

# 2015

## Comparación de tres sistemas constructivos utilizados en cerramientos verticales.



Tradicional húmedo, paneles multicapa de madera y adobe.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Montevideo – Uruguay

Carrera: Arquitectura

Título: Arquitecto

Tutor de Tesina: Abel Miños

Estudiantes: Dahiana Román\_Lorena Langone

# Comparación de tres sistemas constructivos utilizados en cerramientos verticales.

Tradicional húmedo, paneles multicapa de madera y adobe.

## ÍNDICE:

• <b>Introducción</b> .....	4
• <b>Objetivos:</b>	
○ Objetivos generales.....	5
○ Objetivos específicos.....	5
○ Límites del trabajo.....	5
• <b>CAPITULO 1 - Descripción de los sistemas constructivos.</b>	
○ Tradicional húmedo.....	6
○ Paneles multicapa de madera.....	10
○ Adobe.....	11
• <b>CAPITULO 2 - Proceso constructivo.</b>	
○ Tradicional húmedo.....	12
○ Paneles multicapa de madera.....	16
○ Adobe.....	18
• <b>CAPITULO 3 - Propiedades constructivas, comportamiento higrotérmico, ventajas, desventajas.</b>	
○ Tradicional húmedo.....	21
○ Paneles multicapa de madera.....	22
○ Adobe.....	24
• <b>CAPITULO 4 - Comparación desde lo económico (Costo de materiales, Mano de obra, tiempos de ejecución, y mantenimiento).</b>	
○ Consideraciones varias.....	27
○ Tabla comparativa de componentes y mano de obra.....	30
○ Tabla comparativa de mantenimiento.....	31
○ Cálculos de transmitancia térmica.....	32
○ Tabla comparativa de costos ajustado.....	36
○ Resumen total de costos por m <sup>2</sup> .....	37
• <b>CAPITULO 5 – Experiencia de usuarios.</b>	
○ Tradicional húmedo.....	38
○ Paneles multicapa de madera.....	40
○ Adobe.....	42

- **CAPITULO 6 – Consideraciones.**
  - Consideraciones finales.....44
- **BIBLIOGRAFÍA.....46**
- **AGRADECIMIENTOS.....47**

## **INTRODUCCIÓN:**

El presente trabajo de investigación, pretende como su nombre lo indica estudiar y comparar tres sistemas constructivos usados comúnmente en el país y de bajo costo.

En el capítulo 1 se presentaremos una descripción de los sistemas constructivos seleccionados. En los capítulos 2 realizaremos el detalle sobre el proceso constructivo de cada uno. En el capítulo 3 detallaremos las propiedades como las térmicas, constructivas, económicas, etc., comportamiento higrotérmico, ventajas y desventajas de estos sistemas entre sí. En el capítulo 4 se realizará una comparación de costos de los materiales, la mano de obra, los tiempos de ejecución y el mantenimiento para el usuario, un punto fundamental poco tenido en cuenta al momento de la elección.

Reconocemos la falta de informes de este tipo en el medio y nos parece importante documentar estos valores y características para que al momento de encarar una construcción tengamos la información necesaria para evaluar la conveniencia de un sistema u otro. De esta manera el trabajo pretende ser una guía práctica para todo usuario como apoyo a la hora de elegir un sistema para definir como será un cerramiento vertical (pared).

Hemos delimitado el tema a tres sistemas constructivos utilizados por el mercado uruguayo como los son el adobe, el sistema tradicional de ladrillo y paneles multicapa de madera. El estudio se hará a partir valores y experiencias del mercado uruguayo, estudiando específicamente tres obras donde son utilizados estos sistemas. Tendencias que colaboran con la auto-construcción o la vivienda social. Partimos que el usuario cuenta con un terreno de antemano y lo que busca es una solución a la vivienda, nos centramos en zonas periféricas por las características de la vivienda. Son soluciones donde el usuario puede participar, pudiendo ser autoconstrucción total o parcial, dependiendo de las necesidades.

Se realizará un breve estudio y descripción de cada sistema, se realizarán entrevistas para corroborar la calidad de vida y confort que brinda el sistema en nuestro contexto. En este sentido es muy importante que sean sistemas usados en el mercado y de fácil acceso al público en general.

Al final compararemos los resultados obtenidos para un análisis más subjetivo.

## **OBJETIVOS:**

Haremos una comparación integral donde veremos ventajas y desventajas de cada uno, una comparación de costos, mano de obra, tiempo de ejecución, entre otros.

### Objetivos generales

1. Colaborar con aquellos usuarios que evalúen optar por auto construcción y/o mejoras hechas por el mismo, siendo sistemas económicos del medio local. Para esto proponemos generar un documento sintético y de fácil comprensión que contenga datos relevantes y de utilidad al momento de evaluar qué tecnología es más apropiada para cada caso.

### Objetivos específicos

1. Definir tres sistemas constructivos de fácil acceso en el medio local.
2. Realizar una comparación de dichos sistemas a modo de abarcar tanto aspectos económicos y técnicos que contemplen tres etapas: previa a la construcción, durante y mantenimiento posterior por parte del usuario.
  - 2.1. Comparación de tres sistemas constructivos desde el punto de vista de su tecnología.
    - 2.1.1 – Propiedades constructivas.
    - 2.1.2 – Ventajas y desventajas.
  - 2.2. Comparar los tres sistemas constructivos desde el punto de vista económico.
    - 2.2.1 – Tiempos de ejecución.
    - 2.2.2 – Costos de materiales.
    - 2.2.3 – Costo de mantenimiento de la vivienda para el usuario.

### Límites del trabajo

Para comenzar con este trabajo debemos primero reconocer y plantear los límites del mismo. Al momento de proponer una comparación entre tres sistemas de cerramientos verticales suponemos que, para la construcción de una misma vivienda se mantendrían constantes tanto la cimentación como la cubierta, siendo ésta liviana en todos los casos. Esto es a modo de acotar la posibilidad de combinaciones entre sistemas, reduciendo el margen de error de los datos obtenidos.

Por otra parte, tomamos como supuestos que usuario cuenta de ante mano con un terreno, ubicado además en una zona periférica de Montevideo o su Área Metropolitana y que por este motivo, la solución a una vivienda es prioridad a resolver.

## **CAPITULO 1 - DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.**

En el presente capítulo se realizará una descripción de los sistemas constructivos, pero antes queremos explicar que es un sistema constructivo.

Un sistema constructivo es un conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de edificación particular. Lo que diferencia un sistema constructivo de otro es globalmente, la forma en que se ven y se comportan estructuralmente los elementos de la edificación, como son: pisos, muros, techos y cimentaciones. En nuestro caso nos centraremos en “Muros”.

El sistema constructivo no siempre define la edificación en su totalidad, en cambio suele definir cada una de sus partes; por ejemplo en un mismo edificio se pueden hacer muros mampuestos, reforzados, estructurales, o una combinación de los mismos.

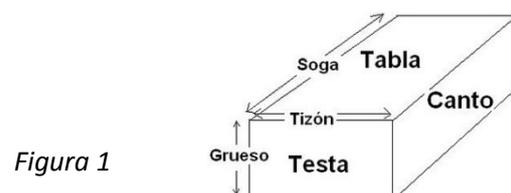
Para cada sistema constructivo, se usan diferentes procedimientos de construcción, diferentes materiales y su funcionamiento estructural, así como su precio, también varían de uno a otro.

### **– TRADICIONAL HÚMEDO, LADRILLO DE CAMPO**

El ladrillo es una pieza cerámica, que se obtiene por un moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa. Su forma es la de un prisma rectangular, sus dimensiones son aproximadamente 24 x 12 x 5,5 cm, llamadas soga, tizón y grueso, respetando el orden anterior (*figura 1*). Por lo general la soga es el doble del tizón, lo que permite variedad de combinaciones.

Es un sistema de “obra húmeda”, es lenta, pesada. Su éxito radica en la solidez y la durabilidad dependiendo de cada material, que para la cultura en la que vivimos es fundamental. Puede ser portante o tener estructura aparte de hormigón armado. Esta mampostería unida con mortero es usada para conformar muros monolíticos, que pueden resistir acciones producidas por las cargas de gravedad, movimientos o viento. El muro así ensamblado se considera un elemento monolítico, siempre y cuando las uniones de las juntas puedan garantizar la transmisión de esfuerzos entre las piezas individuales, sin fallas o deformaciones considerables.

Con respecto a la arcilla como material de construcción es necesario distinguir entre la arcilla sin cocer (tapial o ladrillo de adobe) y la arcilla cocida en su forma más habitual, el ladrillo.



## PROCESO DE ELABORACIÓN DEL LADRILLO:

Explicaremos como es el proceso de elaboración del ladrillo. La fabricación puede ser artesanal o industrial. El proceso de elaboración se puede resumir en extracción, tratamiento, depósito de materia prima procesada, humidificación, moldeado, secado, cocción y apilado.

**EXTRACCIÓN\_** Lo primero que se hace es seleccionar la materia prima, como ya hemos comentado es la arcilla. Se procede a cavar hasta encontrar arcilla, cortándola en bloques. *(Figura 2)*



*Figura 2 – extracción materia prima*

**TRATAMIENTO\_** Se debe triturar, homogenizar y amasar, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas.

**DEPOSITO DE MATERIA PROCESADA\_** Se deposita en silos bajo techo.

**HUMIDIFICACION\_** Se saca la arcilla de los silos, donde se le agrega agua para obtener la humedad precisa.

**MODELADO\_** Artesanalmente se puede mezclar con paja y arena, esta pasta se vierte en un molde paralelepípedo, se retiran los excesos y se saca el molde sin romper el ladrillo aun sin cocinar. Si pensamos industrialmente se hace pasar la pasta a través de una extrusora que va cortando a medida. *(Figura 3)*

**SECADO\_** Esta etapa tiene como finalidad la eliminación del agua agregada en el proceso de moldeado, es de las etapas más importantes para que no se produzcan fisuras. *(Figura 3)*



*Figura 3 - modelado*

**COCCIÓN\_** Última etapa del proceso de fabricación. La cocción se hace en

hornos abiertos o cerrados. Los cerrados son los artesanales donde la cocción puede durar hasta 3 días, aunque puede ser variable según la cantidad y la calidad deseada. Los abiertos son los industriales donde se va cargando por un extremo y salen por otro. (Figura 4)



Figura 4 – cocción hornos

ALMACENAJE\_ Se forman paquetes sobre pallets, que permiten su fácil transporte. Luego son embalados los paquetes en cintas de plásticos para su traslado a destino. (Figura 5)



Figura 5 - almacenaje

Los usos del ladrillo son varios, el principal y que nos interesa es la construcción de viviendas y edificios. También tenemos varios tipos de ladrillo, como ladrillo refractario que se usa para soportar altas temperaturas, muy usado en estufas y hornos. El ladrillo de campo, es el realizado artesanalmente, donde a veces puede variar sutilmente las medidas entre ellos y tener alabeos.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de la fabricación industrializada.

Comparación de tres sistemas constructivos utilizados en cerramientos verticales.

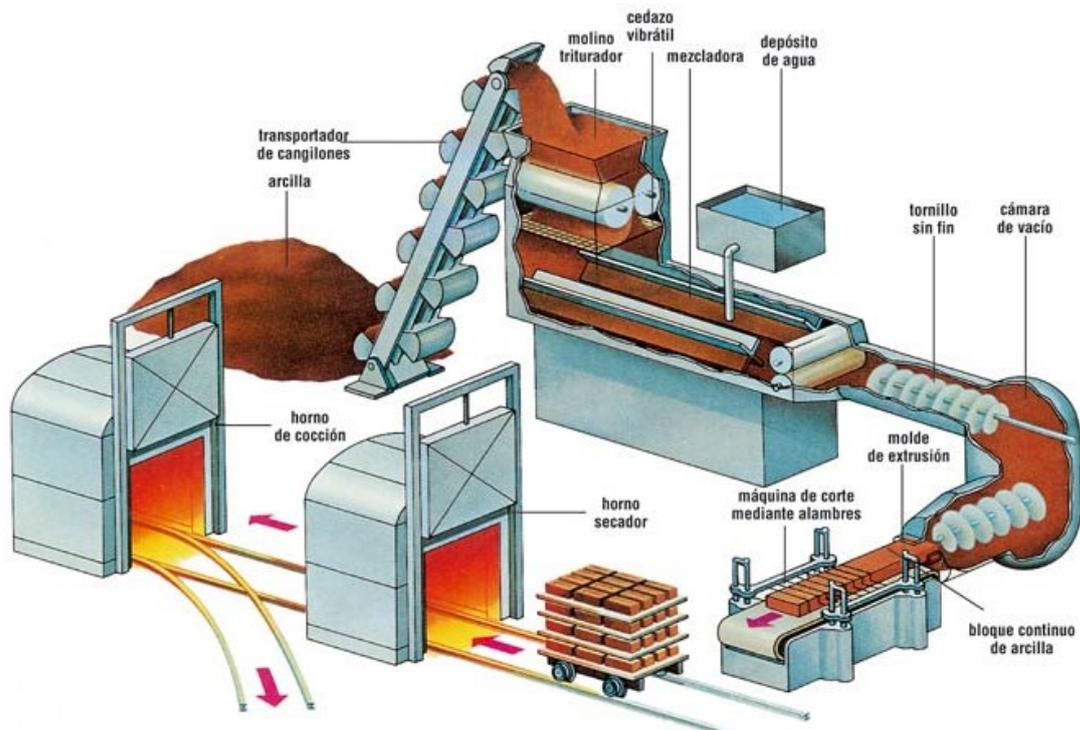


Figura 6 – proceso industrializado

## – PANELES MULTICAPA DE MADERA

La madera es un recurso natural renovable de fácil obtención, siendo el que menos energía consume en su proceso tanto de extracción como de transformación, especialmente comparado con el acero, aluminio y plásticos, que consumen grandes cantidades. En su proceso de obtención no se requieren herramientas sofisticadas ni mano de obra de alta calificación.

Al ser un material orgánico, la madera es muy vulnerable al ataque de hongos e insectos por lo cual se debe cuidar que las piezas no queden húmedas por tiempos prolongados, debiendo acopiarse siempre en lugares ventilados y cuidando que se seque luego de estar expuesta a lluvias. Existen además tratamientos químicos como el CCA (cromo-cobre-arsénico) utilizados para protegerla de los agentes ya mencionados.

En cuanto a su inflamabilidad debemos aclarar que ésta no lo es en sí, sino que es combustible. Frente a la exposición a altas temperaturas se descompone produciéndose la emanación de gases que sí son inflamables. Para retardar este proceso existen pinturas ignífugas de fácil acceso en el mercado pero de costo elevado. Por último, debido a su composición de cavidades de aire la madera no se desempeña como buen conductor de calor, lo cual varía según la especie del árbol, la dirección en la cual se transmite y el contenido de humedad de la pieza, siendo directamente proporcional la relación entre transmisión de calor y contenido húmedico.

Definamos ahora paneles multicapa. Éstos son cerramientos laminares livianos, utilizados tanto en vertical como en cubierta, pudiendo ser interiores o estar en contacto con el exterior, unidos entre sí por procesos mecánicos o químicos, cumpliendo cada uno con una función específica. Los paneles multicapa es su mayoría tienen un proceso de montaje en seco siendo la mayoría de sus componentes producidos de forma industrializada y estandarizada, en plantas industriales. Los elementos que componen estos paneles se colocan en forma de sándwich respondiendo a las distintas funciones de aislación térmica y acústica, barreras húmedicas y exigencias estructurales, pudiendo alojar instalaciones como eléctricas y sanitarias.

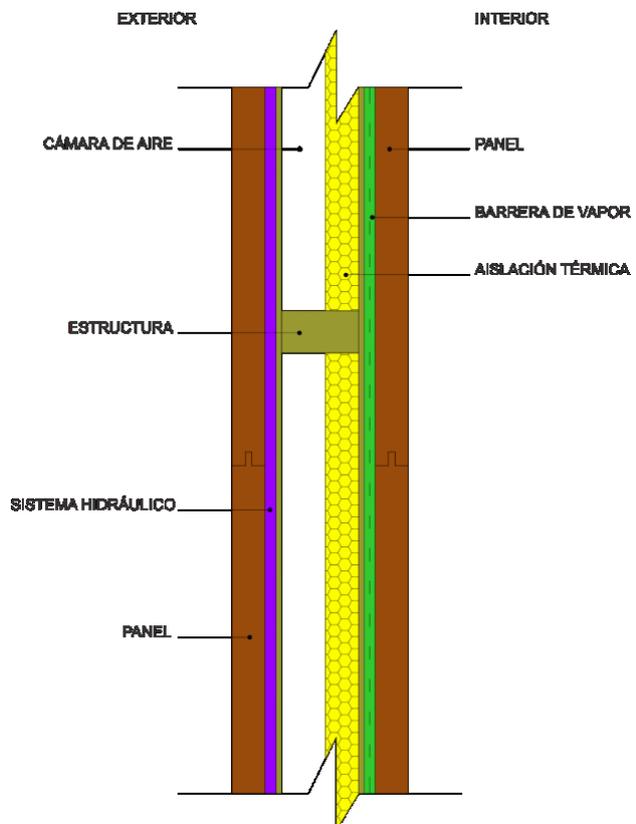


Figura 7 – corte panel

En el caso de los paneles multicapa de madera el sándwich que los compone se distribuye de la como se indica en la figura 7.

## – ADOBE

Antes de describir el sistema constructivo de este título, vamos a ver qué recepción tiene en Uruguay este sistema. Según Alejandro Ferreiro en su libro “Construir con terrón” nos cuenta su experiencia a través del estudio de un proyecto como se experimenta en Uruguay,

“Hoy en día hablar de arquitectura y construcción con tierra no es algo que sorprenda ni que se vea como una alternativa: para muchos es la primera opción y una opción elegida. Es tal la difusión que se ha dado desde 1990, que en Uruguay existen más de 150 construcciones con tierra, la mayoría de ellas diseñadas y construidas en los últimos 10 años.” (Ferreiro, 2014:22)

En su definición más técnica, el adobe es un bloque macizo hecho con barro sin cocer y eventualmente con la adición de paja y otros materiales naturales como estabilizantes. Adobe estabilizado es aquel en el que se ha incorporado otros materiales con la finalidad de mejorar sus condiciones de estabilidad frente a la humedad.

Los suelos apropiados para realizar la mezcla debe ser de 25-45% de limo y arcilla (máximo 15-17% arcilla); el resto arena, abundante en nuestro país. No debe ser tierra de cultivo. La dimensión de los mismos que estudiaremos será de (40x20x10cm) aunque debido a que la construcción de los mismos es artesanal estas pueden variar.

En la figura 8 vemos un ejemplo artesanal de la elaboración del ladrillo, en el proceso de llenado de los moldes.



*Figura 8 - elaboración*

## **CAPITULO 2 –PROCESO CONSTRUCTIVO.**

### **– TRADICIONAL HÚMEDO, LADRILLO**

Como dice Foster en su libro “La construcción de la Arquitectura”, la destreza del albañil es un factor determinante en la calidad y el buen aspecto de las obras.

La colocación de los ladrillos define la clasificación del tipo de muro que será y para que uso se le puede dar. En la figura 9 se muestran los nombres de sus caras (canto, tabla, testa) y el nombre del muro (soga, tizón, grueso). Si hablamos del ladrillo podemos decir que está colocado a soga, a grueso o tizón.

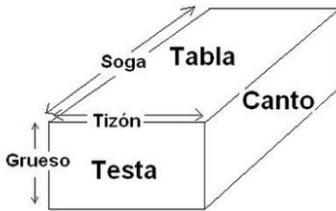


Figura 9 - caras

Ahora que ya hemos realizado la descripción y clasificación, pasamos a detallar como es la colocación, pero antes explicaremos ciertas nomenclaturas que utilizaremos,

“Se llama hilada al conjunto de ladrillos de un mismo plano horizontal. Las líneas que el mortero de unión acusa en el paramento se denominan con el nombre general de juntas...” (F.ARREDONDO 1980:112)

En la figura 10 extraída del libro “Estudio de materiales” de F.ARRENDONDO, se pueden ver las distintas clases de juntas.

Sabemos que el mortero cumple la función de unir entre si y formar un conjunto único. Este debe tener una consistencia suficiente para permitir que será trabajable, sin tener exceso de agua, ni que sea muy seco.

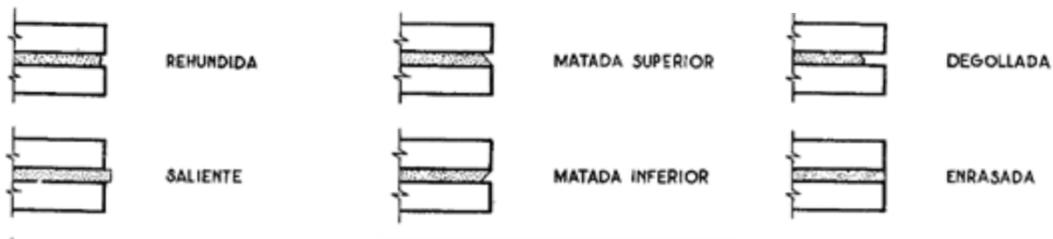


Figura 10 - juntas

## EXIGENCIAS PARA LA COLOCACIÓN DE LADRILLOS

- Colocarlos perfectamente mojados
- Colocarlos apretándolos de manera de asegurar una correcta adherencia del mortero
- Hiladas horizontales y alineadas
- Las juntas verticales irán alternadas sin continuidad con espesor de 1,5 cm
- Los muros que se crucen o empalmen deberán ser perfectamente trabados
- Se controlará el plomo y el nivel de las hiladas
- No se permite el empleo de clavos, alambres o hierro para la traba de las paredes o salientes
- Las paredes irán unidas a las estructuras por armadura auxiliar (hierro de 6mm de diámetro)

Si hablamos de la resistencia del muro, sabemos que esta depende de varios factores, como la resistencia del ladrillo, del mortero, espesor de las juntas, las irregularidades de las superficies, el tamaño de los áridos, la retracción del mortero, la mano de obra, etc.

Antes de iniciar el trabajo, el albañil establece las dimensiones reconstruyendo la forma con hilos guías nivelados como se ve en la figura 11, que facilitan obtener hiladas perfectamente horizontales, y en la figura 12 se ve como es el replanteo del nivel por hilada.

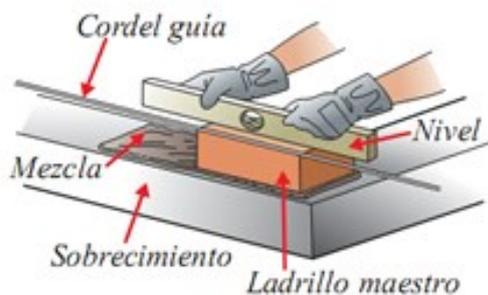


Figura 11 – ladrillos maestros para nivelado

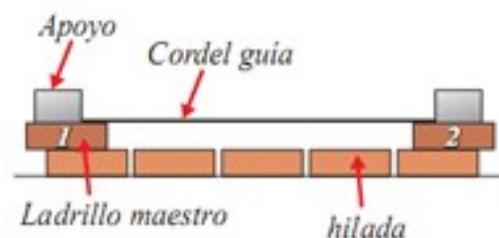


Figura 12 – nivelación por hilada

Se comienza la construcción desde las esquinas. El albañil toma el mortero del balde con la cuchara como se ve en la figura 13, el cual se lo apronta un ayudante. Luego se realiza un asentamiento como se ve en la figura 14 dando pequeños golpes. Las juntas verticales se rellenan una vez asentados los ladrillos de cada hilada antes de repetir el proceso con la siguiente, como se ve en la figura 15.

Comparación de tres sistemas constructivos utilizados en cerramientos verticales.

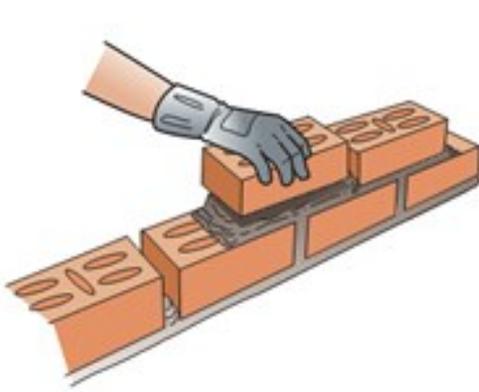


Figura 13 - colocación

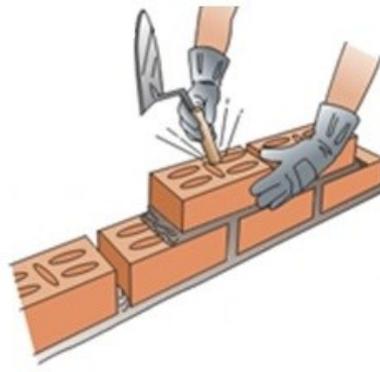


Figura 14 - asentamiento

Cada tanto el albañil realiza un control de nivel como se ve en las figuras 16 y 17.



Figura 15 – colocación del mortero vertical

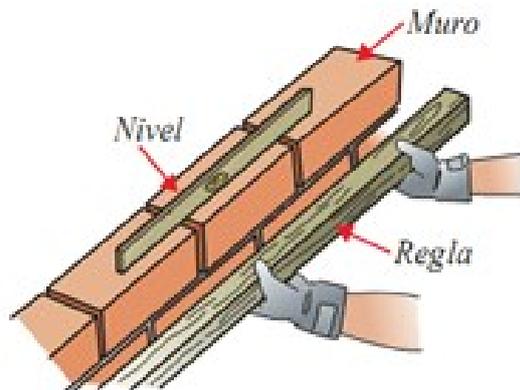


Figura 16 – control de nivel horizontal

Se realizan un máximo de 12 hiladas o 1,3 metros de altura por jornada de trabajo como se ve en la figura 18.

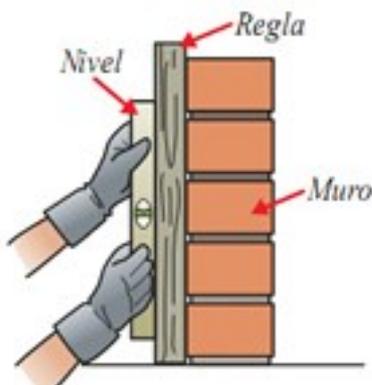


Figura 17 – control de verticalidad

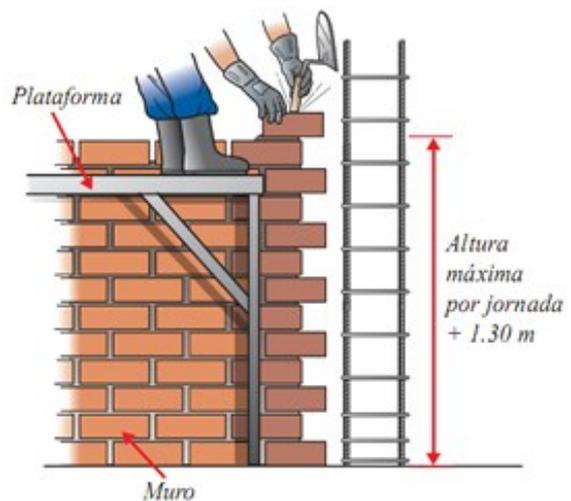
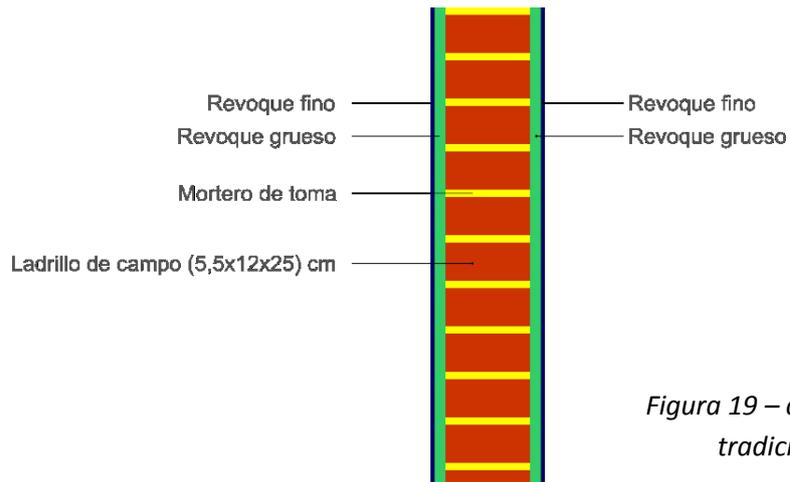


Figura 18 – altura máxima por jornada

En la figura 19 se ve el corte de un muro tradicional.



*Figura 19 – corte muro tradicional*

## – PANELES MULTICAPA DE MADERA

En el caso de los paneles multicapa podemos distinguir dos etapas de armado de los mismos, una en el taller del fabricante y la segunda correspondiente al montaje de los mismos en obra.

A continuación detallaremos ambas etapas con información proporcionada por la empresa uruguaya Cabañas El Pinar, especializada en fabricación y montaje de cabañas de madera.

### Etapas de taller:

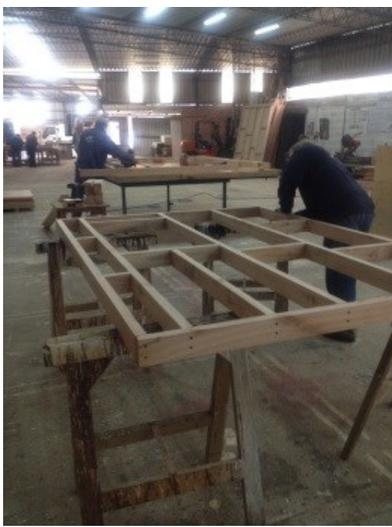
La construcción en taller da comienzo de la siguiente manera:

“Una vez definidos los planos, se planifica la panelería y se entrega a producción el plano de planta, con el plano eléctrico, el de paneles y una planilla que llamamos “planilla de diseño” donde va el detalle de la casa. Adjunto a modo de ejemplo al final de este proyecto.

Una vez chequeados los paneles por el equipo de Producción, se da comienzo a la fabricación.

Los palos para estructura, de eucaliptus, ya vienen cepillados, solo se cortan a medida. Se van cortando y armando panel por panel, como se ve en la figura 19. Una vez armada la estructura, se coloca el primer chapón fenólico exterior como se ve en la figura 20. En caso que la casa vaya revestida con Chapón Smart Side, se coloca el Tyveck y el chapón fenólico. Si la casa va revestida en Eucaliptus o Smart Side tinglado, esa parte se hace en obra.

Una vez finalizada esta etapa, se monta en el taller.” (Fragmento de informe realizado por la empresa para describir su producto y proceso constructivo ante BPS.)



*Figura 19 – armado estructura de panel*



*Figura 20 – armado de panel*

### Etapas de obra:

Una vez finalizado el replanteo y construcción de la cimentación de la vivienda se comienza el proceso de ensamblaje de los paneles fabricados en el taller, como se ve en la figura 21.

“Los paneles vienen numerados para su fácil instalación. Cuando la casa va revestida con “chapón Smart Side” el panel viene revestido de fábrica hacia el exterior con: Chapón Fenólico de 12 mm, Tyveck y Chapón Smart Side. Cuando la casa va revestida con Smart Side tinglado o Eucaliptus frente americano; el Tyveck y el revestimiento exterior se coloca en obra.” (Fragmento de informe realizado por la empresa para describir su producto y proceso constructivo ante BPS.)

Posteriormente se colocan triángulos, vigas y tijeras para comenzar el proceso de techado de la vivienda, como se ve en la figura 22.



Figura 21 – montaje de paneles



Figura 22 – montaje de paneles y cubierta

Una vez finalizada la construcción de la cubierta se comienza el proceso de colocación de instalaciones, como se ve en la figura 23, en especial la eléctrica y sanitaria donde se colocan los caños corrugados en agujeros previstos anteriormente según el plano correspondiente. Al mismo tiempo se comienzan a colocar las aberturas en los paneles, pudiendo ser estas tanto de aluminio como madera, las cuales ya vienen prontas de fábrica.

“Al terminar el clavado de tejas o chapas, parte del equipo comienza con el revestimiento interior. Esto es la colocación de la lana de vidrio en los paneles, para luego forrarlos con MDF de 9mm o lambriz...” (Fragmento de informe realizado por la empresa para describir su producto y proceso constructivo ante BPS.) (Figura 24)



Figura 23 – colocación instalación sanitaria



Figura 24 – colocación instalación sanitaria y eléctrica

## – ADOBE

Se comenzará con el replanteo, colocándose estacas que sirven para marcar el nivel de referencia, en general se toma un nivel de +1 metro sobre nivel de piso terminado, para esto utilizamos el nivel de manguera, como se muestra en la figura 25.

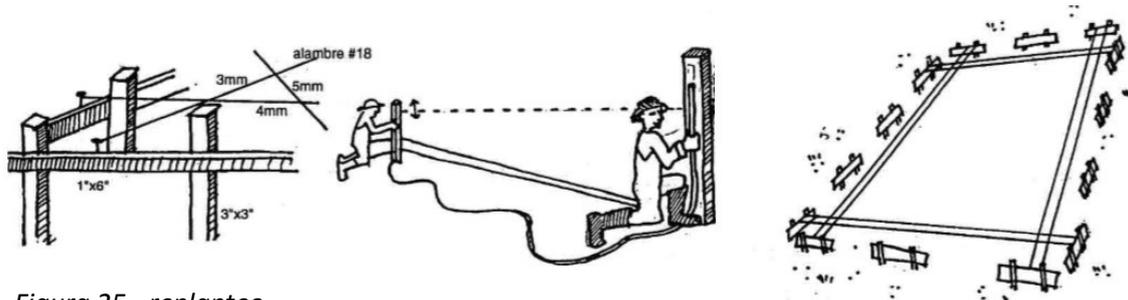


Figura 25 - replanteo

Para este sistema de muros de adobe debemos tener en cuenta la cimentación que elegimos, en general se usa corrida de hormigón ciclópeo, para que el muro apoye homogéneamente a lo largo y las caras se transmitan al suelo de forma pareja. (Ver figura 26 y 27)

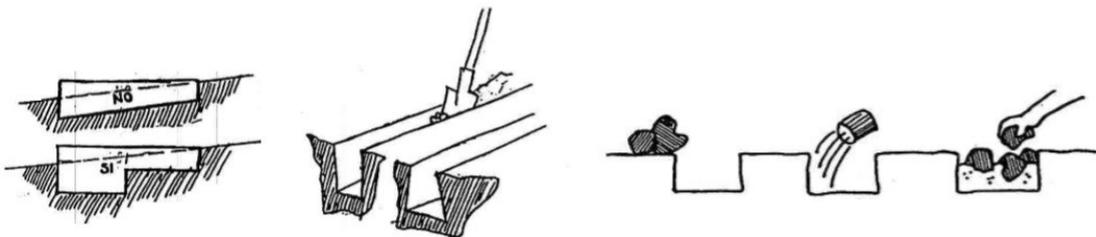


Figura 26 - cimentación



Figura 27 – llenado cimentación

Debemos mojar la viga de fundación, luego colocamos el mortero. Se moja para que la viga no absorba el agua del mortero rápidamente y este tienda a quebrarse. El mortero que se usa puede ser del mismo barro de los adobes o puede ser con cemento al 8x1.

El muro debe ir levantando por hiladas, estas trabándose en las esquinas, de modo que los adobes queden trabados entre sí, a que nos referimos con esto, a que las juntas estén desfasadas entre sí. Cada tantas hiladas se debe corroborar que el muro se está levantando de manera vertical, esto se hace con una plomada. (Ver figura 28)

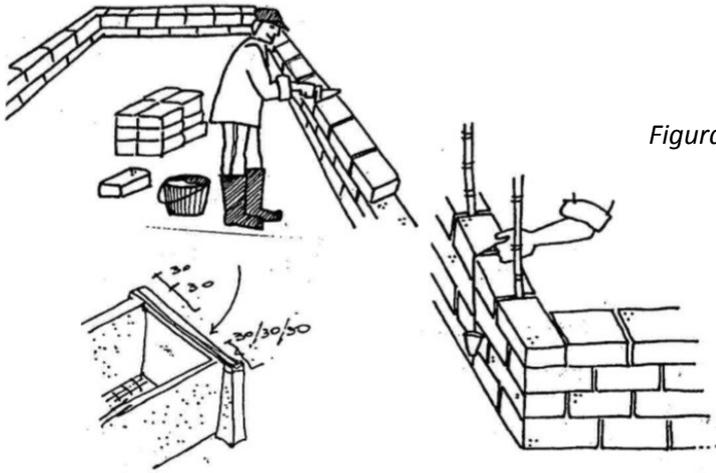


Figura 28 – elevación de muro

Hay que tener en cuenta que no se deben levantar más de 5 hiladas por jornada ya que sufren un asentamiento considerable a medida que se van secando. Además se recomienda que:

“cada 4 hiladas se pueden colocar dos alambres de púas o medias cañas tacuaras para arriostrar toda la construcción” (ETCHEBARNE, Rosario 1997:39)

Hay que tener en cuenta que el muro se debe proteger de la lluvia, en general se estila a realizar techos con grandes bolados para que ya sirva de protección para el muro, además de canalizar los desagües por un canalón para evitar que salpique, y en la parte inferior se puede forrar con piedra y mortero. Además es recomendable que se realice una vereda alrededor de la edificación.

Vamos a citar tres ejemplos de revocos para los muros:

“Tipo 1: Primer capa: se trata de crear una capa hidrófuga persiguiendo triple objetivo, por un lado impedir el pasaje de humedad del exterior al interior, por otro lado impedir que el adobe absorba humedad del revoque y por último procurar una capa muy rugosa que cree adherencia entre los adobes y las capas de revocos. Se realiza una azotada de 3 partes de arena y 1 parte de cemento, en 10 partes de agua, se incorpora 1 parte de hidrófugo (1/10). Segunda capa: 10 partes de arena cava y 1 parte de cemento. Tercer capa: en algunos casos se aplica mezcla fina con cal y luego se aplica pintura. La segunda y tercer capa debe cumplir el requisito de plasticidad, de tal forma que el revoque acompañe el movimiento natural del material sin fisurarse.” (ETCHEBARNE, Rosario 1997:46)

“Tipo 2: sobre el adobe se coloca una capa de pintura PVA 1 parte en 10 de agua. Previamente se humedeció la superficie. Esto evita la migración

de humedad del mortero al interior. Se pinta una segunda vez en 1 parte PVA en 5 partes de agua. Se coloca un revoque de 5 partes de arena y 1 parte de cal. Se utiliza una tierra arenosa con poca arcilla. La cal controla la evaporación rápida, es plástica y no produce retracciones.” (ETCHEBARNE, Rosario 1997:46)

“Tipo 3: se aplica un mortero muy plástico compuesto por cal y estiércol de caballo. Este contiene microfibrillas de celulosa, que lo provee de adherencia y poder hidrófugo. Primer capa: 1 parte de tierra arenosa y 1 parte de estiércol. Segunda capa: 1 carretilla de estiércol y 1 balde de cal. Para la primera capa se recomienda estiércol de caballo que es fibroso. Para la segunda capa se recomienda estiércol de vaca que provee una superficie más lisa.” (ETCHEBARNE, Rosario 1997:47)

Debemos tener en cuenta la altura final que van a tener los muros y como regla general la altura no debe ser superior a 10 veces su espesor, si el muro es de 20cm la altura recomendable es de 2m, y a partir de allí podemos partir el techo inclinado.

Otros datos importantes que se deben considerar:

- La ubicación de puertas y ventanas alejadas 1.20m de las esquinas.
- Los vanos de puertas y ventanas deben ser chicos.
- Los vanos deben estar repartidos uniformemente en el muro.
- El levantamiento de todos los muros de adobe a la vez.
- Antepechos de rolos de madera.
- Dinteles de rolos de madera.
- No se debe recubrir el muro antes que: la contracción del secado sea estable, el asentamiento del muro este realizado, la migración del agua y vapor del secado esté terminada. En la ciudad de Salto esto lleva 3 meses.

En la figura 29 vemos el corte de un muro tradicional de adobe terminado.

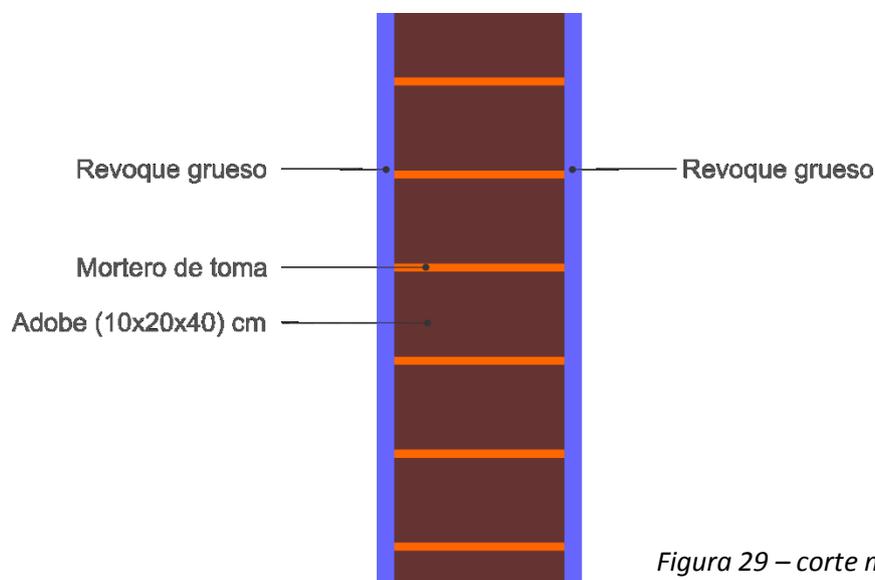


Figura 29 – corte muro

### **CAPITULO 3 – PROPIEDADES CONSTRUCTIVAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

En este capítulo se detallarán propiedades de los sistemas constructivos relevantes al momento de elegir el más conveniente según el caso particular del usuario. Al hablar de propiedades constructivas se hará referencia a características físicas (forma, tamaño, peso específico, porosidad), térmicas (transmisión de calor), acústicas (aislación de ruidos) y mecánicas (resistencia a la compresión, dureza). En cuanto a ventajas y desventajas, comentaremos los aspectos positivos y negativos relevantes a la aplicación de los mismos en viviendas unifamiliares de un máximo de dos plantas.

#### **– TRADICIONAL HÚMEDO, LADRILLO**

##### **Ventajas:**

**Aislación térmica\_** se logra de dos maneras, una, es mediante muros de mucho espesor. Por ejemplo, las paredes de ladrillos de 25 centímetros de espesor. La otra es utilizar paredes dobles con cámara de aire que funcionan muy bien como aislantes térmicos. Además que se le agregan dentro de ambos muros se le incorporan aislantes especiales.

**Aislación acústica\_** las paredes tradicionales de ladrillos funcionan bien como aislante acústicos a un cierto límite, ya que tienen masa o espesor, depende de su naturaleza, su densidad y su estructura.

**Impermeabilidad\_** Esta se hace con una capa de revoque con hidrófugo. Se debe controlar la continuidad de la superficie, porque si queda algún poro, será el punto débil por donde se filtre la humedad. El ladrillo por si solo absorbe muy bien la humedad, aunque esto varía según las características de las materias primas.

**Mantenimiento\_** es relativamente nulo, el ladrillo por si solo como material no requiere mantenimiento. En caso de realizar una terminación superficial a la pared de ladrillo esta sería lo que lleva un mantenimiento, una pintura exterior se debe renovar cada 4 años, ya porque se puede decolorar, perder propiedades elásticas y fisurarse.

**Flexibilidad de diseño\_** poseen gran flexibilidad de diseño ya que se pueden adaptar a cualquier forma y su medida es pequeña, pudiendo partirse en caso de ser necesario como en los encuentros de esquinas que se cortan a la mitad.

**Resistencia del material\_** Se considera muy buena por su durabilidad en el tiempo de todos los materiales componentes del muro. Un edificio tradicional de ladrillo puede llegar a superar fácilmente los 150 años de vida útil en buen estado.

**Resistencia al fuego\_** Debido a su naturaleza físico-química, el ladrillo presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego.

### **Desventajas:**

**Velocidad de ejecución\_** Mampostería de ladrillo común, para obras de poca altura - un piso o dos -partiendo de nivel cero (incluye ejecución del mortero de asiento) tiene un rendimiento de 12 horas hombre por m3 de mampostería espesor 15 a 30 cm. Para mampostería de ladrillo visto se debe adicionar al rendimiento indicado 3 horas hombre por m3.

**Impacto ambiental\_** Es medio por la necesidad de cemento que necesita en la unión de las piezas.

**Peso propio\_** Se considera medio a alto, por el peso propio del ladrillo más el mortero de toma y las capas de revoque que se le deben realizar.

**Instalaciones\_** Al elegir la pared se debe tener en cuenta la facilidad de ejecución y la reparación de las cañerías de las distintas instalaciones-eléctrica, gas, agua- que pasan por el interior del muro. En este caso de ladrillo una vez realizado el muro, se tiene que picar donde van a pasar las instalaciones, o hacer cortes muy prolijos con moladora, ya que las cañerías van amuradas. Por eso es inevitable romper para hacer alguna reparación.

**Mano de obra\_** Debe ser especializada, para la etapa de elevación de muro y revoques, no así para terminaciones de pinturas, las cuales pueden ser aplicadas directamente por el usuario.

**Reintegración a la naturaleza\_** Se considera malo, porque el propio ladrillo ya está cocido y el mortero con el cemento no es biodegradable y deben ser desechados con cuidado al terminar la vida útil del cerramiento.

### **– PANELES MULTICAPA DE MADERA**

En cuanto a las características físicas de la madera en sí, primero debemos aclarar que al ser esta un material orgánico, sus propiedades, calidad y comportamiento varían según el tratamiento del monte durante el crecimiento del árbol y el proceso de secado, influyendo esto directamente en los usos que se darán luego a las piezas.

### **Ventajas**

**Aislación térmica\_** Es buen aislante térmico ya que es un material poroso, y como la transferencia de calor se da por lo sólido, este funciona muy bien.

**Velocidad de ejecución\_** Bajo tiempo de ejecución al ser un sistema modulado de montaje en seco los tiempos de ejecución se reducen notablemente debido a que no es necesario esperar fraguados de morteros, etc. Además, al ser modulado, permite una mayor exactitud en la ejecución y montaje de los componentes, optimizándose las propiedades higrotérmicas y estanqueidad del cerramiento.

**Impacto ambiental\_** Es bajo ya que la construcción en madera ofrece una alternativa

realmente sostenible frente al uso tradicional del hormigón o el acero debido a que es un recurso renovable el cuál requiere muy poca energía tanto para su extracción y procesamiento en comparación con otros materiales constructivos como ser el acero, aluminio, cementos y cerámicos.

**Peso propio\_** Se considera bajo comparado con materiales constructivos como el acero, hormigón y tierra.

**Instalaciones\_** Al elegir la pared se debe tener en cuenta la facilidad de ejecución y la reparación de las cañerías de las distintas instalaciones-eléctrica, gas, agua- que pasan por el interior del muro. En este caso se debe prever los pases y la ubicación de las instalaciones antes de cerrar el panel multicapa. Y en caso de grandes reparaciones se debe remover las capas interiores en caso de ser necesario.

**Resistencia del material\_** Si prevemos un buen cuidado y mantenimiento del mismo se considera una resistencia buena, ya que es un material resistente, no tanto como el tradicional de ladrillo. Un edificio de madera correctamente construido y mantenido puede llegar a superar fácilmente los 50 años de vida útil en buen estado.

### **Desventajas**

**Aislación acústica\_** No tiene un buen desempeño al momento de aislar acústicamente, especialmente frente a ruidos de impacto debido a su poca masa.

**Impermeabilidad\_** Esta se realiza entre la capa exterior y la interior, siendo una membrana impermeable que impide el pasaje de agua y humedad. Dependiendo la buena ejecución del operario en el cierre hermético de la misma.

**Mantenimiento\_** se considera alto, ya que una vez por año se le debe realizar un mantenimiento superficial de la capa exterior, la terminación como ser pintura, barniz, o protector de madera. Esta capa se reseca y quiebra por las inclemencias del clima, entonces se debe lijar y volver a pintar anualmente.

**Flexibilidad de diseño\_** Poseen poca flexibilidad en el diseño de módulos, debido a tamaños estandarizados tanto de elementos estructurales como de paneles.

**Mano de obra\_** Debe ser especializada, para la etapa de montaje de los mismos, no así para terminaciones como barnizado o pintura, las cuales pueden ser aplicadas directamente por el usuario.

**Reintegración a la naturaleza\_** Se considera medio porque la madera es biodegradable con el paso de los años, pero hay ciertos materiales que contiene el panel que no lo son y deben ser desechados con cuidado al terminar la vida útil del cerramiento.

**Resistencia al fuego\_** Debido a su naturaleza físico-química, la madera presenta muy poca estabilidad y resistencia al fuego, por ser un material combustible, además que los materiales que la protegen como ser tratamientos, barnices y protectores en general son combustibles.

**El agua como principal causa de patologías\_** Al ser un material higroscópico y poroso absorbe agua tanto en forma líquida como de vapor, al cesar la fuente de humedad la madera devuelve al ambiente solamente el exceso de agua, conservando solamente la cantidad que se equilibra con la humedad relativa del ambiente. Si esta humedad no puede salir, ésta se acumula quedando retenida en su interior afectando a la pieza en cuanto a sus propiedades mecánicas, provocando hinchamiento, disminuyendo su capacidad térmica y volviéndola muy vulnerable a ataques biológicos (bichos, hongos, etc.).

**Material anisotrópico\_** Si bien no es una desventaja, es necesario tener en cuenta que el comportamiento y propiedades de la misma varía según la dirección en la que se consideren las fibras.

**Contenido de humedad\_** La madera es un material fuertemente higroscópico, es decir, realiza un intercambio constante de humedad con el ambiente. Si bien esto no es necesariamente una desventaja, se debe considerar al momento de seleccionar la madera para ciertos usos ya que esta se dilata y contrae con estas variaciones pudiendo tener variaciones entre un 0%-30% de su tamaño. El contenido de humedad óptimo para su uso en la construcción es entre 12%-15%.

## – ADOBE

### Ventajas:

**Aislación térmica\_** gran capacidad como aislante térmico. El material del que está constituido el adobe es un buen aislante térmico. El interior de una casa construida con este material requerirá un uso mucho menor de sistemas de climatización que en una convencional de materiales industriales. Las casas construidas con barro resultan frescas en verano y cálidas en invierno logrando fácilmente un agradable bienestar térmico. El coeficiente de conductividad térmica del adobe es de 0.25 W/m °C siendo el del ladrillo de 0.85W/m°C. Una vivienda construida en adobe en países fríos y que contase con alguna técnica ecológica de climatización, como por ejemplo la energía solar pasiva, podría llegar a prescindir totalmente de sistemas de calefacción que consuman combustibles.

**Aislación acústica\_** el adobe es muy buen aislante acústico. Las viviendas construidas con tierra cruda quedan más aisladas de los ruidos exteriores, resultando más silenciosas que otras construidas con materiales industriales convencionales. Por otro lado, su superficie irregular difumina el ruido producido del interior de las viviendas, lo que evita las reverberaciones y propicia un interior más silencioso y agradable.

**Mantenimiento\_** Se considera medio a bajo, ya que como se dijo desde el inicio el muro de adobe se debe proteger de las inclemencias del tiempo con un buen alero. Puede ser necesario cada 4-5 años algún cambio de revoque o pintura exterior.

**Impacto ambiental\_** Es bajo el impacto ambiental. Para la fabricación y procesado de los adobes o para la conformación de los muros de tapia, se emplea mucha menos energía que la necesaria para fabricar otros materiales convencionales. Para la fabricación de ladrillos o de bloques de hormigón, así como de los cementos, se recurre a la quema de combustibles fósiles para obtener las altas temperaturas necesarias en su procesado industrial. En cambio, el adobe se puede fabricar a mano y dejar secar al Sol. El adobe requiere una energía de 2000 BTU para fabricarse, (siendo la mayoría de las ocasiones toda ella de origen renovable, limpio y natural), mientras que el ladrillo necesita 15 veces más energía (30.000 BTU), siendo necesario además en su fabricación la quema de combustibles que emiten Co2.

**Instalaciones\_** Al elegir la pared se debe tener en cuenta la facilidad de ejecución y la reparación de las cañerías de las distintas instalaciones-eléctrica, gas, agua- que pasan por el interior del muro. En este caso una vez construido se debe remover parte del muro antes de realizar los revoques, esto no requiere tanto esfuerzo como el ladrillo. Y en caso de reparaciones se debe remover los revoques interiores.

**Flexibilidad de diseño\_** poseen gran flexibilidad de diseño ya que se pueden adaptar a cualquier forma y su medida es pequeña, pudiendo partirse en caso de ser necesario como en los encuentros de esquinas que se cortan a la mitad.

**Reintegración a la naturaleza\_** Se considera buena porque el adobe por estar constituido de materiales locales y presentes naturalmente en el medio, puede tener una reintegración total a la naturaleza una vez que el edificio ya ha pasado su vida útil. En cambio el ladrillo, el hormigón/concreto y el cemento no se reintegran a la naturaleza una vez que el edificio ha perdido su función, quedando como escombros y provocando un impacto ambiental mucho mayor.

**Resistencia del material\_** Aunque la resistencia de estos materiales puede ser inferior a otros industriales existentes como el ladrillo, a escala humana resulta suficiente. Un edificio de adobe correctamente construido y mantenido puede llegar a superar fácilmente los 100 años de vida útil en buen estado. En teoría y con el mantenimiento adecuado, un edificio de adobe podría resistir de manera indefinida.

**Resistencia al fuego\_** Debido a su naturaleza físico-química, la tierra cruda presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego, resultando está claramente superior a otros industriales como el acero y el ladrillo.

### **Desventajas:**

**Impermeabilidad\_** la necesidad de una aislación térmica es fundamental, sobre todo en paredes que están mal orientadas. Y especialmente en aquellas que miran hacia el sur. Sucede que, como la cara exterior del muro esta fría en invierno, puede condensarse la humedad ambiental y se produce el clásico fenómeno de transpiración de la pared en el lado interno, y con el tiempo la formación de hongos sobre la superficie del muro.

**Velocidad de ejecución\_** es relativamente baja ya que cada 4-5 hiladas de muro se debe dejar asentar hasta el otro día ya que siempre baja unos centímetros.

**Peso propio\_** Se considera alto, por el peso de la tierra y el ancho del muro.

**Limitación en altura\_** La construcción con tierra cruda, debido a la resistencia del material, limita a dos alturas el número de pisos con que se puede construir un edificio.

**Vulnerabilidad ante el agua\_** El agua produce sobre el adobe un efecto erosivo similar al ejercido sobre el suelo sin vegetación. No obstante existen diversas técnicas que la cultura popular ha desarrollado en diferentes partes del mundo para solventar este problema. Para evitar el efecto negativo del agua de lluvia que se acumula en el suelo en momentos de precipitación intensa, los edificios construidos con tierra se sustentan sobre cimientos de piedra (o de cualquier otro material resistente al agua, hasta una altura en la que el agua no pueda llegar a ella. Para los casos de lluvia racheada (que cae con cierta inclinación por acción del viento) existen otras soluciones como colocar aleros o recubrir el muro con una capa de cal.

**El espesor de sus muros\_** requiere disponer de cierto espacio, por lo que no es adecuado para viviendas en zonas de alta densidad constructiva.

**Mano de obra\_** Debe ser especializada, para la etapa de elevación de muro y revoques, no así para terminaciones de pinturas, las cuales pueden ser aplicadas directamente por el usuario.

## **CAPITULO 4 – COMPARACIÓN DESDE LO ECONOMICO (COSTOS DE MATERIALES, MANO DE OBRA, TIEMPOS DE EJECUCIÓN Y MANTENIMIENTO.**

A modo de poder realizar una comparación desde el punto de vista económico, en este capítulo basamos la investigación en la cuantificación de materiales, cantidades de los mismos y costos, la mano de obra necesaria para la elevación del cerramiento y el costo de la misma y además las horas de trabajo necesarias. A modo de simplificar se consideró en cada caso 1m<sup>2</sup> de cerramiento, todos los cálculos y desgloses posteriores se hicieron sobre esta medida. El objetivo de este capítulo fue llevar a la realidad, en datos económicos concretos y del mercado uruguayo, lo visto teóricamente en los capítulos anteriores.

### **Consideraciones en cuanto a Mano de obra:**

En todos los casos se tomó como referencia el laudo oficial del MTSS vigente a partir del 1º de octubre del 2015. Todos los operarios y sus respectivas compensaciones se consideran incluidos en la Ley N° 14.411.

Para el adobe y sistema tradicional húmedo de ladrillo fue considerado un operario Medio Oficial correspondiente a la categoría V con un jornal nominal de \$1011.25. En el caso del sistema de panel multicapa fue considerado un operario Medio Oficial correspondiente a la categoría VI con un jornal nominal de \$1094.39. En todos los casos fueron consideradas las siguientes compensaciones por jornal: Desgaste de ropa: \$50.56, Gastos de Transporte: \$ 44.23 y Desgaste de Herramientas: \$ 20.22. En todos los casos se consideraron jornales de 8hs.

Debe aclararse además que en el caso del sistema de panel multicapa en madera, para cuantificar y cotizar la mano de obra se consideró el jornal de un operario en obra y no en planta de fabricación a modo de simplificar la obtención de los datos y el cálculo del costo de la misma.

En cuanto a la mano de obra necesaria para ejecutar el mantenimiento en el tiempo de todos los sistemas se tomó como referencia un operario Peón correspondiente a la categoría III con un jornal nominal de \$1045.09.

En cuanto a aportes sociales, en ninguno de los casos fueron éstos considerados en el cálculo debido a que, especialmente en el caso del panel multicapa, se deberían realizar aportes según el rubro, en caso de fabricación en Planta se considerarían como Industria y Comercio, los cuales difieren a los correspondientes a obra, de esta manera se vuelve muy complejo el desglose de los mismos, los cuales son realizados por el propio fabricante y proveedor del kit de instalación de los paneles, por lo tanto no le corresponde al propietario abonarlos. Por otro lado, debemos recordar que todos los sistemas admiten autoconstrucción ya sea a través de la elevación del cerramiento en obra propiamente dicho o la mejora posterior del mismo por el usuario. En estos casos no correspondería la realización de aportes por lo tanto la consideración de los mismos brindaría un dato erróneo y mayor al real. No se consideró además que ningún caso estuviera amparado en la ley de vivienda de interés social N° 18.795, con las exoneraciones impositivas que esto implica.

Para la obtención de costos de Mano de Obra de  $1\text{m}^2$  de panel multicapa de madera se debió simplificar en cuanto a tiempo de fabricación en planta y tiempo de montaje. Para esto tomamos como referencia información brindada por el fabricante “Cabañas el Pinar” y la experiencia del usuario entrevistado en el capítulo siguiente correspondiente a una cabaña de madera, sin terminaciones interiores.

Para evaluar los tiempos de ejecución tanto del adobe como el sistema tradicional húmedo de ladrillo se consultó a un obrero Oficial del medio local.

Un dato que nos comentó la empresa de “Cabañas el Pinar es que para que el seguro les cubra el trabajo en planta/fábrica tienen que abonar una categoría especial según las herramientas que usa cada operario, lo cual les limita la contratación de peones debido a que éstos no pueden manipular herramientas como ser un taladro por motivos de seguridad (ante la empresa aseguradora).

### **Consideraciones en cuanto a Materiales:**

El valor de referencia del dólar considerado es de \$29.90 correspondiente al valor promedio del mes de octubre.

La obtención de precios se realizó mediante consultas directas a fabricantes y consulta a través de páginas web de barracas del medio local (Kroser y Barraca Central entre otras). Todos los precios fueron considerados con IVA inc. a excepción del mampuesto de Adobe ya que el fabricante pertenece al medio informal sin empresa establecida ni registrada en DGI.

En cuanto a rendimientos de los materiales, éstos fueron obtenidos a través de bibliografías varias, manuales de construcción y datos brindados directamente por el fabricante ya sea a través de fichas técnicas del producto o directamente de modo informal.

Para la obtención de costos de materiales de  $1\text{m}^2$  de panel multicapa de madera se debió desglosar el precio de forma directa para cada uno de los componentes por separado ya que los precios obtenidos por fabricantes son por superficie total de la vivienda construida (ya sea terminada o solo la “cáscara”) y no del cerramiento vertical en sí mismo. Para realizar este desglose tomamos como referencia información brindada por el fabricante “Cabañas el Pinar” y la experiencia del usuario entrevistado en el capítulo siguiente correspondiente a una cabaña de madera, sin terminaciones interiores.

En ningún caso fueron considerados costos extras como ser traslados de operarios por fuera de lo considerado en las compensaciones salariales, costos de fletes u otros extras que pudiesen aparecer debido a que la investigación fue realizada en base a casos genéricos de posibles usuarios y no concretos, lo cual no nos permite cuantificarlos con certeza.

### **Consideraciones en cuanto a Tiempos de Ejecución:**

Refiriéndonos a casos de mal tiempo como lluvias podemos considerar ciertas dificultades según el sistema.

En el caso del panel multicapa al contar con tiempos de montaje muy cortos esto no afecta demasiado, debido que al momento de montar el panel la vivienda cuenta con la estructura armada, tanto en cimentación como en cubierta, y la colocación del panel es rápida. Vale aclarar que aunque las capas exteriores del panel se mojen no tiene alteraciones, siempre y cuando se dejen secar.

En el caso de sistema tradicional húmedo de ladrillo, si se presentan lluvias se debe parar la construcción. Si bien el ladrillo no se ve afectando por el agua, sí afecta al mortero, debido a que este no se puede manipular con lluvias alterándose los tiempos de fraguado y la composición del mismo.

En el caso del adobe, por ser el material principal el barro, sabemos que éste es medianamente soluble en agua, por lo cual se debe para la construcción y además ser protegido de la lluvia ya que puede provocar desprendimientos y desgranamiento del propio mampuesto y del muro.

### **Consideraciones en cuanto a Mantenimiento:**

En todos los casos, cuando hablamos de mantenimiento, partimos de la base de un buen uso de la vivienda por parte de usuario.

Lo primero que debemos tener en cuenta es una regular observación de un idóneo con conocimientos (recomendamos un Arquitecto) para detectar posibles focos de fisuras, humedad, desgaste de pinturas y materiales, a modo de prevención.

En el caso de madera se debe hacer un mantenimiento más seguido para lograr una mayor conservación de la misma, recomendamos que sea de forma regular cada un año, si bien éste puede ser más espaciado, al momento de realizar reparaciones, estas serían de un mayor costo debido al deterioro de la madera.

En caso del adobe y del tradicional de húmedo de ladrillo el mantenimiento puede ser más espaciado ya que éste es superficial. Generalmente referidos a estética de pinturas, y si la vivienda es muy avanzada en años recién se puede notar un deterioro de la capa superficial (pintura y revoque).

Comparación de tres sistemas constructivos utilizados en cerramientos verticales.

**TABLA COMPARATIVA: Componentes y Mano de Obra**

Sistema constructivo	Componentes por m <sup>2</sup>	Cantidad por m <sup>2</sup>		Costo de materiales por unidad de venta (\$, IVA inc.)	Costo de materiales por m <sup>2</sup> (\$, IVA inc.)	Horas de trabajo por m <sup>2</sup> (en planta)	Horas de trabajo por m <sup>2</sup> (en obra)	Costo jornal (sin BPS)	Costo de M. de O. por m <sup>2</sup> (\$)	Tot M d. O. y Materiales (\$)
TRADICIONAL HÚMEDO	ladrillo de campo 5,5x12x25cm	70	u	7	490	No corresponde	1 y 1/2hrs	1126	211	968
	arena fina	0,03	m3	1400	42					
	arena terciada	0,05	m3	920	46					
	cemento Portland	11	kg	15	165					
	hidrófugo	1	litro	14	14					
				757						

Nota: Rendimiento del cemento: 3kg por 1m2 de revoque tanto grueso como fino, total 6kgs, 5kg por 1m2 de muro elevado, siendo en este caso mortero de toma.

Mortero de toma 0,018m3 de arena terciada y revoque grueso 0,016m3 de la misma.

MULTICAPA DE MADERA	revestimiento exterior (lambriz pino Elliotis)	1	m2	220	220	1 y 1/2hrs	1/2hr	1209	454	1104
	revestimiento interior (OSB 11mm)	1	m2	589 (placa de 1,22x2,44)m	196					
	estructura (6x2", eucaliptus tratado)	1	m	110	110					
	aislante húmedico (membr. Tyvek)	1	m2	75	75					
	aislante térmico (lana de vidrio 50mm)	1	m2	890 (rollo de 1,20x15)m	49,5					
				651						

ADOBE	mampuesto 40x20x10cm	25	u	8	176	No corresponde	50min	1126	118	507
	barro	61,5	kg	2	123					
	arena terciada	0,082	m3	920	75,44					
	hidrófugo	1	litro	14	14					
				388						

Nota: Dosificación posible de la mezcla para elevar el muro de adobe y revoque: 2 partes de arena por 1 de barro.

**TABLA COMPARATIVA: Mantenimiento**

Sistema constructivo	Mantenimiento (SÍ-NO)	Ciclos de mantenimiento (años)	Materiales por m <sup>2</sup>	Costo de materiales por m <sup>2</sup> (\$, IVA inc.)	M. de O. especializada (SÍ-NO)	Costo de M. de O. por m <sup>2</sup> (sin BPS)	Tiempo de ejecución por m <sup>2</sup>	Tot. costo de mantenimiento (\$)	Tot. costo de mantenimiento (\$-cada 5 años)
TRADICIONAL HÚMEDO	SÍ	CADA 5 AÑOS	pintura impermeable exterior	81	NO	33	1/4hr	114	114
MULTICAPA DE MADERA	SÍ	CADA 1 AÑO	pintura impermeable exterior o protector (ambos aptos para madera)	18	NO	33	1/4hr	51	253
ADOBE	SÍ	CADA 5 AÑOS	pintura impermeable exterior	81	NO	33	1/4hr	114	114

## CALCULO DE TRANSMITANCIA Y CAPACIDAD TÉRMICA

Nos parece necesario hacer el estudio de la transmitancia y capacidad térmica que poseen los cerramientos ya que es muy importante evaluarlo a futuro como ahorro energético para el usuario.

### TRADICIONAL LADRILLO

Capas del cerramiento:	e (m)	$\lambda$ (mK/W)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	c (KJ/(Kg.K)	Masa (Kg/m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> K/W)	CT (kJ/m <sup>2</sup> K)
<b>Resistencia superficial exterior</b>						<b>0,04</b>	
Revoque fino exterior	0,01	1,4	2100	1	21	0,01	21,0
Revoque grueso exterior	0,02	1,4	2100	1	42	0,17	42
Ladrillo de Campo	0,12	0,65	1300	0,92	156	0,18	143,5
Revoque grueso	0,02	1,1	1800	1	36	0,02	36,0
Revoque fino	0,01	1,1	1800	1	18	0,01	18,0
		0,1			0	0,00	0,0
<b>Resistencia superficial interior</b>						<b>0,13</b>	

Transmitancia térmica del cerramiento	<b>U= 1,79</b>	W/m <sup>2</sup> K	Rc= 0,39 m <sup>2</sup> K/W
Capacidad térmica cerramiento	<b>CT= 261</b>	kJ/m <sup>2</sup> K	
Masa del cerramiento	<b>M= 273</b>	Kg/m <sup>2</sup>	
Espesor del cerramiento	<b>e= 0,180</b>	m	

### PANEL MULTICAPA DE MADERA

Capas del cerramiento:	e (m)	$\lambda$ (mK/W)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	c (KJ/(Kg.K)	Masa (Kg/m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> K/W)	CT (kJ/m <sup>2</sup> K)
<b>Resistencia superficial exterior</b>						<b>0,04</b>	
Tabla Pino tratado con CCA	0,025	0,13	435	1,6	10,875	0,19	17,4
Camara de aire	0,02	0,024	1,2	1	0,024	0,17	0,024
Alfajias de madera Pino elliotti	0,0375	0,15	500	1,34	18,75	0,25	25,1
Membrana	0,004	0,1	1	0,22	0,004	0,04	0,0
Placa OSB	0,012	0,13	650	1,7	7,8	0,09	13,3
Poliestireno expandido	0,05	0,035	20	1,45	1	1,43	1,5
Polietileno	0,015	0,45	1	1,9	0,015	0,03	0,0
Placa yeso	0,012	0,51	1200	1,05	14,4	0,02	15,1
		0,1			0	0,00	0,0
		0,1			0	0,00	0,0
<b>Resistencia superficial interior</b>						<b>0,13</b>	

Transmitancia térmica del cerramiento	<b>U= 0,42</b>	W/m <sup>2</sup> K	Rc= 2,23 m <sup>2</sup> K/W
Capacidad térmica cerramiento	<b>CT= 72</b>	kJ/m <sup>2</sup> K	
Masa del cerramiento	<b>M= 53</b>	Kg/m <sup>2</sup>	
Espesor del cerramiento	<b>e= 0,176</b>	m	

En este caso de panel multicapa tomamos este ejemplo pero aclaramos que las capas de terminaciones exteriores e interiores (no así las barreras térmicas y húmidicas) pueden variar según el fabricante o por preferencias del usuario.

**ADOBE 20cm espesor**

Capas del cerramiento:	e (m)	$\lambda$ (mK/W)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (KJ/(Kg.K))	Masa (Kg/m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> K/W)	CT (kJ/m <sup>2</sup> K)
<b>Resistencia superficial exterior</b>						<b>0,04</b>	
Revoque grueso exterior	0,02	1,4	2100	1	42	0,01	42,0
Adobe (barro alivianado con paja)	0,2	0,2	750	0,1	150	1,00	15
Revoque fino interior	0,02	1,4	1800	1	36	0,01	36,0
<b>Resistencia superficial interior</b>						<b>0,13</b>	

Transmitancia térmica del cerramiento	<b>U= 0,83</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	
Capacidad térmica cerramiento	<b>CT= 93</b>	<b>kJ/m<sup>2</sup>K</b>	<b>Rc= 1,03 m<sup>2</sup>K/W</b>
Masa del cerramiento	<b>M= 228</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	
Espesor del cerramiento	<b>e= 0,240</b>	<b>m</b>	

Los valores del adobe se obtuvieron del libro MINKE, Gernot. Manual de construcción en tierra, citado en la bibliografía.

Referencias de las tablas:

$\rho$ : Densidad, en Kg/m<sup>3</sup>

$\lambda$ : Conductividad térmica, en W/m·K

$c_p$ : Calor específico, en J/Kg·K

$\mu$ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, adimensional

Si analizamos los resultados obtenidos en los tres casos podemos ver:

Transmitancia térmica (U) de los cerramientos: capacidad de conducir el calor del cerramiento.

- tradicional de ladrillo= 1.79
- panel multicapa de madera= 0.42
- adobe= 0.83

Capacidad térmica (CT) de los cerramientos: cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un cerramiento en una unidad de temperatura.

- tradicional de ladrillo= 261
- panel multicapa de madera= 72
- adobe= 93

Masa (M) de los cerramientos:

- tradicional de ladrillo= 273
- panel multicapa de madera= 53
- adobe= 228

Espesor (e) de los cerramientos:

- tradicional de ladrillo= 0.18
- panel multicapa de madera= 0.176
- adobe= 0.24

Considerando que los valores de transmitancia permitidos en Uruguay es  $U=0.68$  para cerramientos livianos y  $U=0.85$  en cerramientos tradicionales, y para estar dentro de la normativa debemos repensar las capas del muro de ladrillos y el adobe. El método de cálculo utilizado para la transmitancia de los muros exteriores es el que establece la norma UNIT/ISO 6946:2007.

Observando los datos obtenidos anteriormente podemos decir que el desempeño térmico de los tres sistemas es muy diferente, en el caso del panel multicapa tiene un desempeño térmico muy superior a los otros dos.

El peor de los resultados obtenidos fue el sistema tradicional húmedo de ladrillo de campo superando ampliamente el máximo establecido en la norma ( $U_{max}= 0.85$   $W/m^2K$ ). A modo de lograr que este sistema llegue a los valores deseables de condiciones de confort, proponemos agregar diferentes capas para generar una mayor barrera entre interior y exterior.

En el caso del adobe, si bien está dentro de los valores aceptables, está muy próximo al límite permitido por lo cual proponemos un ensanchamiento del muro para reducir de esta forma la transmitancia térmica.

Nuevos datos obtenidos:

**TRADICIONAL LADRILLO PARED DOBLE**

Capas del cerramiento:	e (m)	$\lambda$ (mK/W)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	c (KJ/(Kg.K))	Masa (Kg/m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> K/W)	CT (kJ/m <sup>2</sup> K)
<b>Resistencia superficial exterior</b>						<b>0,04</b>	
Revoque fino exterior	0,01	1,4	2100	1	21	0,01	21,0
Revoque grueso exterior	0,02	1,4	2100	1	42	0,17	42
Ladrillo de Campo	0,12	0,65	1300	0,92	156	0,18	143,5
Poliestireno expandido	0,03	0,035	20	1,45	0,6	0,86	0,9
Polietileno	0,015	0,45	1	1,9	0,015	0,03	0,0
Ladrillo de Campo	0,12	0,65	1300	0,92	156	0,18	143,5
Revoque grueso	0,02	1,1	1800	1	36	0,02	36,0
Revoque fino	0,01	1,1	1800	1	18	0,01	18,0
<b>Resistencia superficial interior</b>						<b>0,13</b>	

Transmitancia térmica del cerramiento	<b>U= 0,61</b>	W/m <sup>2</sup> K	Rc= 1,46 m <sup>2</sup> K/W
Capacidad térmica cerramiento	<b>CT= 405</b>	kJ/m <sup>2</sup> K	
Masa del cerramiento	<b>M= 430</b>	Kg/m <sup>2</sup>	
Espesor del cerramiento	<b>e= 0,345</b>	m	

**ADOBE 40cm espesor**

Capas del cerramiento:	e (m)	$\lambda$ (mK/W)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	c (KJ/(Kg.K))	Masa (Kg/m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> K/W)	CT (kJ/m <sup>2</sup> K)
<b>Resistencia superficial exterior</b>						<b>0,04</b>	
Revoque grueso exterior	0,02	1,4	2100	1	42	0,01	42,0
Adobe (barro alivianado con paja)	0,4	0,2	750	0,1	300	2,00	30
Revoque fino interior	0,02	1,4	1800	1	36	0,01	36,0
<b>Resistencia superficial interior</b>						<b>0,13</b>	

Transmitancia térmica del cerramiento	<b>U= 0,45</b>	W/m <sup>2</sup> K	Rc= 2,03 m <sup>2</sup> K/W
Capacidad térmica cerramiento	<b>CT= 108</b>	kJ/m <sup>2</sup> K	
Masa del cerramiento	<b>M= 378</b>	Kg/m <sup>2</sup>	
Espesor del cerramiento	<b>e= 0,440</b>	m	

Datos del adobe se obtuvieron del libro manual de construcción en tierra, Gernot Minke.

Con los nuevos resultados obtenidos comprobamos que modificando las capas o el espesor logramos mejorar en todos los casos los valores de transmitancia térmica, ubicándonos dentro de la norma.

Debemos considerar que estas mejoras de los sistemas implican un aumento en el costo inicial de construcción, elevando el costo del metro cuadrado tanto en materiales como en mano de obra. Consideramos de gran importancia reajustar la tabla comparativa de costos, para brindar datos considerando las modificaciones propuestas.

Comparación de tres sistemas constructivos utilizados en cerramientos verticales.

**Tabla comparativa de costos ajustados**

Sistema constructivo	Componentes por m <sup>2</sup>	Cantidad por m <sup>2</sup>		Costo de materiales por unidad de venta (\$, IVA inc.)	Costo de materiales por m <sup>2</sup> (\$, IVA inc.)	Horas de trabajo por m <sup>2</sup> (en planta)	Horas de trabajo por m <sup>2</sup> (en obra)	Costo jornal (sin BPS)	Costo de M. de O. por m <sup>2</sup> (\$)	Tot M d. O. y Materiales (\$)
TRADICIONAL HÚMEDO	ladrillo de campo 5,5x12x25cm	140	u	7	980	No corresponde	3 y 1/2hrs	1126	493	2053
	arena fina	0,06	m3	1400	84					
	arena terciada	0,082	m3	920	75					
	cemento Portland	22	kg	15	330					
	hidrófugo	2	litro	14	28					
	poliestireno exp. E=3cm	1	u	63	63					
					1560					

Nota: Rendimiento del cemento: 3kg por 1m<sup>2</sup> de revoque tanto grueso como fino, total 6kgs, 5kg por 1m<sup>2</sup> de muro elevado, siendo en este caso mortero de toma.

Mortero de toma 0,018m<sup>3</sup> de arena terciada y revoque grueso 0,016m<sup>3</sup> de la misma. Se desprecia el costo de los bigotes para encadenar ambas capas del muro.

ADOBE	mampuesto 40x40x10cm	25	u	16	352	No corresponde	1 y 1/2hrs	1126	211	928
	barro	123	kg	2	246					
	arena terciada	0,114	m3	920	104,88					
	hidrófugo	1	litro	14	14					
					717					

Nota: Dosificación posible de la mezcla para elevar el muro de adobe y revoque: 2 partes de arena por 1 de barro.

### **Resumen total de costos por m<sup>2</sup>**

#### Tradicional Húmedo:

- Costos de Mano de obra: \$211 muro simple / **\$492 muro doble**
- Costos de Materiales: \$757 muro simple / **\$1560 muro doble**
- **TOTAL COSTOS Mano de Obra y Materiales: \$ 2053 (con  $U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ )**
- Tiempo de Ejecución: **3:30 horas**
- Costos de Mantenimiento cada 5 años: **\$114**

#### Panel Multicapa:

- Costos de Mano de obra: **\$454**
- Costos de Materiales: **\$651**
- **TOTAL COSTOS Mano de Obra y Materiales: \$ 1104 (con  $U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ )**
- Tiempo de Ejecución: 1:30hs en planta + 0:30h en obra = consideramos **0:30 horas** porque se comparan datos de obra.
- Costos de Mantenimiento cada 5 años: **\$253**

#### Adobe:

- Costos de Mano de obra: \$118 muro 20cm / **\$211 muro 40cm**
- Costos de Materiales: \$388 muro 20cm / **\$717 muro 40cm**
- **TOTAL COSTOS Mano de Obra y Materiales: \$ 928 (con  $U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ )**
- Tiempos de Ejecución: **1:30 horas**
- Costos de Mantenimiento cada 5 años: **\$114**

En vista de los resultados ajustados obtenidos consideramos que el sistema de panel multicapa es el que cumple con los valores de transmitancia permitidos por la normativa, es el sistema que tiene la mejor relación costos y tiempos de ejecución, pero por otro lado, el que requiere mayor costo de mantenimiento en un período de 5 años.

En el caso del adobe el costo de inversión inicial no difiere mucho del panel multicapa. En cuanto a la relación de costos y tiempos de ejecución es media porque en comparación con el panel multicapa aumenta mucho el tiempo de elevación de muro en obra. Se debe considerar que en condiciones de mal tiempo se debe proteger el material para evitar deterioro del mismo. Requiere menor costo de mantenimiento en un período de 5 años comparado con el panel multicapa.

En el caso del sistema tradicional húmedo de ladrillo es si bien el valor de transmitancia es el mejor de los tres sistemas estudiados, es el que tiene peor relación de costos y tiempos de ejecución. Los tiempos de ejecución son los mayores obtenidos pero por otro lado el costo de mantenimiento en un período de 5 años es similar al del adobe y menor al del panel multicapa.

## **CAPITULO 5–EXPERIENCIA DE USUARIOS.**

A modo de profundizar en la investigación realizaremos un relevamiento del desempeño y confort de tres viviendas diferentes, cada una perteneciente a uno de los sistemas tratados en este trabajo. El objetivo de este capítulo es cotejar los datos teóricos obtenidos con la experiencia de usuarios reales.

### **– TRADICIONAL HÚMEDO, LADRILLO**

La usuaria Mercedes vive con su pareja, ambos trabajadores, ella profesora de gimnasia y el esposo es empleado en una empresa de transporte marítimo. La vivienda es de ladrillo revocado en ambas caras con techo de chapa, ubicada en la ciudad de Las Piedras, en Canelones, a 6 cuadras de la plaza principal. En el barrio hay densidad media-alta de ocupación de suelo, donde las viviendas están apareadas, sin retiros laterales y con retiro frontal de 3 metros.

#### **Encuesta realizada:**

1. Datos del encuestado:
  - a. Nombre
  - b. Edad
  - c. Trabaja o estudia?
2. Ubicación:
3. Tipo de vivienda?
  - a. Monoambiente
  - b. Un dormitorio y un ambiente
  - c.
4. Cual ambiente de los anteriores es el que más usa?
5. Material predominante de paredes exteriores?
6. Cantidad de niveles?
  - a. Uno
  - b.
7. Capacidad para ampliación o remodelación?
  - a. Si
  - b.
8. En qué momento del año la vivienda tiene mejor desempeño térmico?
  - a. Verano
  - b.
  - c. Ambas
9. Nota presencia de humedad?
  - a.
  - b. No
10. El muro es buen aislante de los ruidos de impacto?
  - a.
  - b. no

11. El muro requiere mantenimiento? Cada cuánto tiempo?
- a. No.
  - b. Si. Una vez al año
  - c. Si. Una vez cada dos años
  - d. Si. Más de dos años
12. Qué tipo de mantenimiento
- a. Superficial (pintura)
  - b. Medio (Capa fina del material del muro)
  - c. Mucho (parte del muro)
13. Edad de la vivienda?
- a. Menos de 5 años
  - b. Entre 5 y 10 años
  - c. Más de 10 años
14. Hace cuanto usted vive permanentemente en la vivienda?
- a. Menos de un año
  - b. Entre 1 y 5 años
  - c. Más de 5 años
15. Cantidad de personas que ocupan la vivienda?
- 16.Cuál era su vivienda anterior?
- a. Tradicional pesada
  - b. Madera
  - c. Tierra
  - d. Chapa
17. Si tuviera que comparar con su vivienda anterior cual prefiere? Porque?
- a. Anterior
  - b. Actual

ES MEJOR TERMICAMENTE, YA QUE LA ANTERIOR ERA UNA CASA MAS ANTIGUA Y MAS FRIA CON HUMEDAD.

– **PANELES MULTICAPA DE MADERA**

El usuario Sebastián vive con su pareja, ambos se dedican a la docencia en secundaria. La vivienda es tipo cabaña ubicada en la costa este de Canelones, a 8 cuadras de la playa. En el balneario hay muy poca densidad de ocupación de suelo, donde las viviendas son exentas con retiro entre ellas de 10 metros aproximadamente.

**Encuesta realizada:**

1. Datos del encuestado:
  - a. Nombre SEBASTIÁN SOSA
  - b. Edad 35
  - c. Trabaja o estudia? TRABAJA
2. Ubicación: Guazú-virá
3. Tipo de vivienda?
  - a. Monoambiente
  - b. Un dormitorio y un ambiente
  - c. Varios ambientes
4. Cual ambiente de los anteriores es el que más usa?  
EL LIVING, ES EL LUGAR DONDE ESTÁ LA TELE Y EL SILLÓN, DESPUÉS EL DOMRITORIO.
5. Material predominante de paredes exteriores?  
Madera
6. Cantidad de niveles?
  - a. Uno
  - b. Dos
7. Capacidad para ampliación o remodelación?
  - a. Si
  - b. No
8. En qué momento del año la vivienda tiene mejor desempeño térmico?
  - a. Verano
  - b. Invierno
  - c. Ambas
9. Nota presencia de humedad?
  - a. Si
  - b. No
10. El muro es buen aislante de los ruidos de impacto?
  - a. Si
  - b. no
11. El muro requiere mantenimiento? Cada cuánto tiempo?
  - a. No.
  - b. Si. Una vez al año
  - c. Si. Una vez cada dos años
  - d. Si. Más de dos años
12. Qué tipo de mantenimiento
  - a. Superficial (pintura)
  - b. Medio (Capa fina del material del muro)
  - c. Mucho (parte del muro)

13. Edad de la vivienda?

- a. Menos de 5 años
- b. Entre 5 y 10 años
- c. Más de 10 años

14. Hace cuanto usted vive permanentemente en la vivienda?

- a. Menos de un año
- b. Entre 1 y 5 años
- c. Más de 5 años

15. Cantidad de personas que ocupan la vivienda?

16. Cuál era su vivienda anterior?

- a. Tradicional pesada
- b. Madera
- c. Tierra
- d. Chapa

17. Si tuviera que comparar con su vivienda anterior cual prefiere? Porque?

- a. Anterior
- b. Actual

AISLA EL FRÍO, AISLA EL CALOR, NO HAY HUMEDAD, NO HAY GRIETAS NI FILTRACIONES.

– **ADOBE**

La usuaria Wilma vive con su pareja, ambos jubilados. La vivienda es de adobe con techo verde, ubicada en la costa este de Canelones, a 2 cuadras de la playa. En el balneario hay poca densidad de ocupación de suelo, donde las viviendas son exentas con retiro entre ellas de 7 metros aproximadamente.

**Encuesta realizada:**

1. Datos del encuestado:
  - a. Nombre WILMA LUCAS
  - b. Edad 43
  - c. Trabaja o estudia? TRABAJA
2. Ubicación: Marindia
3. Tipo de vivienda?
  - a. Monoambiente
  - b. Un dormitorio y un ambiente
  - c. Varios ambientes
4. Cual ambiente de los anteriores es el que más usa?  
EL LIVING COMEDOR QUE ES UN AMBIENTE SOLO.
5. Material predominante de paredes exteriores?  
Revoque tierra
6. Cantidad de niveles?
  - a. Uno
  - b. Dos
7. Capacidad para ampliación o remodelación?
  - a. Si
  - b. No
8. En qué momento del año la vivienda tiene mejor desempeño térmico?
  - a. Verano
  - b. Invierno
  - c. Ambas
9. Nota presencia de humedad?
  - a. Si
  - b. No
10. El muro es buen aislante de los ruidos de impacto?
  - a. Si
  - b. no
11. El muro requiere mantenimiento? Cada cuánto tiempo?
  - a. No.
  - b. Si. Una vez al año
  - c. Si. Una vez cada dos años
  - d. Si. Más de dos años
12. Qué tipo de mantenimiento
  - a. Superficial (pintura)
  - b. Medio (Capa fina del material del muro)
  - c. Mucho (parte del muro)

13. Edad de la vivienda?
- a. Menos de 5 años
  - b. Entre 5 y 10 años
  - c. Más de 10 años
14. Hace cuanto usted vive permanentemente en la vivienda?
- a. Menos de un año
  - b. Entre 1 y 5 años
  - c. Más de 5 años
15. Cantidad de personas que ocupan la vivienda?
16. Cuál era su vivienda anterior?
- a. Tradicional pesada
  - b. Madera
  - c. Tierra
  - d. Chapa
17. Si tuviera que comparar con su vivienda anterior cual prefiere? Porque?
- a. Anterior
  - b. Actual

ES MAS CALIDA Y DEMORAN MAS LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA EXTERIOR EN SENTIRSE ADENTRO. EN INVIERNO CONSERVA MAS EL CALOR Y EN VERANO ES FRESCA PORQUE ADEMAS TIENE TECHO VERDE.

## **CAPITULO 6–CONSIDERACIONES.**

En este capítulo trataremos las consideraciones que obtuvimos del presente trabajo. Por qué son consideraciones y no conclusiones, el trabajo es muy amplio en cuanto a las opciones que brinda, no concluyendo en uno u otro sistema en particular. Teniendo en cuenta uno de los objetivos generales de ser utilizado como documento sintético para el usuario, hacemos estas consideraciones que nos parecen pertinentes para el lector.

Partimos el trabajo con los objetivos que planteaban una comparación integral de tres sistemas constructivos, donde tratamos ventajas, desventajas, costos, manos de obra, tiempos de ejecución, explicamos brevemente cada sistema constructivo, como se ejecuta y el mantenimiento, además de uno de los más importantes de generar un documento sintético y de fácil comprensión para colaborar a la hora de optar por un sistema u otro, además de una autoconstrucción parcial.

Consideramos que los objetivos del trabajo se cumplieron todos con un buen resultado. El trabajo plantea problemas y situaciones que se fueron presentando durante la investigación, no esperados al pensar el tema inicialmente, resultando en la inclusión de un párrafo dónde se plantearon limitaciones de la investigación, lo que consideramos como una autocrítica.

En el avance del proceso de obtención de información notamos que la dificultad fue aumentando según el sistema constructivo de estudio. En el caso del sistema de obra húmeda con ladrillo de campo no existieron mayores dificultades ya que éste cuenta con gran cantidad de información disponible en plaza, ya sea biblioteca, revistas, internet, folletos, etc., debido a que es un sistema muy utilizado y estudiado en nuestro medio y dónde los valores y tiempos de ejecución ya se encuentran cuantificados. En el caso de los paneles multicapa, la dificultad presentada en la obtención de la información fue media, ya que hay bibliografía disponible en plaza, pero en cuanto a tiempos de ejecución fue muy complejo obtener estos datos, debiéndose deducir directamente a través de experiencias de usuarios y datos proporcionados por el fabricante. El sistema que más dificultad presentó para la obtención de información fue el adobe, no tanto es su estudio del sistema, sino en la aplicación del mismo, tiempos de ejecución, valores en plaza, ensayos, normativas, etc.

La falta de información, ensayos, cuantificaciones de tiempos de ejecución y otros, abren caminos e inquietudes a futuras investigaciones, como por ejemplo el adobe, que aún queda mucho por investigar.

Desde el punto de vista profesional tenemos cierta preferencia por los sistemas que mas tenemos información y que se encuentran normalizados, con ensayos de fabricante y otros, como el sistema tradicional de ladrillo y el panel multicapa de madera, esta consideración no quiere decir que este mal el uso del adobe, sino que no tenemos herramientas suficientes para recomendarlo.

La mano de obra que se puede utilizar en cada sistema es variada, y depende de la etapa de la obra y si ésta está en manos de profesionales o se opta por la autoconstrucción. En todos los casos es necesario contar con personal capacitado para las tareas que implica, como mínimo recomendamos peón y medio oficial, refiriéndonos

solo a la elevación del muro en obra, en caso de las instalaciones cada rubro tiene su personal idóneo; en el caso de paneles multicapa que la elaboración consta de etapa en fabrica y en obra aclaramos que solo especificamos la etapa de obra, ya que como antes mencionamos es muy difícil de cuantificar.

Consideramos importante tener en cuenta a la hora de optar por un sistema, el ahorro a futuro en acondicionamiento térmico de la vivienda. Es importante brindarle al usuario datos concretos ya que si bien en algunos casos la inversión inicial es menor, se deberá contar durante todo el año con un sistema tanto de calefacción como de refrigeración debido a que el aislamiento proporcionado por la envolvente es insuficiente para generar condiciones de confort interior, este es el caso del muro de sistema tradicional húmedo de ladrillo de campo simple. Este es un gasto que si bien inicialmente no afecta al usuario en una etapa posterior le generará un costo mucho mayor de acondicionamiento, por lo cual no debe dejar de considerarse, ya que afecta directamente la calidad de vida dentro de la vivienda.

Como consideración final no recomendamos ningún sistema sobre otro, en cambio preferimos orientar el trabajo a brindar una variedad de opciones con los pros y los contras de cada sistema, dejando a consideración del usuario cual se adapta mejor a sus necesidades. Tratamos de laborar un trabajo integral que reúna varios aspectos para que el usuario tenga mayor cantidad de herramientas a la hora de tomar la decisión de que sistema de cerramiento vertical utilizar en su futura vivienda.

### **Bibliografía:**

- **Arquitecturas de Tierra** – Facultad de Arquitectura de Salto – Autor: Rosario Etchebarne, Gabriela Piñeiro - (N°inventario 046621) (*Ubicación Biblioteca Arq. 693 ETCa3*)
- **Construir con terrón** – De la tierra a la experiencia.
- **Manual de construcción con adobe** - Facultad de Arquitectura de Salto – Autor: Rosario Etchebarne, Gabriela Piñeiro, Ana Beasley – Primera Edición, Montevideo. Duplifast impresos. (N°inventario 044712).(*Ubicación Biblioteca Arq. 693.22 ETCm*)
- **El Adobe** – simposio internacional y cusco – Taller sobre conservación del adobe
- **Tecnología para la Vivienda Popular**, RED CYTED XIV.C.(*Ubicación Biblioteca Arq. 693 CYTt*)
- **La madera en la Arquitectura**, Arq. Bernardo M. Villasuso, Editorial El Ateneo, 3ra edición 1997, Bs. As, Argentina.
- **Bloques cerámicos**, Arq. Ing. Theodor Hugues, Arq. Klaus Greilich, Arq. Christine Peter, Editorial Gustavo Gili 2008.
- **Revista Viivenda Popular N° 21** “Reducir costos: ¿Cuánto, cómo, qué?”, Setiembre 2011, Facultad de Arquitectura, Universidad de la república, Uruguay.
- **Transferencia tecnológica para el hábitat popular**: concurso iberoamericano, coord.. Walter Kruk, CYTED, 2002, Quito.(*Ubicación Biblioteca Arq. 728.1 P*)
- **Catálogo de sistemas constructivos**: tecnología para la autoconstrucción del hábitat, coord. Magda peña, 1991, Santiago de Chile. (*Ubicación Biblioteca Arq. 693 CYTp2*)
- FERREIRO, Alejandro ... [et al]. **Construir en Terrón**. De la tierra a la experiencia. Primera Edición. Montevideo: MEC, 2014 80p. ISBN 978-9974-99-542-0
- MINKE, Gernot. **Manual de construcción en tierra**. La tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. Primera Edición. Montevideo: Nordan-Comunidad 1994 220p. ISBN (Nordan) 9974-42-078-4
- ARREDONDO, F. **Estudio de Materiales**. Novena Edición. Madrid 1980-España. ISBN 84-7292-266-9
- FOSTER, Michael. **La construcción de la Arquitectura**. (*Ubicación Biblioteca Arq. 693 F756c E*)
- <http://www.paredestudio.com.ar/ventajas-desventajas-constructivos/>
- [www.barracaparana.com/](http://www.barracaparana.com/)
- <http://www.corma.cl/>
- [www.barracacentral.com.uy/](http://www.barracacentral.com.uy/)
- <http://www.acerosarequipa.com/maestro-obra/maestro-obras-manuales-digitales/maestro-obra-manual-del-maestro-constructor/10-muros/102-construccion-del-muro.html> (imágenes de elevación muro ladrillo)
- <http://www.kroser.com.uy/>
- <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=6>

### **Agradecimientos**

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Arq. Abel Miños, a quienes nos gustaría expresar nuestro agradecimiento por el tiempo brindado, la paciencia y disposición a que el trabajo se realizara.

A las personas encuestadas por su amable atención y el tiempo brindado en las entrevistas y posteriores consultas.

A la empresa “Cabañas el Pinar” por la información y el tiempo brindado.