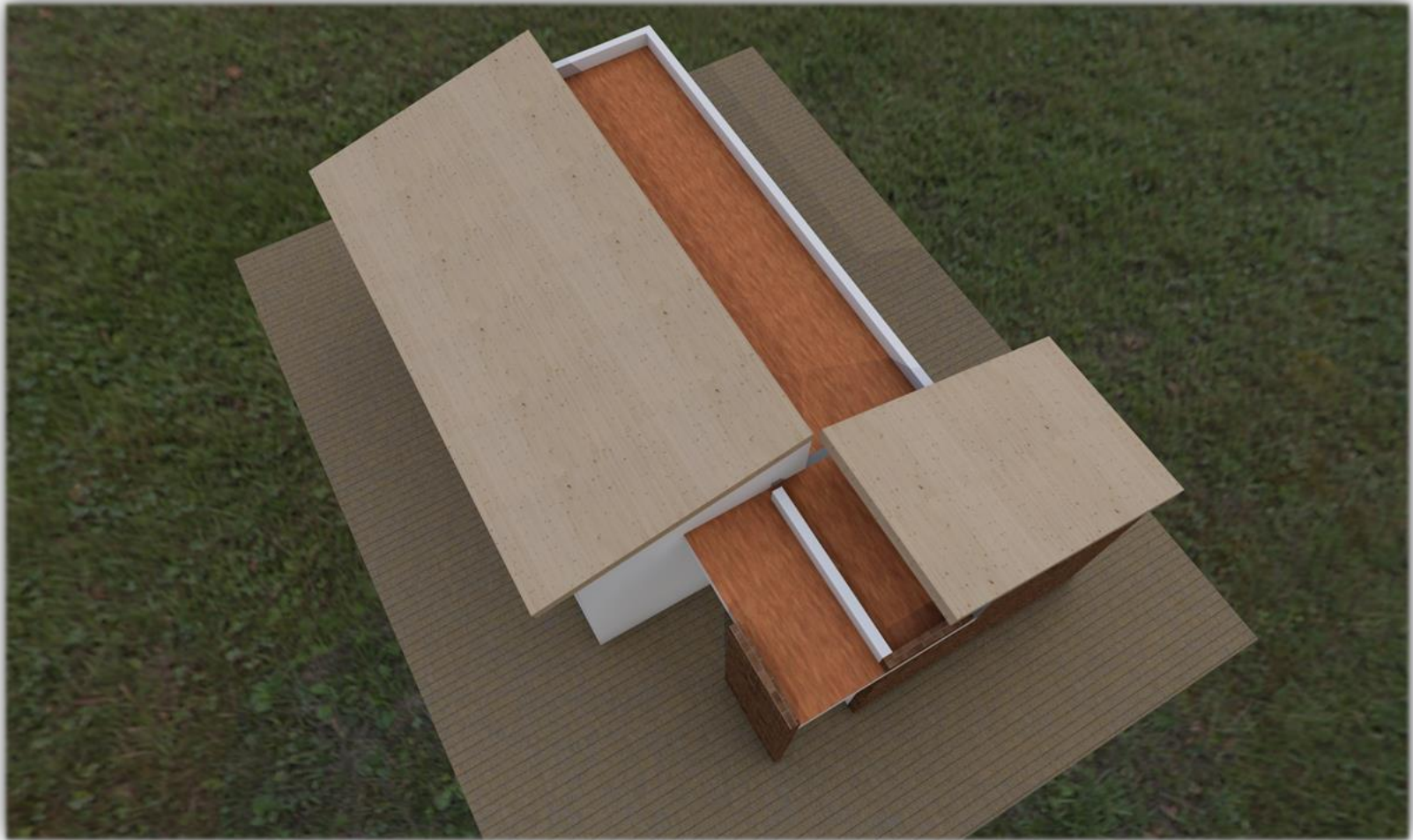
APUNTE PERSPECTIVO PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 4 MODULOS



APUNTE PERSPECTIVO PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 4 MODULOS



APUNTE PERSPECTIVO PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 4 MODULOS



VISTA AEREA PROPUESTA DE VIVIENDA BÁSICA + 4 MODULOS