

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN

La construcción es una actividad ligada inseparablemente a las necesidades humanas, las técnicas de la construcción se desarrollaron cuando el trabajo era relativamente barato y los materiales relativamente caros; con el paso del tiempo, el precio de la mano de obra se encareció con relación a los materiales. Según lo expone [Reid, 1980], fue un cambio que se aceleró mucho en ciertas épocas (por ejemplo, en tiempos de guerra) lo cual promovió intentos para reducir los costes a través de la introducción de nuevas técnicas y de nuevos materiales que buscaban la reducción del gasto en la mano de obra. Desde la década de los 60 hasta la actualidad los costos de la construcción han aumentado considerablemente, una de las principales razones es la mayor demanda y la escasez de mano de obra especializada. Para cambiar esta tendencia se han intentado implementar procesos rápidos y eficientes, para así lograr una mayor industrialización en el campo.

La incorporación de nuevos sistemas constructivos con materiales poco usuales en el medio, métodos de ejecución diferentes a la construcción tradicional, llevan a la necesidad de plantear para el presente capítulo los siguientes **objetivos**:

- Describir los diferentes métodos constructivos por ensamble o fijación su evolución y aplicación en el medio, así mismo las nuevas tendencias en cuanto a materiales y sistemas constructivos.
- Investigar y analizar el sistema constructivo de paneles aligerados con núcleo de poliestireno y malla electrosoldada espacial, sus componentes y similitudes con otros sistemas constructivos (familias similares).

Se pretende investigar y realizar un seguimiento a la evolución de los sistemas prefabricados según sus formas y dimensiones de los elementos, hasta llegar a la aplicación

del sistema constructivo a base de paneles. Continuando con la descripción los paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial, profundizando en la aplicación que existe hasta el momento de este tipos de sistema constructivo, detallando las diferencias y similitudes con otros tipos de paneles.

2.2. EVOLUCIÓN DE NUEVAS TENDENCIAS EN LA CONSTRUCCIÓN

La enorme escasez de viviendas en Europa, mano de obra especializada y materiales, como resultado de la segunda guerra mundial, motivo un cambio en la escala del desarrollo de sistemas de construcción [Bender, 1976], por sistemas más económicos y de fácil disponibilidad. Una variedad de materiales, no conocidos antes, junto a otros preexistentes, impulsaron una serie de innovaciones en la forma de construir a lo que se le denomina “sistema”. Posiblemente la palabra “sistema” haya surgido a partir del impacto que significó la gran cantidad de elementos nuevos ingresados al mercado y por la necesidad de facilitar su aceptación como un sistema distinto.

Aparece una nueva generación, una nueva tecnología de construcción con materiales sintéticos y químicos, que combinados con los tradicionales proporcionan nuevas propiedades a los sistemas constructivos, más ligeros, fáciles de instalar y adaptables a las diferentes condiciones del medio, aislamiento térmico, acústico, resistencia al fuego, entre otros. Estos materiales se han modificado para crear sistemas prefabricados compuestos, en donde todos sus componentes aportan ventajas al beneficio del resultado final del sistema.

Según Reid, [1980] la promoción de nuevos materiales hizo una importante presión hacia el cambio, particularmente interesante en el momento en que los fabricantes trataban de encontrar aquellas peculiaridades más relevantes de su producto que lo hiciera más llamativo. Los materiales y sus modos de instalación, afrontaron en sus comienzos el rechazo de los usuarios debido a aspectos culturales, la necesidad de seguridad y estabilidad se materializaba en muros y elementos que se mostrasen sólidos y macizos. Lo liviano, representado en el medio generalmente por madera, era considerado inversión de poca duración, dejando de lado todas de garantías y comodidades que pudiesen ofrece los sistemas modernos de construcción.

Recientemente se han introducido gran cantidad de laminados en la construcción, el más conocido es el contrachapado de madera, también se utilizan placas de yeso, aglomerado, tableros de madera de baja calidad, laminados plásticos y vinilos, con objeto de acelerar el proceso constructivo, a estos nuevos materiales la mano de obra tradicional se ha adaptado rápidamente.

De acuerdo con Bender [1976], la introducción de los plásticos como un nuevo material en la industria de la construcción constituye un buen ejemplo de contribución por parte de la industria química, y refleja la forma en que pueden ser adaptados a la construcción procesos y materiales completamente nuevos.

Tras la presentación del PVC en 1936, no existe ya casi ningún elemento tradicional utilizado en construcción que no tenga su copia en plástico. La utilización del plástico no encuentra generalmente obstáculos de carácter legal, no obstante, existen

algunas excepciones. La resistencia al fuego de los elementos estructurales, sus problemas inherentes al humo y expansión de la llama, son factores que preocupan, así como sus resistencias a la corrosión y su variación dimensional con la temperatura. Sin embargo los constructores y usuarios están convencidos del valor de los plásticos, por consiguiente, el papel de estos en la construcción es cada vez mayor.

El impulso necesario para la incorporación de nuevas técnicas de construcción procede básicamente de dos fuentes diferentes: el análisis de las construcciones tradicionales y las nuevas técnicas; ahora bien, sintetizando ambas, es decir, el uso consecuente de tecnologías apropiadas, incorporando la lógica ingenieril al proyecto creativo, se ofrece una amplia gama de posibilidades de construcción con procesos rápidos y de alta calidad para ser aplicados en el medio.

2.3. EL PREFABRICADO

La construcción con hormigón armado siempre ha tenido cierto grado de prefabricación, en 1907, data la primera aplicación del método Tilt-up en el cual las paredes se hormigonan horizontalmente sobre el suelo y después se levantan para colocarlas en posición vertical [Koncz, 1978]. La evolución de este tipo de sistemas y la aparición de sistemas de construcción con elementos prefabricados, sin duda generó un cambio radical en el ámbito constructivo.

Con la invención del elemento prefabricado más antiguo, el ladrillo, y basándose en su filosofía de adaptabilidad a las condiciones del lugar y de dimensiones estándar, se busco un elemento de mayores dimensiones, que reemplazase procesos constructivos en obra demasiado complejos. Un elemento modular para construir de la manera más eficiente posible, de tal modo que proporcione el máximo bienestar y seguridad a las personas dentro de costos razonables, es lo que se denomina como elemento prefabricado.

Surge un método industrial de construcción en el que los elementos fabricados en grandes series, son montados en las obras mediante aparatos y dispositivos elevadores, más conocido como prefabricación, así lo enuncia [Koncz, 1978]. La construcción se efectúa en dos etapas: elaboración de los elementos en la fábrica y montaje de los mismos en la obra, a estos se les denomina prefabricados o piezas prefabricadas (figura 2.1).



Figura 2.1: Montaje de elementos prefabricados

Expresando así que se colocan en obra y se combinan y unen en ella cuando ya están moldeados y endurecidos previamente. El sistema de construcción que utiliza elementos prefabricados también se le denomina construcción por montaje, ya que esta es otra de las características básicas del procedimiento constructivo. Teniendo justificación en todos los sectores de la construcción: obras de carácter industrial, edificación general y obras públicas.

La prefabricación no sólo ha servido para dar solución a requerimientos estructurales, sino que se ha desarrollado en forma importante en la construcción de obras de hormigón a la vista. La fabricación de los elementos en talleres hace posible tener un mayor control en los materiales empleados y del proceso de elaboración, incrementando la calidad y la productividad en la construcción, es posible realizar simultáneamente actividades que en la construcción tradicional son secuenciales. El montaje y unión de elementos prefabricados resulta un proceso de gran importancia, ya que de este depende la vida útil de la estructura, aparte del control de calidad en su fabricación (Figura 2.2).



Figura 2.2: Montaje de elementos prefabricados.

Igualmente la construcción prefabricada permite lograr una uniformidad y terminación superficial de excelente calidad como se observa en la figura 2.3.



Figura 2.3: Construcción prefabricada.

2.3.1. Sistema prefabricado con elementos tridimensionales

Para dar solución a las necesidades de vivienda, se buscó un método de producción masivo que permitiera afrontar cuantitativamente el problema. Se pensó en un elemento tridimensional, que son aquellos cuyas partes no están contenidas en un mismo plano, de acuerdo con [Fernández, 1974]. La tabla 2.1 muestra los diferentes tipos de elementos tridimensionales, como lo expresa el autor mencionado, clasificados según la forma geométrica y el número de elementos que lo componen.

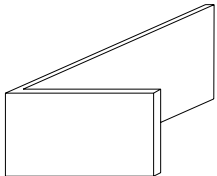
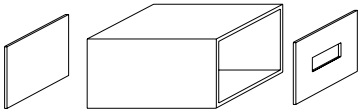
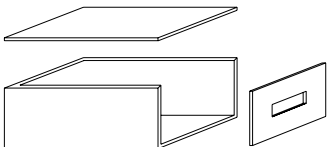
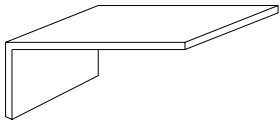
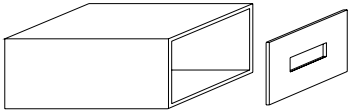
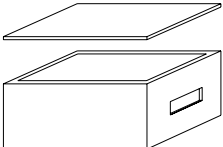
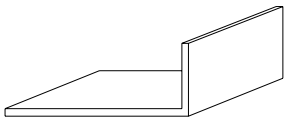
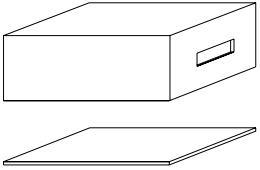
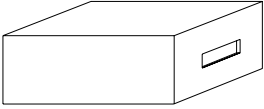
Elementos espaciales simples	Elementos espaciales complejos	
<p data-bbox="268 723 550 757">Elementos de esquina</p> 	<p data-bbox="663 723 930 757">Elemento tipo célula</p> 	<p data-bbox="1026 723 1382 757">Elemento de cuatro paredes</p> 
<p data-bbox="260 1128 560 1162">Elementos techo-pared</p> 	<p data-bbox="675 1128 919 1162">Elemento tipo caja</p> 	<p data-bbox="1075 1128 1326 1162">Elemento tipo vaso</p> 
<p data-bbox="248 1496 571 1529">Elementos forjado-pared</p> 	<p data-bbox="644 1496 952 1529">Elemento tipo campana</p> 	<p data-bbox="1086 1496 1321 1529">Elemento cerrado</p> 

Tabla 2.1: Elementos tridimensionales [Fernández, 1974]

Los elementos tridimensionales pueden clasificarse en: Elementos espaciales simples (dos paramentos) y elementos espaciales complejos (más de dos paramentos), que a su vez pueden presentar distintas subdivisiones (tabla 2.1)

La citada tabla permite comprobar el reducido número de elementos empleados por este sistema, presentándose como una de sus grandes ventajas, ya que con la disminución del número de elementos, los tiempos de fabricación y montaje se reducen a un mínimo, las operaciones in situ se simplifican al máximo, logrando velocidades de construcción altas.

Los elementos tridimensionales presentan grandes inconvenientes luego de su aplicación en el medio, ya que según [Fernández, 1974], se muestran como viviendas tipo “prisión” que limitan la libertad de la planta, por estar conformadas por elementos de más de dos paramentos.

Además su producción es compleja, las fábricas requieren unos gastos de instalación considerables, los moldes para la fabricación de estos elementos son demasiado costosos ya que el mínimo es del tamaño de una habitación y su almacenamiento requiere igualmente una amplia zona para este fin.

Los elementos espaciales simples fueron una solución intermedia entre el panel y el elemento espacial complejo, que encarecía la construcción por ser preciso, mayores maquinas para elevación y montaje, dificultando su transporte. Por esto surgen sistemas de construcción con elementos más pequeños, de fácil manejo y producción, como el caso de los sistemas de grandes y medianos paneles.

2.3.2. Sistema prefabricado de grandes y medianos paneles

Luego de los elementos tridimensionales, que ponían en entre dicho la comodidad que caracteriza una vivienda, se introdujeron los sistemas a base de grandes paneles, constituidos por elementos cuyas dimensiones son del orden de la altura de entreplanta o superiores.

En este sistema los paneles suelen ser rectangulares, por lo general una de las dimensiones es la de entrepisos y la otra del tamaño de una habitación. El *sistema a base de grandes paneles* se divide en paneles de muros exteriores, paneles de muros y tabiques interiores y losas de forjado. Estos paneles presentaron variaciones para ampliar su aplicabilidad, una de ellas fue el panel formado por un perímetro rectangular, conteniendo uno o varios huecos de ventana y puerta.

La figura 2.4 ilustra un conjunto de las diferentes soluciones adoptadas, que aun se siguen aplicando en naves industriales y edificaciones formados por prefabricados idénticos.

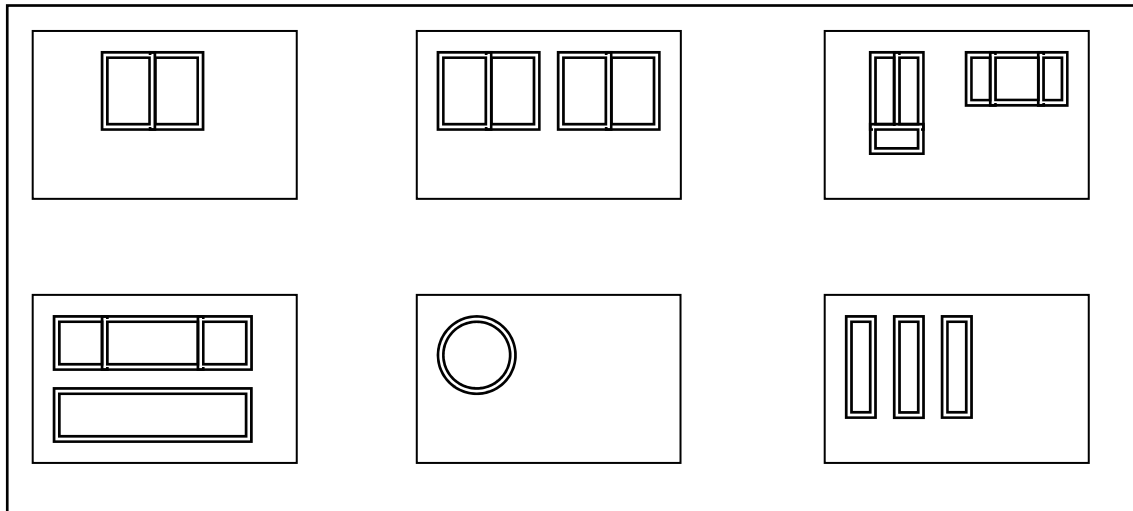


Figura 2.4: Sistema a Base de grandes paneles [Fernández, 1974]

Desde el punto de vista de su constitución los paneles grandes se dividen en panel homogéneo o de una sola capa, adecuados para las realización de viviendas de poca altura y panel multicapa o tipo sándwich, que son los paneles formados por tres capas, dos de hormigón de idénticas características y una intermedia a base de un material de gran poder aislante termo-acústico.

El sistema de grandes paneles sufre una variación a lo largo del tiempo, surgiendo lo que se denomina *sistema de paneles medianos*, en este caso el panel tiene una de sus dimensiones igual a la altura de la entreplanta (caso de elementos de pared), o igual a la luz del vano (elementos de forjado). El panel mediano presenta una gran ventaja en comparación con el sistema de grandes paneles, por ser más pequeños hay un mayor rendimiento en el momento de su montaje (figura 2.5), pero al igual que los anteriores se debe prestar mucha atención, ya que al ser una construcción de tipo secuencial por ensamble o fijación, hay que tener especial cuidado en el momento del ensamble y una utilización adecuada de la maquinaria.



Figura 2.5: Sistema a base de paneles medianos

Los elementos prefabricados de grandes dimensiones, según [Aguado et al., 1994] se trata de una prefabricación pesada cerrada e integral. Pesada, por ser la combinación de grandes paneles bidimensionales, cerrada por la utilización mínima de elementos diferentes además de una rígida combinación entre ellos, e integral por ser exclusivamente de hormigón, sin posibles combinaciones con otras técnicas.

2.4. SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA LIVIANA

En todos los sistemas prefabricados el material predominante es el hormigón, lo que hace que el sistema prefabricado sea pesado. Según lo expresa el autor [Aguado et al., 1994], la prefabricación ligera aparece en el momento en que la prefabricación pesada esta en crisis, buscando ofrecer una solución flexible, capaz de competir en el mercado con nuevas exigencias.

La construcción liviana comprende un conjunto de técnicas constructivas de tipo modular tal y como lo enuncia [Blanco, 2003], que permiten ejecutar cualquier tipo de construcción en forma rápida, económica y segura. Todas estas razones llevan a la necesidad de crear una construcción ligera, con otro tipo de elementos, que sean a la vez modulares y resistentes, para esto se pensó en con la combinación de diferentes materiales que lo hicieran más liviano. Surgen entonces los paneles multicapa, comprendidos por tres capas dos de idénticas características y una intermedia a base de un material aislante. Esta es la solución más aceptada y que racionalmente se acerca más a los cometidos a cumplir según lo expone el autor en [Fernández, 1974].

Técnicamente el autor citado defiende esta solución desde el punto de vista de fabricación, ya que se maneja un solo componente, el hormigón, que se adapta a la forma del molde y una capa de material aislante que viene a completar las características del hormigón. Donde la capa aislante es fácilmente manejable por ser ligera de peso, sencilla de cortar y suministrada en placas lo suficientemente grandes como para cubrir una gran superficie sin muchos trozos.

Esta misma filosofía la sigue el sistema de construcción de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial, para el cual se plantea el análisis y estudio como objetivo primordial de la presente investigación. Como lo especifica [Ortiz, 1994], con el fin de permitir una evolución de la prefabricación de rápida construcción de edificaciones por medio de sistemas de intensiva producción y ensamble rápido en obra, por una prefabricación nueva, en la búsqueda de industrializar la producción en obra explotando características que el sistema prefabricado tradicional posee, puede ser uno de los argumentos del porque surge la necesidad de la aplicación de estos nuevos sistemas constructivos.

2.4.1. Sistema constructivo de paneles aligerados con núcleo de poliestireno y malla electrosoldada espacial

Este sistema constructivo puede catalogarse como un sistema constructivo prefabricado y ligero. Está constituido por paneles formados por una placa de poliestireno expandido (EPS) de densidad 25 kg/m^3 , entre una malla electrosoldada espacial. Esta malla

está compuesta por dos mallas de acero galvanizado de diámetro de 3,4 mm, interconectadas entre sí por conectores perpendiculares de acero de $\phi = 3,0$ mm (figura 2.6), constituyendo de esta manera la malla tipo celosía que conforma el panel.

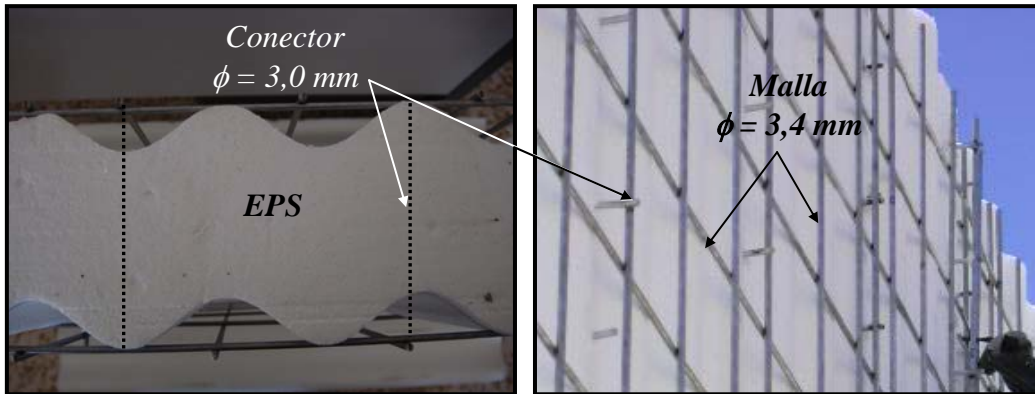


Figura 2.6: Panel con núcleo de poliestireno y malla electrosoldada espacial

El panel se termina in situ con la aplicación de hormigón, micro-hormigón o de mortero proyectado en ambas caras (figura 2.7), lo que lo convierte en un elemento constructivo que le permite trabajar de forma vertical como paredes portantes y divisorias, y horizontal y/o inclinados como forjados, techos y escaleras.



Figura 2.7: Proyección del mortero sobre el panel

El panel sin hormigonar tiene un peso aproximado de $3,0 \text{ kg/m}^2$, lo que permite que pueda ser trasladado por una o dos personas, aun cuando los elementos a colocar sean de dimensiones considerables.

En cuanto al montaje los paneles se aploman y se colocan uno a continuación del otro y a través del solape de sus mallas, creando una continuidad estructural hasta alcanzar la longitud deseada, a continuación se realiza la proyección del hormigón por ambas caras del panel. En este sistema constructivo, desaparecen en su mayor parte los encofrados y andamios, lo que ayuda a una reducción de costes y a un rendimiento mayor en los procesos constructivos.

Otra de las características que pretende la aplicación de este tipo de paneles es el aislamiento tanto acústico como térmico. El aislamiento acústico no solo depende de los materiales que se ocupen sino también de la forma de construir con cada uno de ellos, ya que el ruido pasa de un ambiente a otro por diversos caminos, por lo que no solo se debe considerar el elemento divisorio entre los dos espacios, sino que también las uniones del panel con los muros laterales, con el techo y el piso del recinto, como se indica en [Roca, 2003].

El aislante acústico, puede cumplir al mismo tiempo la función de aislante térmico, es el caso del poliestireno expandido (EPS) utilizado en paneles [ANAPE, 1992], busca frenar la pérdida o ganancia del calor de una vivienda o edificación, permitiendo así el ahorro de energía. Pretende proporcionar igualmente la aislación acústica dentro del sistema, ya que el aislamiento del sonido se consigue por la interposición de materiales flexibles y de diferente densidad como éste, evitando que el ruido pase de un ambiente a otro de forma directa [MASISA, 2003].

En la construcción de un tabique o de un forjado se debe considerar que transmiten fácilmente el ruido, ya que son uniones rígidas, esto se debe a que las ondas sonoras sólo se ven afectadas cuando hay un cambio considerable de material (densidad), por ejemplo, al pasar del aire a la madera. La figura 2.8 muestra una evolución acústica eficaz, según lo expone [MASISA, 2003], pasando el sonido alternadamente por medios de distintas densidades.

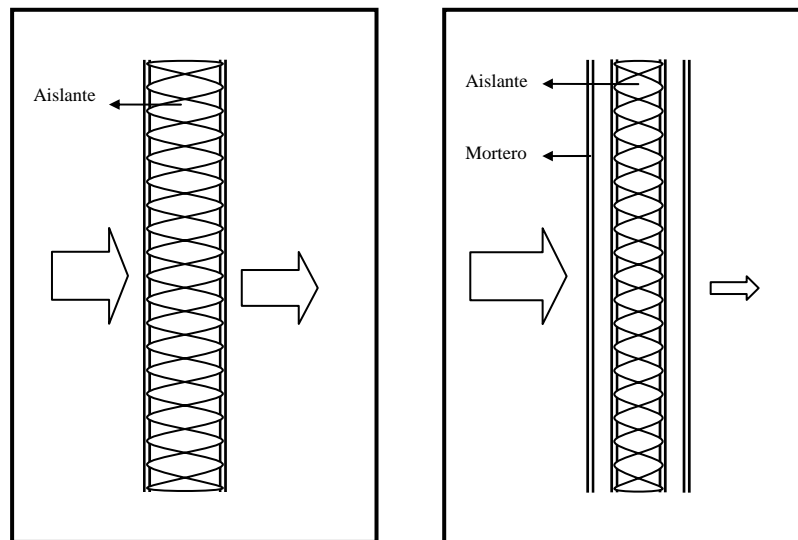


Figura 2.8: Evolución del aislamiento acústico (MASISA, 2003)

En este caso, el panel al estar conformado por una malla espacial, los conectores actúan como uniones rígidas, convirtiéndose en transmisores directos del sonido, en este caso, esta es una de las desventajas que presenta el panel. Claro esta, que depende igualmente del espesor de EPS que se utilice y de la cantidad de conectores que se tengan en cada panel, para corroborar lo anterior es necesario un estudio más a fondo para la determinación del comportamiento del panel en cada uno de estos casos.

2.4.2. Familias similares: Sistema de paneles aligerados con poliestireno y malla electrosoldada espacial

Existen varios tipos de familias similares en diferentes países donde se utiliza un sistema parecido, en ellos se toma como base principal paneles cuyo núcleo es de poliestireno expandido y se terminan en obra con mortero proyectado en ambas caras.

Empresas con aplicaciones de sistemas similares como Fridulsa en Uruguay, Preconsa, Covintec y Triditec en México, Mdue en Italia, Tridipanel en Austria, Monolite y vitral en Chile, Pentawall en Argentina, Formaplac en Colombia, Monolit en Guatemala y Sidepanel en Venezuela. Algunas de ellas se han ido extendiendo a varios sitios, como Mdue de Italia, con algunas filiales en España y en Sur América, lo mismo la empresa Covintec de México que se encuentra en Chile y en Argentina.

La utilización de este sistema en países como Argentina, Chile y Uruguay pretenden el mejoramiento de la calidad en la vivienda en general, ya sean chalets, edificaciones y en particular la vivienda de interés social, en general mejorar la calidad de la ejecución de obras. La calidad de los proyectos es muy importante, ya que se ha detectado que más del 45% de los problemas que presentan las viviendas en sur América, obedecen a cuestiones de un mal diseño del proyecto.

Argentina, ha dado un permanente crecimiento de las tecnologías livianas, aquellas cuyos componentes no superan los 100 kg. Generalmente se trata de paneles con un excelente aislamiento térmico y acústico y revestimiento interior de revoque, es decir, materiales de uso corriente combinados racionalmente. Los costos constituyen uno de los factores que gravitan en mayor medida para que se utilicen en general en las soluciones de vivienda de interés social.

En Chile lo que se quiere es asegurar el ahorro de energía, por esto la construcción se basa principalmente en materiales con características aislantes, debido a las estaciones antárticas, se insiste que en el proceso constructivo de cualquier edificación o vivienda están comprometidos tanto la resistencia mecánica como una buena aislación térmica, por lo que el uso de este sistema de paneles se acomoda perfectamente a estas condiciones.

El objetivo de un país como México, el crecimiento de su población los lleva a pensar en un sistema constructivo a la vanguardia de su tiempo, cuyos materiales y procedimientos sean económicos, de fácil transportación, y de tecnología sencilla, que se manifieste por no requerir equipo sofisticado o habilidades específicas para el montaje. La economía juega un papel muy importante ya que al igual que en los países anteriores este sistema se aplica además en viviendas de interés social, cumpliendo igualmente con los requerimientos mínimos requeridos en residencias.

Colombia al igual que los demás países suramericanos, ha buscado diferentes alternativas para dar economía y facilidad de obtención de vivienda a la población, asimismo un sistema sismorresistente. Uno de los factores que lleva a la aplicabilidad de este sistema en Colombia es su versatilidad en los diseños y su adaptabilidad a diferentes ambientes y temperaturas, además de sus materiales, que son comunes y de fácil obtención. La economía como se menciona anteriormente es uno de los factores más importantes,

pues el objetivo primordial es la vivienda de interés social, que sea fácil de adquirir y que se adapte a las diferentes condiciones del medio.

La diferencia entre todas las familias similares, se sitúa principalmente en los conectores de la malla espacial, se utilizan conectores tridimensionales (formando triángulos), esto puede presentarse como una de las ventajas que poseen algunos de los paneles, ya que aparentemente le proporciona al panel una mayor rigidez. En la figura 2.9, se muestra un panel de la empresa Sidepanel de Venezuela donde se observa la disposición de los conectores de forma angular. Esto se da igualmente en las empresas Triditec (México), Tridipanel (Austria), Pentawall (Argentina) y formaplac (Colombia) que aplican un sistema similar al descrito, con los conectores de forma angular.

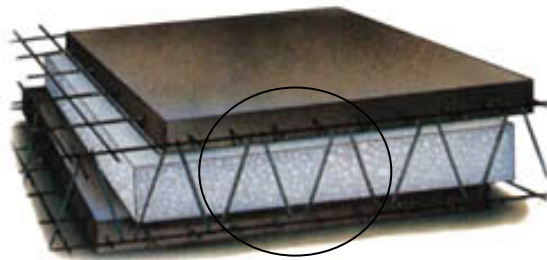


Figura 2.9: Panel Sidepanel (Venezuela)

Las tablas 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6, muestran las fichas técnicas de cada una de las empresas mencionadas, con las características geométricas y el estudio que se ha efectuado hasta el momento acerca del panel.

Sin embargo, para este sistema se dice que la producción es mucho más costosa, tanto por la maquinaria utilizada como por la cantidad de material, en comparación con los conectores a 90° del panel descrito en el apartado 2.4.1.


<p>Nombre de la empresa: SIDEPANEL www.sidepanel.com.ve País: VENEZUELA</p> <p>Nombre del Panel: SIDEPANEL</p>	
<p>Definición:</p> <p>Paneles formados por dos caras de malla de acero electrosoldada, entre las cuales se coloca una placa de poliestireno expandido de alta densidad. Ambas caras se conectan con alambres tensores galvanizados que electrosoldados a las mallas, traspasan la placa de poliestireno.</p> <p>Características:</p> <p>Ancho: 1.200 mm, longitud: 2.400 mm. Espesores de poliestireno de 40, 50, 64 y 100 mm. Poliestireno de densidad 15 kg/m³.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Resistencia ignifuga: 90 minutos con 40 mm de mortero. Aislamiento térmico de 50 mm de espesor: 0,60W/m²h. y 100 mm de espesor 60W/m²h.</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Viviendas unifamiliares. Viviendas multifamiliares de hasta 4 pisos. Escuelas. Hospitales. Cerramiento de galpones industriales. Centros comerciales. Iglesias. Hoteles. Cines.</p> <p>Otros paneles:</p>	

Tabla 2.2: Ficha técnica Sidepanel Venezuela

<p>Nombre de la empresa: TRIDITEC www.triditec.com.mx</p> <p>País: MÉXICO</p> <p>Nombre del Panel: PANEL TRIDITEC</p>	
<p>Definición:</p> <p>Estructura tridimensional conformada por dos mallas de acero de alta resistencia interconectadas diagonalmente mediante alambres con un núcleo de espuma de poliestireno, a las que ya instaladas en obra se les aplica concreto y recubrimientos.</p> <p>Características:</p> <p>Tamaño del cuadro: 4-4 (100 x100 mm) Calibre del alambre: 12-12 (2,68 mm) Resistencia del alambre: $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$. Espesor del poliestireno: 30, 50 y 60 mm. Separación entre mallas: 50, 75 y 95 mm. Longitud: desde 2.200 mm hasta 5.000 mm. Ancho: 1.200 mm. Conector diagonal: Alambre de acero pulido calibre 11 (3,6 mm) electrosoldado.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Resistencia al fuego: 1 hora y media con una capa de mortero de 25 mm; 2 horas con una capa de mortero de 50 mm; 4 horas con una capa de mortero de 80 mm.</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Viviendas, escuelas, hospitales, oficinas, locales comerciales. Muros divisorios, muros de colindancia, fachadas, detalles arquitectónicos, faldones o aplicaciones de poco peso.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Módulos Losa Panel JL, Paneles JL, mallas unión y esquineros TRIDITEC.</p>	

Tabla 2.3: Ficha técnica Triditec México

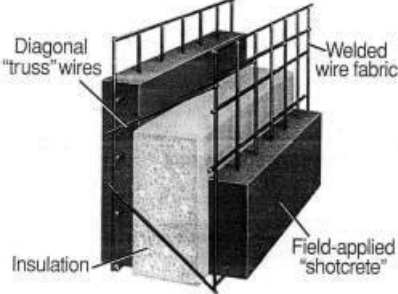
<p>Nombre de la empresa: TRIDIPANEL www.tridipanel.com País: AUSTRIA</p> <p>Nombre del Panel: TRIDIPANEL</p>	 <p>El diagrama ilustra la estructura de un panel TRIDIPANEL. Muestra un núcleo central de poliestireno rígido dilatado. Este núcleo está rodeado por una armadura interna tridimensional que incluye mallas de acero electrosoldada (Welded wire fabric) y alambres diagonales de tipo truss (Diagonal "truss" wires). El panel también cuenta con aislamiento (Insulation) y mortero aplicado en el campo (Field-applied "shotcrete") en sus superficies.</p>
<p>Definición:</p> <p>Panel prefabricado con núcleo de poliestireno rígido dilatado, entre dos mallas de acero electrosoldada y una armadura interna tridimensional que enlaza las dos mallas exteriores las cuales perforan el poliestireno y dan resistencia a esfuerzos.</p> <p>Características:</p> <p>1200 mm de ancho, 2500 mm de longitud. Malla electrosoldada calibre: 1,1; 1,25 y 1,4 mm. Espesor del poliestireno: 40 mm a 150 mm.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Resistencia al fuego: poliestireno de 60 mm y con 40 mm de mortero en ambos lados, tiene una resistencia de 1,5 horas. Poliestireno de 60 mm y 50 mm de mortero en ambos lados, resistencia al fuego de 2 horas.</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Muros divisorios y de cerramientos, acabados. Casas. Edificaciones.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Losa TRIDIPANEL Mallas Industriales.</p>	

Tabla 2.4: Ficha técnica Tridipanel Austria

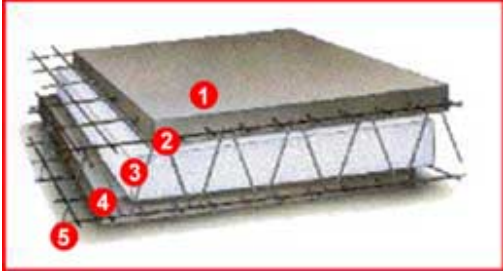
<p>Nombre de la empresa: PENTAWALL Acindar www.pentawall.com.ar www.acindar.com.ar País: ARGENTINA</p> <p>Nombre del Panel: PENTAWALL</p>	
<p>Definición:</p> <p>Paneles formados por dos mallas de acero vinculadas entre si por tensores de alambres de acero galvanizado todos electrosoldados y una placa de EPS entre las mallas, finalmente la aplicación de un mortero 1:3.</p> <p>Características:</p> <p>Alambre galvanizado 3,8 mm electrosoldado a las mallas Poliestireno expandido 50 mm / 100 mm. Malla de acero electrosoldada 3 mm.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Resistencia ignifuga 90 minutos. Aislación térmica: $K = 0.60 \text{ w/m}^2\text{°C}$ para muros con alma de 50 mm de EPS. $K = 0.30 \text{ w/m}^2\text{°C}$ para muros con alma de 100 mm de EPS.</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Muros Losas Tabiques Edificios hasta de cinco pisos con refuerzos correspondientes.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Losa</p>	

Tabla 2.5: Ficha técnica Pentawall Argentina


<p>Nombre de la empresa: FORMAPLAC www.formaplac.com País: COLOMBIA</p> <p>Nombre del Panel: MUROPLAC</p>	
<p>Definición:</p> <p>Estructura tridimensional, integrada por doble malla de acero electro soldada que cubre un núcleo de poliestireno expandido (EPS) sobre el que se proyecta un mortero.</p> <p>Características:</p> <p>Tamaño normal: 1.200 x 2.400 mm. Grande: 1.200 x 2.850 mm. Gigante: 1.200 x 5.700 mm. Con mortero: pesaría 80% menos que un muro de ladrillo Sin mortero: 3 kg/m². Espesores: 60, 75, 90, 105 y 130 mm. (sin mortero)</p> <p>Ensayos:</p> <p>Cálculo estructural se determina según el grosor de las capas de concreto, el calibre del acero y el número de cerchas. Insonorizaciones (aislamiento acústico) 48 db entre el ambiente emisor y el receptor. Coeficiente de conductividad térmica k: 0.027 Kcal/mh°C.</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Muros divisorios, viviendas de interés social, antepechos y construcción total. Muros flotantes y divisorios, muros de carga. Placas y entre pisos.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Geobloque. Casetón permanente. Teja térmica. Cielos rasos.</p>	

Tabla 2.6: Ficha técnica Formaplac Colombia

Otra forma de utilizar el panel se puede observar en la figura 2.10, en ella se muestra uno de los paneles utilizados por la empresa Monolite de Chile, que utiliza la armadura transversal a 90°, perpendicular a la malla del panel, al igual que el panel que se quiere estudiar.

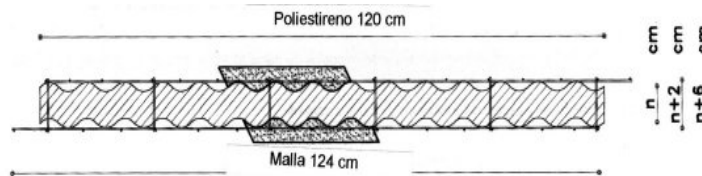


Figura 2.10: Panel Monolite (Chile)

Además de la empresa anterior, existen varias empresas que aplican el panel de igual forma, a 90° la armadura transversal, como Fridulsa (Uruguay), Preconsa (México), Vitrak (Chile), Covintec (México), Monolit (Guatemala), Mdue (Italia) y Pamodin (España), para cada una de ellas las tablas 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14, respectivamente, muestran la ficha técnica con las características generales del panel y las aplicaciones que se le dan al mismo.

En particular, la empresa *Mdue de Italia*, aplica el panel igualmente con conectores transversales a 90°, la diferencia que presenta este panel en comparación con el resto, es básicamente la cantidad de conectores, tiene 80 por metro cuadrado, proporcionando aparentemente una mayor rigidez al elemento. La limitación posible en este caso puede ser el diámetro de estos conectores, 2,0 mm, que en comparación con el diámetro utilizado en los paneles tipo que se quiere estudiar (3,0 mm), este es un diámetro menor.

En este punto vale la pena realizar una corroboración, dependiendo de las cargas que se le apliquen al panel, acerca del diámetro mínimo necesario para esta armadura transversal.

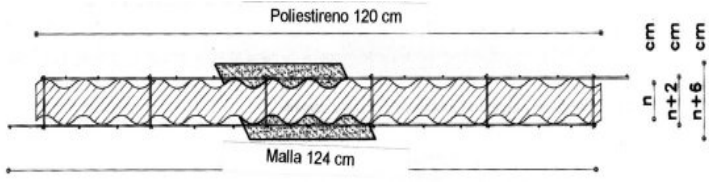
<p>Nombre de la empresa: MONOLITE www.monolite.cl País: CHILE</p> <p>Nombre del Panel: Panel Monolite Ondulado - PMO</p>	
<p>Definición:</p> <p>Paneles de mortero armado con alma de poliestireno expandido para aplicaciones tanto estructurales como divisorias. Definición genérica: Panel de mortero armado.</p> <p>Características:</p> <p>Espesor máximo del poliestireno: 200 mm. (250 a 260 mm. estucado) Longitudes y espesores especiales de panel a convenir.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Ensayo de flexión: Espesor 115 mm, 14,0 KN/m; 14,7 KN/m. Ensayo de compresión: 115 mm, 416,0 KN/m; 566,0 KN/m. Ensayo de carga horizontal: 115 mm, 35,0 KN/m; 36,0 KN/m. Transmisión térmica: 130 mm, 0,70 w/m²°C; 120 mm, 0,75w/m²°C. Aislación acústica: 110 mm, 41 db; 170 mm + yeso: 45 db. Resistencia al fuego: 70 mm, 48 min; 110 mm, 110 min; 120 mm, 139 min; 160 mm, 154 min. Ensayo de lluvia: Espesor 130 mm, solo se humedeció la cara expuesta. Ensayo de impacto: Espesor 115 mm, probeta A1: no presento fallas; probeta A2: no presento fallas.</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Aplicaciones estructurales y divisorias Construcción de viviendas</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Panel monolite rectangular. Panel monolite doble. Panel monolite losa. (PML) Panel monolite escala. (PME)</p>	

Tabla 2.7: Ficha técnica Monolite Chile


<p>Nombre de la empresa: FRIDULSA www.fridulsa.com.uy País: URUGUAY</p> <p>Nombre del Panel: PANEL SIMPLE FRIDULSA</p>	
<p>Definición:</p> <p>Paneles en forma de placa con núcleo de poliestireno expandido y dos mallas de acero (unas a cada cara mayor) unidas por dos varillas conectadas (40 por metro cuadrado) que atraviesan el núcleo y son electrosoldadas. Es un sistema de construcción de muros y cubiertas del tipo sándwich con dos capas de mortero armado y un núcleo de poliestireno expandido.</p> <p>Características:</p> <p>Ancho de 1125 mm y hasta 6000 mm de longitud. Acero de alta resistencia límite proporcional de fluencia 6000 kg/cm² y rotura 7100 kg/cm². Poliestireno de densidad 15 kg/m³. El espesor del poliestireno varía de 40 a 200 mm. Mallas auxiliares diámetro 2,5 y 2,0 mm.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Cerramiento y estructura portante. Cubiertas y entrepisos. Construcciones de hasta 3 niveles.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Panel losa. Escalera.</p>	

Tabla 2.8: Ficha técnica Fridulsa Uruguay


<p>Nombre de la empresa: PRECONSA www.preconsa.uson.mx País: MÉXICO</p> <p>Nombre del Panel: Panel W con poliestireno expandido PU 2000 y PU 3000</p>	
<p>Definición:</p> <p>Estructura tridimensional de acero que lleva el centro un alma de poliestireno expandido. Se recubren con un mortero de cemento-arena hasta obtener el espesor deseado.</p> <p>Características:</p> <p>Dimensiones: 2.440 x 1.220 mm. Espesor: 50 y 75 mm. Alambre de acero pulido o galvanizado calibre 14, fy: 5000 Kg/cm². Accesorios, malla unión, malla esquinera y ancla W.</p> <p>Ensayos:</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Edificios. Naves industriales. Bodegas. Estacionamientos Casas. Oficinas o espacios productivos. Muros de carga y divisorios. Losas de entrepiso y azotea.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Panel W PU-2000 y PU-3000 con espuma de poliuretano. Panel W PU-2000 y PU-3000 con tubos de cartón parafinado. Vigueta de concreto pretensado y bovedilla de poliestireno.</p>	

Tabla 2.9: Ficha técnica Preconsa México

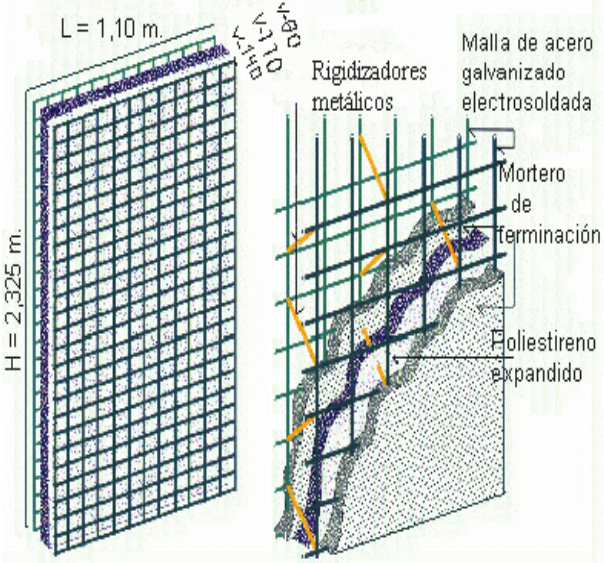
<p>Nombre de la empresa: VITRAK</p> <p>País: CHILE</p> <p>Nombre del Panel: PANEL VITRAK</p>	
<p>Definición: Panel compuesto por un par de mallas de acero galvanizado electrosoldadas, separadas entre sí, mediante rigidizadores metálicos diagonales para confinar una plancha intermedia de poliestireno expandido auto extingüible, las mallas quedan separadas del poliestireno para permitir la incorporación de un recubrimiento de mortero de cemento de terminación.</p> <p>Características: Malla de acero galvanizado electrosoldado calibre N° 12, cuadrícula de 75 mm. Rigidizadores metálicos diagonales calibre 10. Poliestireno expandible auto extingüible de densidad de 10 kg/m³ 1.100 mm de ancho por 2.325 mm de alto. Espesores de 80, 110 y 140 mm que incluyen el recubrimiento de estuco de acabado.</p> <p>Ensayos: Resistencia al fuego: 60 min. panel V-110 con 26 mm de estuco por ambas caras. Ensayo de carga horizontal: Carga máxima: 2.485 kgf, panel V-80 con 20 mm de estuco por ambas caras. Carga máxima: 4.568 kgf, panel V-140 con 30 mm de estuco por ambas caras. Ensayo de compresión vertical: carga máxima: 38.835 kgf, panel V-140 con 30 mm de estuco por ambas caras. Ensayo de flexión: Carga máxima: 1.320 kgf, panel V-140 con 30mm de estuco por ambas caras. Carga máxima: 817 kgf, panel V-8 con 20 mm de estuco por ambas caras.</p> <p>Aplicaciones: Muros y tabiques en general, muros divisorios de Apartamentos, muros perimetrales de viviendas, muros cortafuego.</p>	

Tabla 2.10: Ficha técnica vitrak Chile


<p>Nombre de la empresa: COVINTEC www.covintec.com País: MÉXICO</p> <p>Nombre del Panel: PANEL COVINTEC QUALY PANEL</p>	
<p>Definición:</p> <p>Sistema de construcción a base de paneles de acero, estructura tridimensional de acero de alta resistencia hecha a base de triángulos, poliestireno y recubierto en obra con mortero.</p> <p>Características: Covintec 3": Estructural: 1.220 x 2.440 mm x 3", calibre del acero: 14, estructurado cada 50 x 50 mm., altura muro: 2.000 ,2.440, 3.000, 3.500, 4.000, 4.500 mm. Covintec 2": No estructural. 1.220 x 2.440 mm x 2", calibre de acero: 14, estructurado a cada 50 x 50 mm., altura muro: 2.000, 2.440, 3.000, 3.500, 4.000, 4.500 mm.</p> <p>Ensayos: Covintec 3": Reducción del ruido: 44 db., resistencia a compresión del mortero: 100 kg/cm² Resistencia al cortante en muros: 11.718 kg/ml acero, 3.041kg/ml concreto Carga axial: 7.029, 5.822, 3.954, 1.973 ton/ml. Covintec 2": Reducción de ruido: 44 db., resistencia a compresión: 100 kg/cm², Resistencia al cortante en muros: 11.718 kg/ml acero., 3.041 kg/ml concreto Carga axial: 5.165, 3.048, 3.954, 1.973 ton/ml.,</p> <p>Aplicaciones: Muros de carga, losas, arcos, nichos y detalles en general Ampliaciones y remodelaciones Edificios Vivienda popular. Detalles arquitectónicos Residencias. Fachadas. Bodegas.</p>	

Tabla 2.11: Ficha técnica Covintec México


<p>Nombre de la empresa: MONOLIT www.monolit-sa.com País: GUATEMALA</p> <p>Nombre del Panel: ELECTROPANEL</p>	
<p>Definición:</p> <p>Panel fabricado con un núcleo de monoport (poliestireno expandido) de 55 mm de grueso con electromalla de acero de alta resistencia de 2,7 mm en ambas caras, formando la estructura principal de un muro o losa de concreto.</p> <p>Características:</p> <p>Largo 2.440 mm. Ancho 1.220 mm. Poliestireno de 55 mm de espesor (monoport) Entre electromallas: 75 mm Espesor de muro terminado: 105 mm., peso aproximado 97,8 kg/m². Peso: 9 kilos</p> <p>Ensayos:</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Viviendas Ampliaciones y remodelaciones Cerramiento de estructuras tanto exteriores como interiores (forro de estructuras) Paredes interiores y exteriores de edificios.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Panel losa (Losa Monolit) Vigueta Monolit. Electromalla.</p>	

Tabla 2.12: Ficha técnica Monolit Guatemala


<p>Nombre de la empresa: MDUE (M2) www.mdue.it País: ITALIA</p> <p>Nombre del Panel: PANEL SIMPLE</p>	
<p>Definición:</p> <p>Paneles modulares cuya función estructural es garantizada por dos mallas de acero galvanizado electrosoldadas, unidas entre sí a través de dobles conectores de acero, que encierran en su interior una placa de poliestireno expandido oportunamente perfilado en grado de asegurar también un perfecto aislamiento termo-acústico.</p> <p>Características:</p> <p>Alto 2.700 mm. Ancho 1.120 mm Poliestireno desde 40 mm de espesor de densidad 15 kg/m³ Espesor de muro terminado: variable dependiendo del espesor del EPS Peso: 3,5 a 5 kg/m²</p> <p>Ensayos:</p> <p>Certificado de Idoneidad Técnica Instituto Eduardo Torroja. Madrid. España</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Estructura portante, se aplica en construcciones de hasta 4 pisos, con proyección de concreto estructural sobre ambas caras. Cerramiento vertical en fachadas exteriores y tabiques divisorios tanto en edificios nuevos o en refacciones. Cerramiento vertical exterior e interior en edificios industriales y comerciales de grandes dimensiones.</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Panel Doble Panel losa Panel escalera Paneles especiales (adición de corcho, lana de roca)</p>	

Tabla 2.13: Ficha técnica Mdue Italia


<p>Nombre de la empresa: Pamodin www.pamodin.com País: ESPAÑA</p> <p>Nombre del Panel: PANEL SIMPLE</p>	
<p>Definición:</p> <p>Sistema constructivo que se compone de elementos modulares en poliestireno y mallas de acero, que se complementan en obra con hormigón y concreto que los hacen elementos estructurales de hormigón armado.</p> <p>Características:</p> <p>Ancho 1.20 metros y altura según la necesidad. Espesor del panel es 3+4+3 (revoque armado + poliestireno + revoque armado), para aumentar el efecto térmico espesor 3+8+3</p> <p>Ensayos:</p> <p>Certificado de Idoneidad Técnica Instituto Eduardo Torroja. Madrid. España</p> <p>Aplicaciones:</p> <p>Casas Edificaciones Obra publica Explotaciones agropecuarias</p> <p>Otros paneles:</p> <p>Panel losa</p>	

Tabla 2.14: Ficha técnica Pamodin España

Otra de las diferencias se centra en la utilización del panel, en muchas de ellas se utiliza un panel con características diferentes dependiendo de su uso, es decir, existe un panel losa, uno para muro portante otro para muro divisorio. Lo que se busca en este caso es estudiar un mismo panel, con igual configuración para aplicarlo de forma vertical y horizontal, de forma tal que se modifiquen espesores entre capas de mortero, espesor de

poliestireno expandido, pero que en definitiva industrialmente su fabricación sea la misma en todos los casos.

Y es a raíz del cumplimiento de esta condición en particular que surge la necesidad de satisfacer otros requisitos como: resistencia mecánica, capacidad estructural, facilidad de ejecución, resistencia al fuego y absorción acústica y térmica.

Ahora bien, *Pentawall de ACINDAR* (Argentina), es una de las empresas que aplica un panel similar al descrito y ha ejecutado un método de cálculo, dando a conocer un resumen del procedimiento para la puesta en obra del panel, además de algunos detalles constructivos como uniones entre paneles, realización de ventanas, etc. En todas las empresas que tienen la aplicación de un panel similar, hacen constar algunos resultados a nivel experimental, que hacen favorable la aplicación a nivel estructural, pero finalmente no se muestra un análisis estructural detallado del sistema.

2.5. VALORACIÓN CRÍTICA DEL ESTADO DEL CONOCIMIENTO

El estado del conocimiento se fundamenta principalmente en conocer la evolución de los sistemas constructivos aplicando diferentes materiales no usados comúnmente en el ámbito constructivo, hasta llegar a la aplicación de los elementos prefabricados. Finalmente el estudio se enfoca en los sistemas constructivos con paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial y la aplicación que han tenido hasta el momento en diferentes países.

Después de realizar una valoración de la información obtenida en cada una de las familias similares al sistema constructivo y a pesar de la aplicación que se tiene hasta el momento del panel en varios países, se observa que no existe un método de cálculo estructural a seguir, que permita determinar las capacidades mecánicas del panel. De hecho, se justifica la aplicabilidad del panel como un sistema constructivo con resultados experimentales, pero no se detalla un procedimiento estructural, que siga además una normativa vigente dependiendo del país donde se utilice.

Debido a la cantidad de incógnitas respecto al comportamiento que vaya a presentar el panel en el momento de ser usado como un sistema constructivo estructural, se da lugar a una investigación más a fondo del sistema, lo que se transforma en el objetivo principal de la presente tesis. Se pretende el estudio del panel mecánicamente, buscando una misma configuración del panel tipo para emplearlo como muro portante, losa y muros divisorios, cambiando dependiendo de su utilización, espesores del mortero y EPS.

Ahora bien, utilizando verticalmente el panel como pared de carga o tabique, se forman lo que se han denominado unas “micro-columnas” (figura 2.11), alternadas entre un lado y el otro del panel, lo que convierte al mortero en un mortero armado verticalmente. Esto aparentemente aporta una estabilidad estructural al panel, además ayudar al comportamiento frente a cargas axiales.

Horizontalmente para la utilización como forjado, se tiene un elemento revestido con hormigón tanto en la parte superior como en la inferior, con mallas interconectadas verticalmente por medio de conectores dispuestos a 90° de la malla.

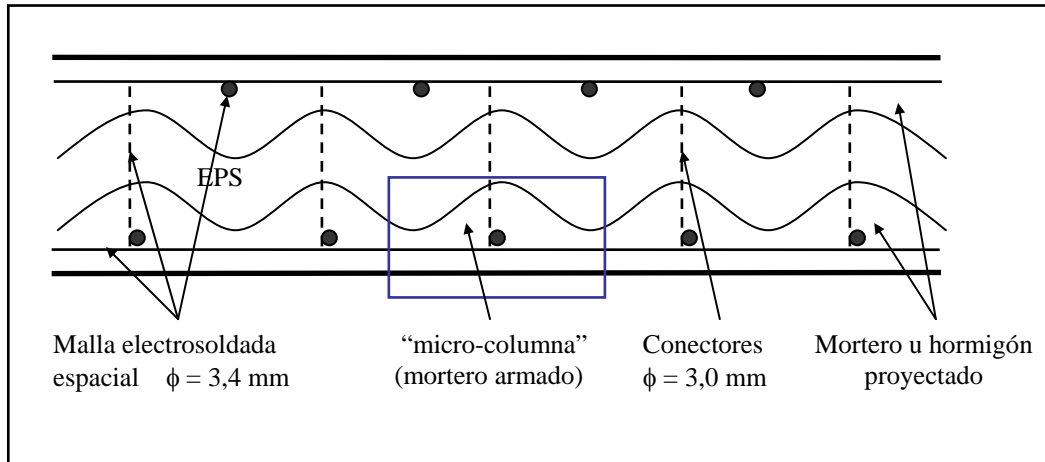


Figura 2.11: Vista en planta del panel tipo

Con el análisis de un mismo elemento de forma tanto vertical como horizontal se complementa todo el estudio estructural del panel, con el fin de dar aplicación al sistema en viviendas de una sola o más plantas.

La falta de normas y especificaciones de carácter técnico del panel se considera como uno de los impedimentos y limitaciones que hasta el momento retrasan la utilización más frecuente de este tipo de sistemas constructivos. Por esto se quiere establecer un criterio claro para la caracterización y para el cálculo estructural del sistema, basado en corroboraciones experimentales que permitan fundamentar dicho criterio.

Igualmente el análisis se presta para realizar incluso modificaciones y recomendaciones que puedan mejorar el comportamiento del panel, a la vez de detallar las limitaciones del mismo, lógicamente en este caso siguiendo la normativa española vigente [EHE, 1999].