



TESIS DE GRADO
EN INGENIERIA INDUSTRIAL

UN PROYECTO SOCIAL: CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS SUSTENTABLES PARA PERSONAS DE
BAJOS RECURSOS

Autor: Juan Ignacio Santa Cruz
44226

Director de Tesis:
Ingeniero Felix Jonas

2012

A Dios.

A Sol, por tu amor incondicional y por la fuerza que me das para superarme

A mis padres por haberme dado todas las herramientas para desarrollarme en la vida.

Resumen Ejecutivo

La finalidad de este proyecto es realizar una evaluación económica y financiera sobre la conveniencia de construir viviendas sociales energéticamente sustentables que signifiquen una inversión mayor, en comparación con una vivienda clásica, en el momento de la construcción a cambio de un ahorro a través de la vida útil de la misma que resulten en una mejor ecuación financiera tanto para el gobierno que las construye como para el individuo que las habita.

El trabajo se desarrolla principalmente en dos grandes capítulos. El primero se centra en explorar las posibilidades de optimización a través de los avances en técnicas y metodologías de construcción que buscan mejorar la calidad de habitación de la vivienda minimizando los costos operativos en forma de utilización de gas y electricidad. El segundo se centra en la optimización de la obtención de energía a través de nuevas tecnologías sustentables como la eólica o la solar, que tienen un alto costo inicial pero luego muy bajos costos de mantención.

El resultado final del proyecto es que resulta conveniente la construcción de viviendas que se pueden llamar prácticamente autosustentables. Aun cuando el costo inicial de construcción es prácticamente 4 veces mayor, si se cumple el supuesto de que todos los excedentes de energía producidos por el generador eólico se pueden volcar a la red pública para luego utilizarse como un crédito energético, es conveniente construir viviendas con esta metodología.

ABSTRACT

The main objective of this project is to evaluate the economical and financial convenience of building self sustainable social houses in that need a larger initial investment, in comparison with the cost of a classical home, benefiting later from lower habitation costs that ultimately results on a better financial equation for both the government that constructs them and the individual who lives on them.

The project is developed in two main chapters. The first focuses on exploring all the optimization possibilities of new building techniques that serve both to increase the living quality of the owners and minimize the habitation costs in the use of gas and electricity. The second focuses on the optimization of energy generation through the use of sustainable technologies like wind or solar power that have a higher initial cost but have very low maintenance costs.

The final conclusion of the thesis is that it is indeed convenient to construct self sustainable homes. Although the initial cost of building is practically four times higher, supposing that all the surpluses of produced electricity can be directed to the public energy net to be later used as an energy credit, then it is convenient to construct homes with this method.

Quería agradecerle a Felix por su apoyo y guía en el desarrollo de este trabajo

TABLA DE CONTENIDOS

1.INTRODUCCIÓN	2
2.LA VIVIENDA SOCIAL	3
3.UN NUEVO ENFOQUE PARA LA VIVIENDA SOCIAL: OPTIMIZACIÓN EN INGENIERÍA	7
3.1.1 DISEÑO: ORIENTACIÓN.....	7
3.1.2 DISEÑO: FORMA.....	9
3.2.1 CONSTRUCCIÓN: ESQUEMA DE LA VIVIENDA	10
3.2.2 CONSTRUCCIÓN: ESTRUCTURA PISO	11
3.2.3 CONSTRUCCIÓN: ESTRUCTURA PAREDES	12
3.2.4 CONSTRUCCIÓN: TERMINACIONES	15
3.2.5 CONSTRUCCIÓN:TECHO.....	17
3.3.1 INSTALACIONES: AGUA Y ELECTRICIDAD	18
3.4.1 OPTIMIZACIÓN TÉRMICA: MURO TROMBE.....	19
3.4.2 OPTIMICACIÓN TÉRMICA: CHIMENEA TÉRMICA.....	21
3.4.3 OPTIMIZACIÓN TÉRMICA: COLECTOR SOLAR.....	22
4.UN NUEVO ENFOQUE PARA LA VIVIENDA SOLAR: OPTIMIZACIÓN EN TECNOLOGÍA	24
4.1.1 GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ENERGÍA: GENERADORES EÓLICOS.....	24
4.1.2 GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ENERGÍA: CELDAS SOLARES	27
4.1.3 GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ENERGÍA: IMPLEMENTOS DE BAJO CONSUMO	28
4.2 UTILIZACIÓN RACIONAL DEL AGUA.....	28
4.3 DISPOSICIÓN DE EFLUENTES	29
4.4 DEFINICIÓN TAMAÑO CELULA CONSTRUCTIVA	32
5. ANÁLISIS ECONÓMICO	34
5.1 COSTOS DE CONTRUCCIÓN	34
6. ANÁLISIS FINANCIERO	36
7. CONCLUSIONES	38

1 – INTRODUCCIÓN

Dentro de la población argentina actual, existe un segmento muy amplio que no logra acceder por sus propios medios a una vivienda propia y digna. Si bien en la actualidad encontramos varios programas gubernamentales que apuntan con mayor o menor éxito a paliar una pequeña porción de este déficit habitacional; lamentablemente nos encontramos que en los últimos 2 años se retomó la tendencia alcista que se había revertido luego de la crisis del 2001.

La vivienda es un bien básico y fundamental en cuya ausencia se condicionan las capacidades de una familia para poder desarrollarse. Provee un hábitat y un espacio para poder crecer dignamente y para poder formar un proyecto de familia con todo lo que esto significa. Sin embargo nos encontramos que este mismo segmento no solo no logra acceder a una vivienda digna por sus propios medios sino que además, en caso de obtenerla también tendría serias dificultades para poder mantenerla. Si bien la solución real sería disminuir los niveles de pobreza, es la finalidad de esta tesis evaluar una solución alternativa.

Una vivienda genera en el día a día gastos en varios rubros distintos como por ejemplo: luz, gas, agua, disposición de residuos y efluentes y acondicionamiento térmico. Estos gastos son absorbidos actualmente, total o parcialmente, por subsidios del gobierno. Por lo tanto, la inversión por parte del gobierno, o más bien de los contribuyentes, no termina cuando se termina de construir la vivienda, sino que continúa durante toda la vida útil de la misma.

Es el objetivo de esta tesis diseñar una vivienda social sustentable. Una vivienda que pueda autoabastecer las necesidades diarias de sus integrantes con el menor costo para la sociedad. Se realizará por lo tanto una valoración integral de los costos de construir dicha vivienda y los ahorros generados durante la vida útil de la misma y se evaluará, por medio de una VAN, la conveniencia comparativa con el costo de construir una vivienda clásica y costear luego todos los gastos asociados al día a día.

2. LA VIVIENDA SOCIAL

Existe en la actualidad, un grave déficit de acceso a la vivienda propia para una gran porción de la población Argentina. La misma tiene varias causas ⁽¹⁾:

- Falta de un plan público, económico y de gestión para generar una solución a largo plazo.
- Incapacidad fiscal para sostener el nivel de subsidios a servicios públicos y la distorsión de precios relativos existente que hacen difícil evitar un cuadro inflacionario.
- Imposibilidad del sistema financiero, tanto público como privado, de otorgar créditos a largo plazo con cuotas accesibles para familias de medios y bajos ingresos.
- Imposibilidad de reducir los niveles de pobreza, no solo con subsidios y planes sociales, sino con generación de empleos, inversiones y capacitación laboral.

La vivienda, como así también la educación, el trabajo, la salud y la alimentación, son la base para el correcto desarrollo de un núcleo familiar. Se observa sin embargo que en una sociedad como la argentina, todas estas condiciones vienen de la mano. Un individuo sin la educación adecuada, no logra ingresar en el mercado laboral, esto a su vez lo imposibilita de tener un plan de salud, una alimentación adecuada, educación para sus hijos, y muchos más lejos aún queda el acceso a una vivienda propia.

Se observa por lo tanto que el ingreso es una variable clave para poder determinar la capacidad de un individuo a ingresar al mercado inmobiliario. A falta de datos confiables sobre el real déficit habitacional en el país, tomaremos la línea de pobreza como divisorio para poder determinar aquella población que sufre de este déficit habitacional.

Se define como pobre a aquella persona que no logra cubrir sus necesidades básicas. Las necesidades básicas están definidas por la canasta básica total (CBT) que está compuesta por alimentos, vestimenta, transporte, educación, salud y demás componentes que son esenciales para un adulto equivalente. Su valor mensual está definido por el INDEC en \$ 373,37 ⁽²⁾ para un adulto modelo.

Lógicamente una familia cuyo ingreso este por debajo de la CBT no tendrá ninguna capacidad de ahorro, por lo que no accederá de ningún modo a una vivienda propia. Sin embargo, en caso de obtener una vivienda social, una familia pobre tampoco podrá costear los gastos de la misma ya que no cuenta con excedentes en su ingreso para este destino. El gobierno por lo tanto, deberá también subsidiar el día a día de esta vivienda.

¹ Gronda Luciano, 2010. Diario "La Nación", Opinión: Un Cambio de esquemas necesario.

² <http://www.indec.mecon.ar/default.htm>. Dato de Mayo 2010

Según el INDEC la Argentina cuenta en la actualidad con 5,25 millones de personas viviendo debajo de la línea de pobreza (Ver tabla 2.1). Esto se traduce en 1,1 millones de hogares viviendo en estas condiciones según el informe del INDEC de personas por hogar pobre ⁽³⁾

	% Bajo línea de pobreza		Cantidad bajo línea de pobreza		Personas por hogar Pobre
	Hogares	Personas	Hogares	Personas	
2003	43%	54%	4.668.871	20.449.654	4,38
2004	34%	44%	3.761.500	16.776.290	4,46
2005	29%	39%	3.244.785	14.731.325	4,54
2006	23%	31%	2.630.773	11.891.095	4,52
2007	16%	23%	1.908.341	8.861.517	4,64
2008	12%	18%	1.431.460	6.740.812	4,71
2009	9%	14%	1.102.496	5.263.892	4,77

Tabla 2.1. INDEC: Hogares y personas bajo la línea de la pobreza.

Sin embargo desde el año 2006 los indicadores emitidos por el INDEC resultan poco confiables y altamente contradictorios cuando se los compara con estimaciones no oficiales de fuentes privadas. Por ejemplo, para el año 2009, teniendo en cuenta tanto la caída en el nivel de actividad como el aumento de la inflación, resulta difícil de creer una disminución en el nivel de pobreza.

Utilizaremos por lo tanto las estimaciones emitidas por la consultora privada ECOLATINA ⁽⁴⁾ (Ver tabla 2.2)

	% Personas bajo línea de pobreza	Cantidad bajo línea de pobreza		Personas por hogar Pobre
		Hogares	Personas	
2003	52%	4.495.950	19.692.260	4,38
2004	43%	3.684.338	16.432.146	4,46
2005	35%	2.972.599	13.495.599	4,54
2006	30%	2.582.085	11.671.026	4,52
2007	29%	2.451.112	11.381.915	4,64
2008	31%	2.572.775	12.115.318	4,71
2009	32%	2.659.951	12.700.000	4,77

Tabla 2.2. ECOLATINA: Hogares y personas bajo la línea de la pobreza.

³ Personas por hogar Pobre: INDEC, "Encuesta Permanente de hogares continua"

⁴ http://www.ecolatina.com/informes/ISE_718.pdf

Existen actualmente 12.7 millones de personas bajo la línea de pobreza lo que se traduce en casi 2,66 millones de hogares con sus necesidades básicas insatisfechas. Este número además está mucho más alineado con una proyección que realizó el fondo nacional de la vivienda (FONAVI) ⁽⁵⁾ para el año 1999 que se puede observar en la tabla 2.3.

Hogares Hacinados	438.779	14,44%
Viviendas Irrecuperables	510.743	16,81%
Total Déficit Absoluto	949.522	31,24%
Viviendas Recuperables	1.635.014	53,80%
Hacinamiento por Cuartos	454.482	14,95%
Total Déficit Relativo	2.089.496	68,76%
Total Hogares con Déficit Habitacional	3.039.018	100,00%

Tabla 2.3. FONAVI: Total de hogares en situación de déficit habitacional por tipo de déficit. Proyección 1999 base censo población y vivienda 1991.

Dentro del déficit habitacional se encuentran 2 situaciones bien diferenciadas: El déficit habitacional absoluto y el relativo:

- **Déficit Absoluto:**

- Hogares Hacinados: Comparten viviendas con uno o más hogares.
- Hogares en viviendas Irrecuperables: Viviendas que deben ser reemplazadas pues la calidad de los materiales y las instalaciones con las que cuentan no permiten su habitabilidad.

- **Déficit Relativo:**

- Hogares en viviendas recuperables: Viviendas que presentan rasgos de precariedad (Falta de terminaciones, carencia de instalaciones sanitarias) pero pueden ser recuperadas mediante obras de refacción.
- Hogares con hacinamiento por cuarto: Ocupan viviendas de buena calidad pero por su tamaño resultan inadecuadas ya que tienen una relación de más de dos personas por cuarto.

Es evidente por lo tanto que para proveer de una vivienda adecuada para una familia la misma debe contar de base con:

- Servicios Sanitarios Completos.
- Materiales y construcción adecuada para las necesidades de un ser humano.

⁵ “Evaluación del Fondo Nacional de la vivienda (FONAVI), Dirección de gastos consolidados; Buenos Aires, 29 Diciembre de 2000”. <http://www.mecon.gov.ar/peconomica/basehome/fonavi.pdf>

- 1 cuarto cada dos personas.

Por lo tanto, además de las técnicas constructivas, que serán exploradas y analizadas en el próximo capítulo, también es necesario definir la cantidad de ocupantes que albergarán cada una de estas viviendas. Para ello veremos los ocupantes por hogar para núcleos debajo de la línea de pobreza detallado en la tabla 2.4

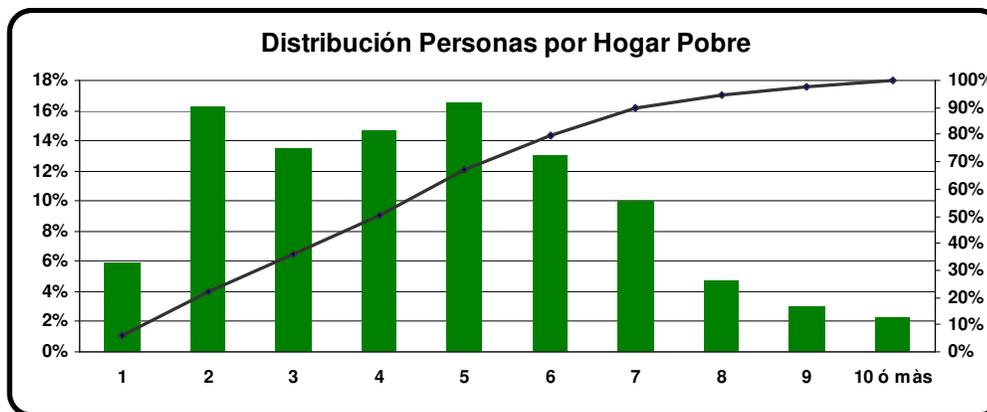


Tabla 2.4. Estimación Basada en: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.

Podemos observar del gráfico que aproximadamente el 80% de los hogares pobres Argentinos tiene entre 1 y 6 individuos. Tomando en cuenta más de 2 personas por cuarto se considera hacinamiento y menos de 2 personas por cuarto resulta económicamente poco efectivo; se construirán módulos para 2, 4 y 6 individuos.

Debido a la distribución poblacional de los hogares, se construirán un 30% de los módulos para 6 individuos, 40% para 4 individuos y 30% para 2 individuos.

3. UN NUEVO ENFOQUE PARA LA VIVIENDA SOCIAL: OPTIMIZACIÓN EN INGENIERÍA

3.1.1 DISEÑO: ORIENTACIÓN

Nos basaremos en la arquitectura solar pasiva de modo de poder minimizar los costos de climatización de las viviendas. La misma consiste en aprovechar las condiciones climáticas de cada zona geográfica para poder ambientar adecuadamente la vivienda sin tener que incurrir en costosos y contaminantes sistemas de climatización.



Figura 3.1.1.1 ⁽⁶⁾. Incidencia Solar sobre la tierra el 21 de Junio (Invierno)

En la figura 3.1.1.1 podemos ver la incidencia del sol sobre el hemisferio Sur un 21 de Junio. Podemos ver que la incidencia de los rayos tiene un gran impacto en el interior de una vivienda con orientación norte y grandes ventanales.

Asimismo en la figura 3.1.1.2 se aprecia la incidencia de los rayos sobre una vivienda tanto en verano como en invierno. Podemos observar que en verano los rayos se proyectan sobre la vivienda de modo casi perpendicular por lo que los soleros resultan muy eficientes

⁶ <http://www.sitiosolar.com/arquitecturasolarpasiva.htm#Metodoaprovechamiento>

para proteger el interior de la construcción del calor del sol, mientras que en invierno los rayos penetran de modo mucho más pronunciado dentro de la vivienda.

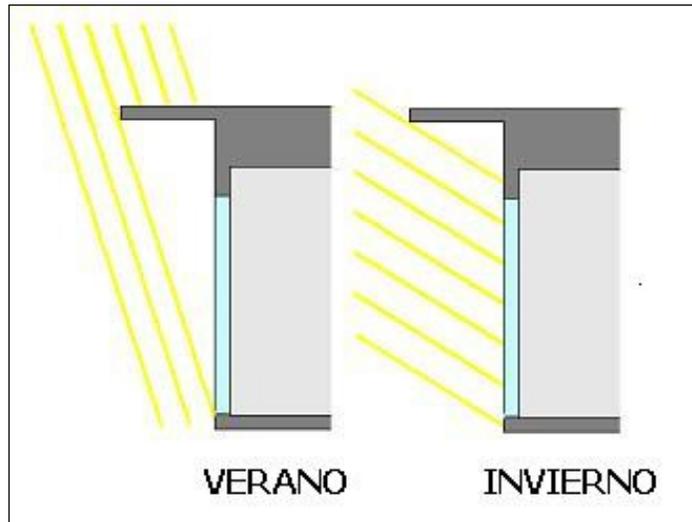


Figura 3.1.1.2 ⁽⁷⁾. Incidencia Solar sobre la fachada Norte de una vivienda. (Hemisferio Sur)

Como se puede observar, la fachada norte es la que mas asoleo recibe en invierno, mientras que en verano el sol castiga principalmente los techos. En invierno la incidencia del sol sobre la fachada norte llega a ser hasta 3 veces más que en verano, mientras que los techos reciben en verano hasta 4,5 ⁽⁸⁾ veces más sol que en invierno. Con respecto a las fachadas este y oeste, éstas reciben en verano hasta 2,5 veces más radiación que en invierno. En tanto, la fachada sur prácticamente no recibe asoleo directo salvo en la época de verano.

Con respecto a los vientos, la incidencia de los mismos varía en gran medida según la zona geográfica. En la provincia de Buenos Aires los vientos predominantes son el Pampero y la Sudestada que vienen del Sur y Sudeste respectivamente.

En definitiva, tomando en cuenta tanto la dirección de los vientos como la orientación e incidencia del sol, la mejor disposición para construir una vivienda es la Norte. De este modo se aprovecha en invierno el sol para poder dar calor a la misma y en verano se aprovechan los vientos del sur para crear corrientes transversales para refrescar la vivienda.

⁷ <http://www.sitiosolar.com/arquitecturasolarpasiva.htm#Metodoaprovechamiento>

⁸ <http://www.tapic.info/arquitectura.medioambiental/chiapas/documentos/bioclimatica.PDF>

En la fachada norte se construirán por lo tanto grandes ventanales. Debido a la angulación con la que incide el Sol en época invernal, el alto de la ventana se debe calcular teniendo en cuenta que la profundidad de los cuartos no puede ser más que 2,5 veces el alto de las mismas de modo de que el Sol incida en toda la profundidad de la habitación y poder recibir suficiente asoleo como para poder templar los ambientes.

De este modo, los ambientes que requieren más calor, tanto los dormitorios como el living/comedor se sitúan en la cara norte de la vivienda, mientras que la cocina y los baños, que no solo no necesitan ambientación térmica, sino que además son generadores de calor, se ubican en la cara sur. A su vez, se debe tener en cuenta que las mayores pérdidas de calor se sufren a través de las ventanas, por lo que las ventanas de la cara sur deben ser pequeñas y con buenos cerramientos, mientras que los grandes ventanales deberían estar presentes en la fachada norte con buenos cerramientos también, y protecciones en forma de persianas para la noche.

En el capítulo de acondicionamiento térmico ahondaremos en las técnicas de ventilación.

3.1.2 DISEÑO: FORMA

La forma de la vivienda es un factor clave en el acondicionamiento energético de la misma, ya que determina los intercambios térmicos con el exterior. Mientras mayor sea la superficie exterior del inmueble, tanto mayor serán las ganancias y pérdidas que sufrirá a través de esa superficie. Esto es deseable para climas templados pero no para climas continentales. Se busca, mediante la forma de la vivienda, minimizar tanto las pérdidas de calor en invierno como las ganancias en verano, así como también facilitar la protección contra los vientos no deseados en épocas frías y favorecer la ventilación natural en épocas cálidas. A su vez, el volumen de una vivienda es un indicador de la cantidad de energía térmica almacenada dentro de ella.

Existe un indicador que se utiliza para estandarizar el intercambio térmico que sufrirá una casa en función de su forma, se lo denomina el factor de forma. El factor de forma es la relación entre la superficie exterior y el volumen de una construcción. Se recomienda un factor de forma mayor a 1,2 para climas templados mientras que para climas extremos, tanto cálidos como fríos, se recomiendan factores de forma más bajos.

Se ha demostrado que para climas templados, la forma constructiva óptima es la rectangular ⁽⁹⁾, con el eje mayor orientado en la dirección este-oeste y la fachada principal mirando al norte. De este modo se favorece la ventilación cruzada en todos los ambientes en las épocas de calor, aprovechando los dos vientos predominantes en Buenos Aires, el

⁹ Olgyay, Victor (1998), "Arquitectura y Clima"

Pampero y la Sudestada y se maximiza la absorción de calor en la fachada norte en las épocas frías.

3.2.1 CONSTRUCCIÓN: ESQUEMA DE LA VIVIENDA

A continuación en la figura 3.2.1.1 vemos el esquema constructivo de una vivienda tipo de 3 ambientes, con 2 cuartos. Se destaca que tanto los baños como la cocina y el lavadero se sitúan en la fachada sur junto a ventanales pequeños para minimizar las perdidas en invierno. Estos ventanales pequeños permitirían la ventilación cruzada, que es muy importante en verano. Además también se puede observar que todas las habitaciones así como el living, se encuentran en la fachada norte y cuentan a su vez con grandes ventanales que permiten recibir eficientemente asoleo. La vivienda para 2 personas será igual pero con una habitación menos y la de 6 personas contará con una pieza más.



Figura 3.2.1.1. Esquema de vivienda para 4 personas

3.2.2 CONSTRUCCIÓN: ESTRUCTURA PISO

Para la cimentación de la vivienda se utilizara una estructura del tipo platea. La misma está compuesta por varias capas:

Primero se retira la capa superior de tierra, de por lo menos 40 cm. Luego se coloca tosca apisonada sobre la cual se colocara la platea. A su vez la capa de tosca debe extenderse por un perímetro de entre 60 cm y 1 metro más allá de la platea. Se alisa la superficie de la tosca.

A continuación se realiza el planteo de vigas, generalmente debajo de donde se encontraran las paredes portantes y se debe definir la ubicación de los sanitarios a fin de realizar el paso de las cañerías. A continuación se prepara el encofrado para el borde de la platea y se cubre todo con un aislamiento térmico y un film de polietileno como aislamiento hidrófugo. Luego, se procede a colocar la armadura y las vigas de refuerzo. La armadura de la platea se debe anclar a las vigas. Todo esto se debe extender por toda el área de tosca apisonada (incluyendo el perímetro más allá del plano de la vivienda). Por sobre lo mencionado anteriormente, se colocará la platea de hormigón armado cuidando de extenderla también al perímetro adicional de 60cm a 1 metro adicional a la vivienda.

Es importante colocar el aislamiento debajo del hormigón armado para asegurar la impermeabilización de la platea a los efectos de la capilaridad.

Finalmente la misma se termina con una carpeta niveladora para emparejar cualquier imperfección que pudiera haber resultado del fraguado del hormigón. En la figura 3.2.2.1 vemos un croquis de la construcción de una platea.

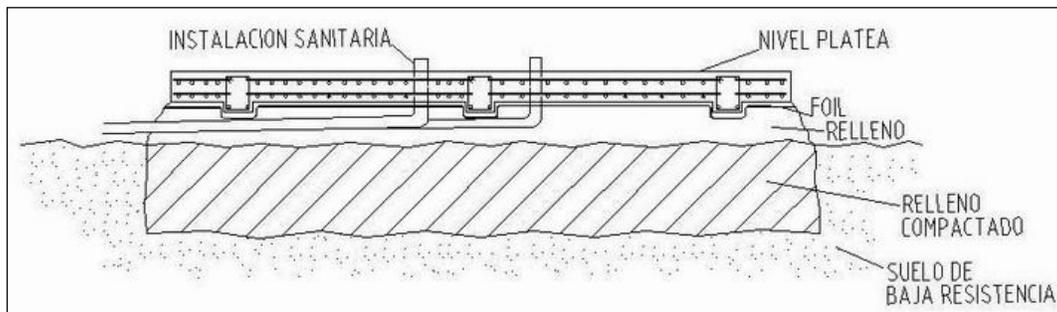


Figura 3.2.2.1. Platea de Hormigón Armado

La gran ventaja de este método constructivo es tanto su simplicidad como la velocidad de construcción. Se estima que incluyendo el tiempo de fraguado, el tiempo de construcción de la platea es de 1 mes. A su vez la platea actúa como un plano rígido, distribuyendo uniformemente las cargas de la vivienda sobre el terreno, que a su vez se ve menos solicitado por estas cargas lo que redundará en un beneficio, especialmente cuando el terreno es de material poco resistente como los rellenos o arcillas. De este modo se previene el agrietamiento o rotura en la edificación que puede llevar hasta el colapso de la misma.

3.2.3 CONSTRUCCIÓN: ESTRUCTURA PAREDES

Para la edificación de las paredes se utilizara el sistema constructivo conocido por “steel framing”. El mismo consiste en perfiles de acero galvanizado que se unen para generar la estructura que soportará la vivienda. Actualmente el steel framing es uno de los métodos constructivos más utilizados para la construcción residencial y comercial tanto en Europa como en Estados Unidos. Tiene gran cantidad de beneficios:

- Mayor ratio dureza por peso que cualquier otro material de construcción.
- 100% reciclable.
- Muy alta velocidad de construcción.
- No combustible.
- Se puede combinar fácilmente con otros materiales.
- Gran facilidad para ampliar obras terminadas.
- No requiere de mano de obra especializada.
- Gran facilidad para implementar aislamientos e instalaciones.
- Debido a su composición de acero galvanizado, tiene gran durabilidad a través del tiempo.
- Permite todo tipo de terminaciones, tanto interiores como exteriores.
- Bajo costo de construcción y mantenimiento.

En la figura 3.2.3.1 se observa la metodología constructiva para el armado de una pared no portante con steel framing.

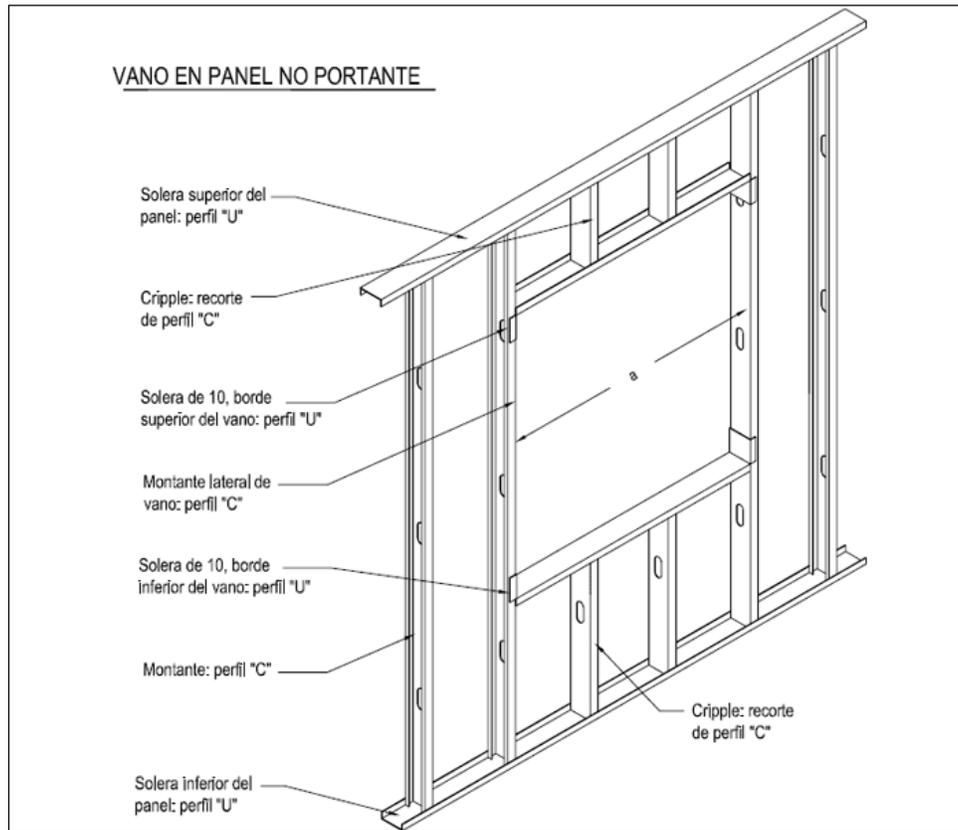


Figura 3.2.3.1 ⁽¹⁰⁾. Estructura steel framing para paredes no portantes

La estructura se debe fijar a la fundación mediante anclajes y conectores a la platea de H^oA^o de modo de transmitir eficientemente las distintas cargas a la que se somete la estructura.

¹⁰ http://www.domusgrata.com/_DomusGrata/Documents/Steel_Framed.pdf

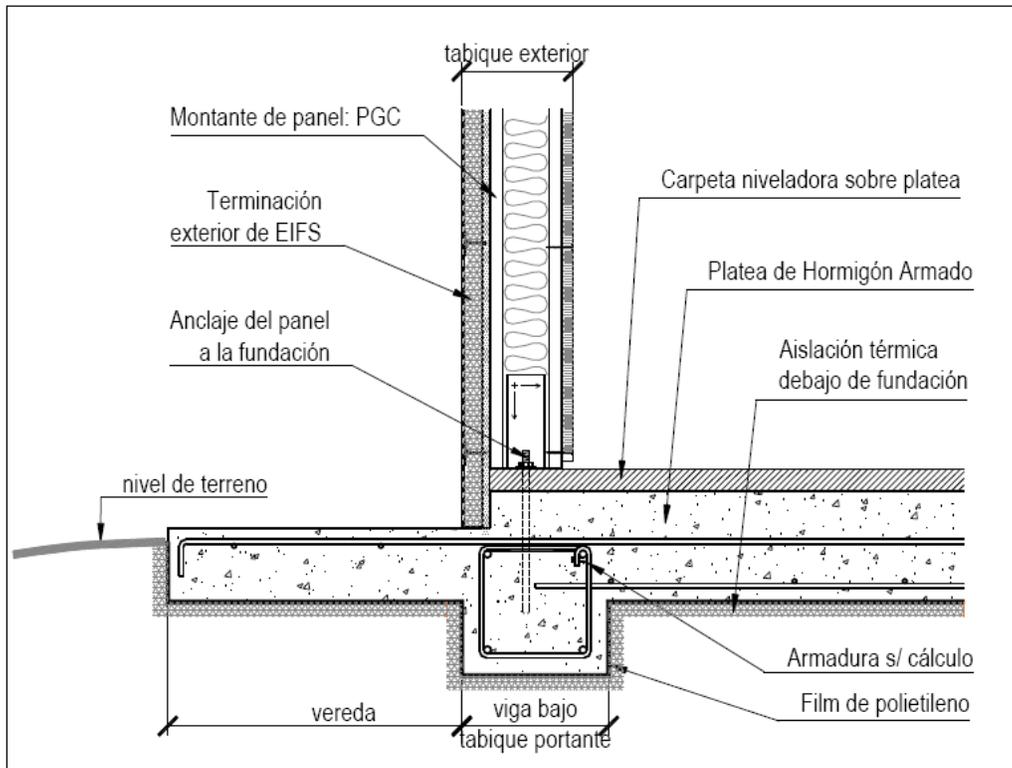


Figura 3.2.3.2 ⁽¹¹⁾. Montaje Estructura Steel Framing sobre losa de H°A°

En la figura 3.2.3.2 se puede ver la metodología utilizada para fijar la estructura a la losa. Sobre dicha montura se fijan por medio de tornillos auto-perforantes los paneles. Se utilizan paneles, dado que su construcción es sensiblemente más veloz y además, al ser realizado en seco (sin la necesidad del fraguado de hormigón) es mucho más simple y requiere de mano de obra y herramientas menos especializadas. Adicionalmente al realizarse la construcción de dichos paneles en planta y a gran escala, los costos de los mismos son mucho más bajos que si se utilizara cualquier metodología de terminación en obra.

Los paneles a utilizar serán de cemento armado. Los mismos tienen los siguientes beneficios:

- Muy buen aislamiento térmico
- Están terminados con una capa hidrofóbica para evitar la absorción de humedad capilar como así también garantizar la difusión de vapor.
- Están constituidos por recursos renovables.
- Fácil manipulación gracias a su bajo peso.

¹¹ <http://www.consulsteel.com/esp/index.php>

- Bajo precio

3.2.4 CONSTRUCCIÓN: TERMINACIONES

Una vez montada dicha estructura se deben colocar terminaciones tanto interiores como exteriores. Las mismas tienen distintas funciones y características.

El primer paso consiste en crear una barrera de agua y viento. Para poder realizar esto, se coloca una membrana hidrófuga. La misma se coloca exteriormente como se observa en la figura 3.2.4.1 y cumple la función tanto de limitar el paso de agua y viento de afuera hacia adentro, como también la eliminación hacia el exterior de la humedad que se pueda generar dentro de la vivienda o por la condensación en las paredes, fruto de la gradiente térmica.

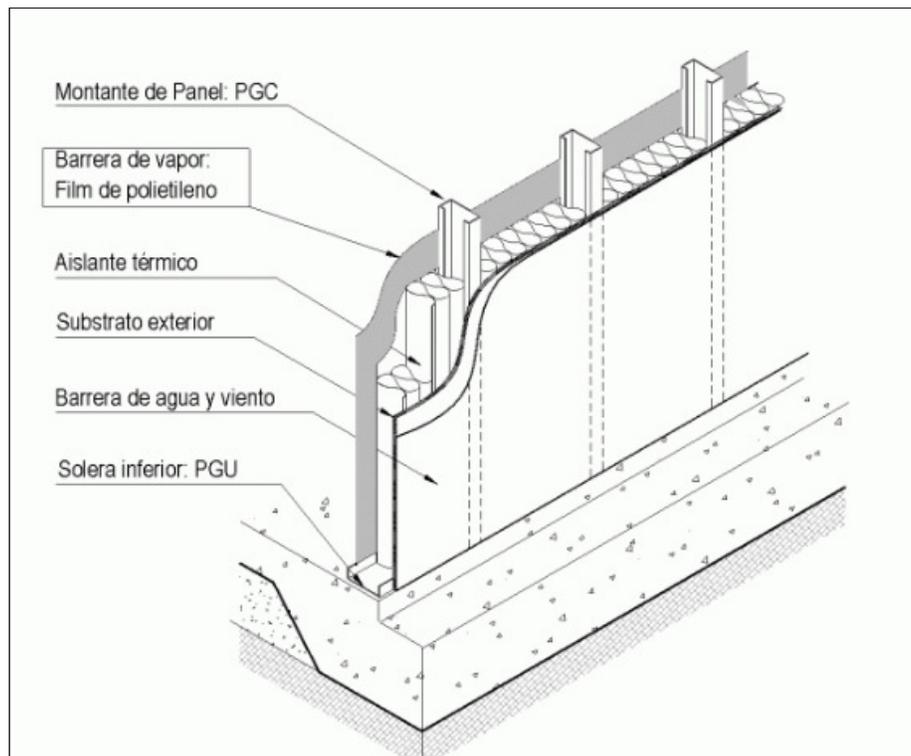


Figura 3.2.4.1 ⁽¹²⁾. Membrana Hidrófuga

Luego se coloca la terminación exterior que consiste en un sistema multicapa conocido como E.I.F.S (“Exterior Insulation Finishing System”). Dicho sistema se fija por adhesivado y está compuesto por 3 capas básicas:

¹² <http://www.consulsteel.com/esp/index.php>

- E.P.S: Es poliestireno expandido que cumple la función de generar un aislamiento térmico continuo que resulta fundamental cuando se trabaja con steel framing ya que soluciona el problema de los puentes térmicos.
- Capa Base + Malla de refuerzo: Consiste en una malla de fibra de vidrio colocada sobre una mezcla símil cemento que proporciona resistencia al impacto.
- Capa de Terminación: Es el acabado final que proporciona una solución estética a la pared como así también resistencia a la acción desgastante del agua y del viento.

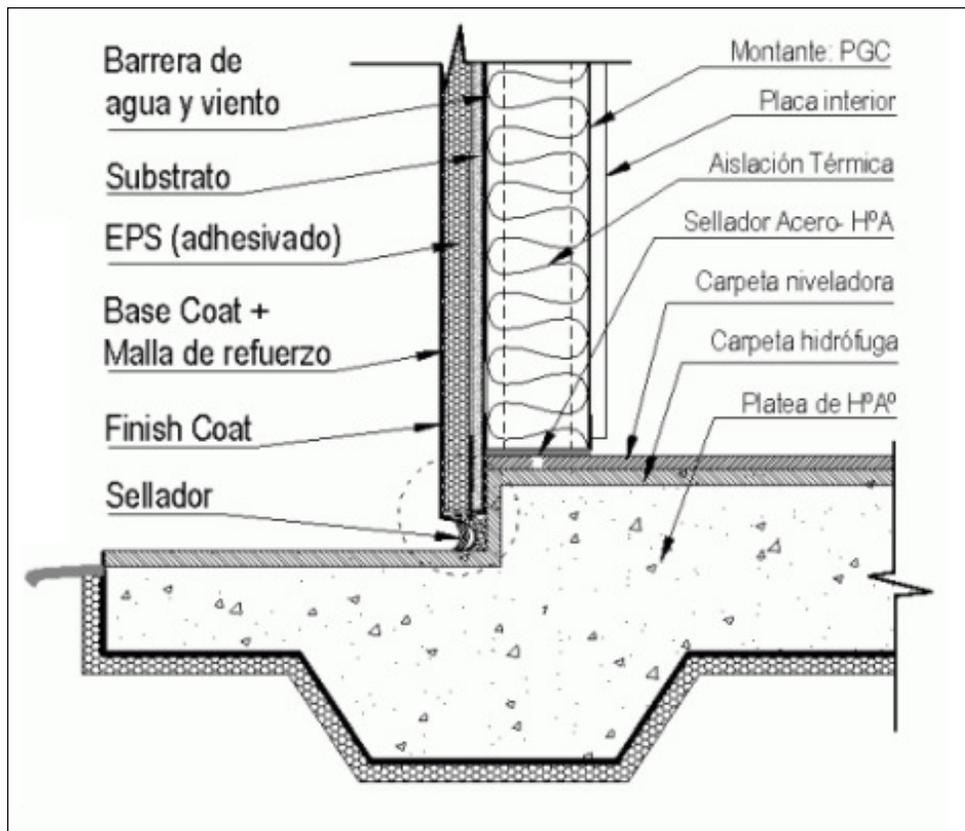


Figura 3.2.4.2 ⁽¹³⁾. Sistema E.I.F.S.

En la figura 3.2.4.2 se ve como se deben colocar la membrana hidrófuga y la EIFS para que resulten efectivas en sus funciones. Se debe colocar asimismo un sellador debajo de dichas capas para asegurar que no se filtre agua desde la vereda por debajo de la EIFS y la membrana hidrófuga.

¹³ <http://www.consulsteel.com/esp/index.php>

Para la terminación interior se utilizarán placas de roca de yeso cubiertas por un film para evitar condensaciones sobre la cara caliente del muro. Los beneficios de las placas de yeso son varios ⁽¹⁴⁾:

- Facilidad de construcción y eliminación de mezclas húmedas.
- Resistencia al fuego.
- Buen aislador térmico y acústico.
- Económico.
- Construcción veloz y con buena terminación.

3.2.5 CONSTRUCCIÓN: TECHO

Los techos se construirán a un agua por una cuestión de facilidad constructiva y adicionalmente contarán con un pequeño ático que servirá de colchón térmico principalmente para las épocas de calor donde el sol incide principalmente en los techos.

Para los techos se utilizara Panel Plac[®], sistema que ofrece una solución constructiva integral. La misma está compuesta por 3 capas tal como se observa en la figura 3.2.5.1:

- Chapa de acero galvanizado BWG conformada en frío prepintada.
- Núcleo aislante de poliuretano rígido de 40kg/m^3 de 50mm de espesor, que equivale a 100mm de fieltro semirrígido de lana de vidrio.
- Cielorraso incorporado con terminación similar madera apto para pintar.

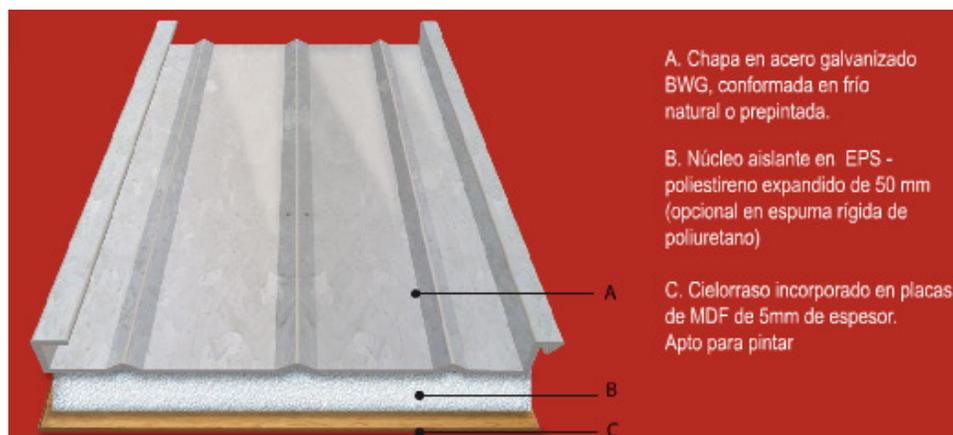


Figura 3.2.5.1 ⁽¹⁵⁾. Panel Plac[®].

¹⁴ http://www.alipso.com/monografias/2591_revestimientos/

¹⁵ <http://www.poliobras.com.ar/>

Panel Plac[®] ofrecerá gran aislamiento térmico e hidrófugo, así como también una excelente resistencia. Gracias a su particular diseño, los paneles Panel Plac[®] darán una absoluta estanqueidad.

La fijación de los paneles se hace desde abajo por medio de clips especiales, con lo cual se logra que la superficie exterior compuesta por paneles de chapa galvanizada calibre BWG 24 conformada en frío y con terminación superficial natural o prepintada, se comporte como una piel continua, durable, resistente y hermética ya que está completamente libre de perforaciones y juntas por las cuales eventualmente se pueden producir filtraciones. El material además ofrece óptima resistencia a la corrosión y una excelente resistencia mecánica.

La unión de los paneles entre sí se obtiene a través de un último paso conformado “in situ”, que se realiza mediante una máquina selladora eléctrica autopropulsada, que forma un cierre laberíntico en la cresta de los perfiles de la cubierta. Este sellado mecánico asegura la hermeticidad de la unión de los paneles, permitiendo, además:

- La libre dilatación de la cubierta por diferencias térmicas.
- La instalación de las cubiertas con mínimas pendientes, del orden del 2/3 %.

Debido a su bajo peso la instalación es sencilla y no requiere más de dos operarios para su manipulación. Posee una excelente aislación térmica y anti-condensante y dada su capacidad auto-portante minimiza las necesidades estructurales. Por último, como resultado de todo esto, es que los tiempos de ejecución de esta solución son mínimos.

3.3.1 INSTALACIONES: AGUA Y ELECTRICIDAD

Para las instalaciones de agua se utilizarán caños de polietileno reticulado que se montarán sobre la estructura de steel framing. De este modo se implementa simultáneamente con la construcción de la vivienda. Los caños de polipropileno reticulado al ser un material que no necesita codos, reduce el número de juntas y por ende la posibilidad de pérdidas. A su vez presenta los siguientes beneficios:

- Reduce el golpe de ariete.
- Opone resistencia al daño por congelamiento.
- Previene de la formación de elementos calcáreos.
- Elimina el efecto de la electrólisis (que causa perforaciones en los tubos metálicos).

- Ausencia de deterioro en las piezas de la instalación, a consecuencia de pH bajo.
- Exige pequeñas cantidades de racores, reduciendo los errores de la instalación.
- Peso ligero para una manera del empleo fácil.

Para la instalación de electricidad se utilizarán tubos corrugados de polipropileno por donde se pasaran los cables. Los tubos al ser flexibles permiten una fácil instalación. Conviene situar los tubos empotrados en las paredes en recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo y del techo. En cuanto a los tubos verticales, no se deben separar más de 20 cm de los ángulos de las esquinas. Estas distancias máximas de seguridad tienen como finalidad que los tubos no interfieran con otras canalizaciones. También se evitan así posibles inconvenientes a la hora de realizar taladros en las paredes. Los beneficios de las tuberías corrugadas de polipropileno para las instalaciones eléctricas son los siguientes:

- Resistencia Mecánica: Resiste impacto de 2J a una temperatura de -5°C y resiste compresión de 450N que equivale a una pisada de un hombre de 80kg.
- Auto Extinguible: Al ser de material PVC en un 100% virgen, es resistente a la propagación de llamas y es auto extinguido.
- Propiedades Eléctricas: Tiene resistencia de aislación superior a los 250MOhms y resistencia Dieléctrica superior a 2000 VAC.
- Compatibilidad: Estas tuberías se construyen en diámetros estándar de mercado por lo que son compatibles con la mayoría de los accesorios vendidos en el comercio.

3.4.1 OPTIMIZACIÓN TÉRMICA: MURO TROMBE

Se utilizan varias técnicas para poder lograr una climatización del hogar efectiva y económica. Entre ellas están tanto la orientación como la forma. Adicionalmente se utilizara una técnica conocida como “muro trombe” para lograr calefaccionar el ambiente en invierno y refrigerarlo en verano. El sistema es básicamente un colector solar activo de aire integrado al muro. Se pintan las paredes norte de la casa de color oscuro y se revisten con un vidrio. En el muro se realizan una serie de conductos tanto en la parte superior como en la inferior que comunican el interior de la vivienda con el espacio entre el muro y el cristal. Del mismo modo, en el vidrio se realizan una serie de conductos en la parte superior, que comunican dicho espacio con el exterior.

Su funcionamiento es sencillo. En invierno se cierra el conducto que comunica el espacio colector solar con el exterior. Luego, los rayos del sol inciden sobre el muro oscuro calentándolo. En invierno al ser los rayos del sol más horizontales, incidirán de modo casi

perpendicular sobre el muro. El ángulo de incidencia exacto llega a ser de hasta 79° . El muro luego calienta el aire atrapado entre el muro y el vidrio, haciéndolo subir por convección. Dicho aire ingresara al hogar por los conductos aportando energía calórica. Además, el vacío que produce el ingreso de aire cálido por los conductos superiores, genera un efecto succión a través de los conductos inferiores a través de los cuales ingresara el aire frío de la vivienda que será a su vez calentado generando una corriente “calefactora”. Adicionalmente, la energía calórica almacenada en el muro, se irá liberando también en el transcurso de la noche proveyendo de calor a la casa.

En verano se abren los conductos en el vidrio que comunica el colector solar con el exterior y se cierran los conductos superiores en la pared. De este modo se calienta el aire en el colector solar que sube por convección y se escapa del colector por los conductos superiores del vidrio. El vacío generado por el aire que sale es ocupado por aire de dentro de la casa forzando ,a su vez, que entre aire en la casa; lo que genera finalmente una corriente de aire que la refrigera. En la figura 3.4.1.1 podemos ver un croquis un muro trombe.

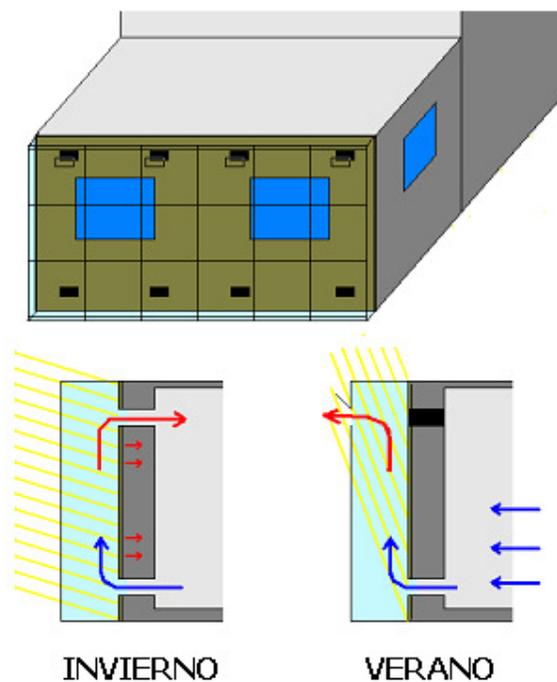


Figura 3.4.1.1. Muro Trombe

Para poder dimensionar correctamente el tamaño del muro se estima la necesidad de energía térmica que deberá ser transmitida al interior del hogar para mantener una temperatura de entre 18° y 24° las 24 horas del día. El tamaño del muro depende de la temperatura media como también de la latitud. En la tabla 3.4.1.1 vemos la superficie de pared trombe necesaria

por metro cuadrado de vivienda. Para este proyecto se utilizara 0,22 m² de muro trombe por cada metro cuadrado de vivienda

Temperatura media exterior de invierno	Superficie de pared necesaria por unidad de superficie útil
	<i>Muro</i>
<i>Climas frío</i>	
-10° C	0.72-1.0
-7° C	0.60-1.0
-4° C	0.51-0.93
-1° C	0.43-0.78
<i>Climas templados</i>	
+2° C	0.35-0.60
+5° C	0.28-0.46
+7° C	0.22-0.35

Tabla 3.4.1.1. Dimensionamiento Muro Trombe

Se instalara adicionalmente loza radiante para templar las viviendas en caso de fríos extremos y días nublados. La generación de calor se realizara a través de una caldera a gas que será utilizada también para el calentamiento de agua para las viviendas cuando el calefón solar no sea suficiente.

De este modo se soluciona completamente la refrigeración en el verano por medio de los distintos sistemas utilizados ahorrando el uso de aires acondicionados y ventiladores. Durante el invierno, se deberá complementar en menor medida con la caldera, pero se ahorra un 70% de energía gracias a la orientación y forma de la vivienda, a los sistemas de climatización pasiva y en gran medida también debido al buen diseño de aislación.

3.4.2 OPTIMIZACIÓN TÉRMICA: CHIMENEA TÉRMICA

Una chimenea solar o una chimenea térmica como también se llama es un artefacto que tiene una metodología de funcionamiento parecido al muro trombe. La misma es básicamente una chimenea pintada de negro. Durante el día la energía solar calienta la chimenea y por conducción, al aire dentro de ella, creando una corriente de aire ascendente. El vacío generado en la base de la chimenea por el aire que sube se utiliza para ventilar la vivienda y especialmente el ático, que es el ambiente más cálido en verano por la gran cantidad de asoleo que reciben los techos en esta época. De este modo se previene la transferencia de calor del ático a la vivienda en épocas calurosas.



Figura 3.4.2.1. Chimenea Solar

Un detalle interesante que se puede observar en la figura 3.4.2.1 es el ángulo de la base de la chimenea. Debido a la verticalidad con que el sol incide en la tierra en verano, este ángulo permite que la chimenea térmica reciba asoleo también durante las horas del mediodía.

3.4.3 OPTIMIZACIÓN TÉRMICA: COLECTOR SOLAR

Para obtener agua caliente se utilizarán colectores solares de baja temperatura. Los estudios indican que entre un 30% y un 100% del agua caliente necesaria para efectos sanitarios se pueden obtener por medio de colectores solares planos. Aquellos de más eficiencia son los que están protegidos por un vidrio que disminuye las pérdidas aprovechando el efecto invernadero que logra.

El colector solar trabaja con corrientes de convección que se forman por el calentamiento del agua dentro de los tubos (que se pintan de negro), lo que genera que por su menor peso específico, suba hasta almacenarse en el tanque anexo por sobre el colector. De este modo se introduce el agua por el extremo inferior del colector y se acumula en la parte superior del

tanque de agua caliente tal como se puede observar en la figura 3.4.3.1. Dicha agua se recircula por efecto de termosifón a través del panel constantemente para mantener la temperatura. De este modo el agua fría desciende al panel donde se vuelve a calentar y el agua caliente sube y se almacena en el tanque. En la salida del tanque se coloca además un termostato para medir la temperatura del agua, que puede llegar a temperaturas de 70° de modo de rebajarla adecuadamente con agua fría para lograr una temperatura de 40° para su utilización. De este modo también se logra mayor autonomía. Los paneles se colocaran en el techo de las viviendas para evitar sombras. Se debe tomar esto en cuenta ya que se deberá colocar una bomba para poder abastecer el colector.

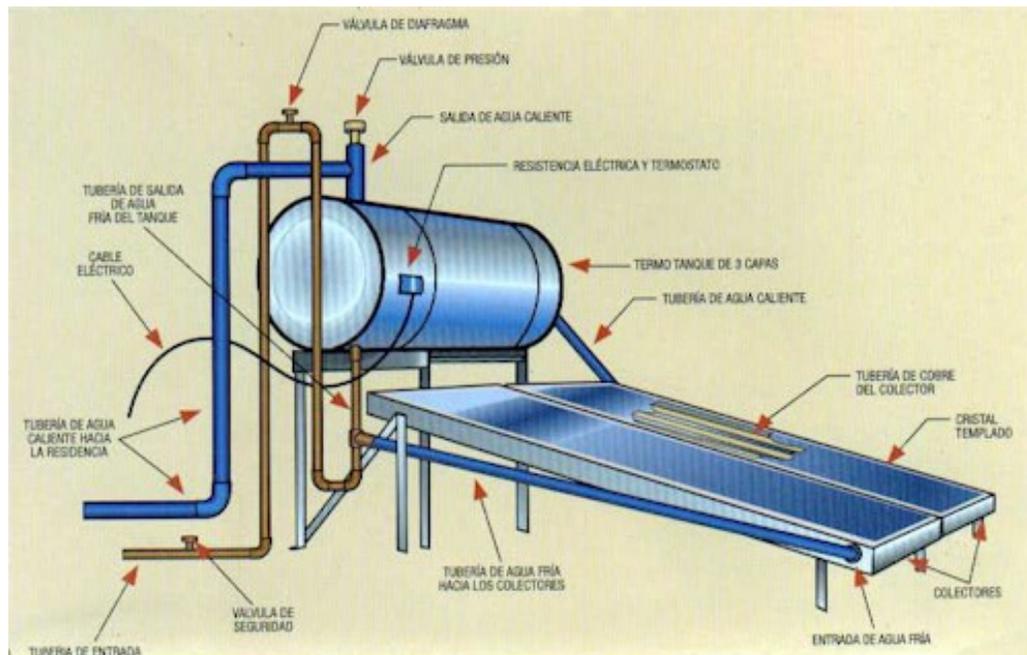


Figura 3.4.3.1. Colector Solar Plano

Adicionalmente, también se debe instalar un sistema convencional de producción de agua caliente para momentos en los que esté nublado. Se utilizará para calentar agua cuando el colector solar no sea suficiente una caldera a gas. La misma también será utilizada en momentos de frío extremos para proveer calor por medio de losa radiante. Se utiliza la caldera a gas ya que su costo es bajo comparativo con otras metodologías y además se aprovecha su utilización para todas las casas del emplazamiento. La losa radiante también es el modo más eficiente y seguro para transmitir el calor al hogar. La utilización de la caldera de todos modos será mínima y estará dada únicamente en días nublados y de frío extremo.

4.UN NUEVO ENFOQUE PARA LA VIVIENDA SOLAR: OPTIMIZACIÓN EN TECNOLOGÍA.

4.1.1 GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ENERGÍA: GENERADORES EÓLICOS

Para proveer energía eléctrica a las viviendas, utilizaremos generadores eólicos. Debido al alto costo y bajo rendimiento de las baterías de almacenamiento de energía, no se utilizarán como método para guardado de excedentes de producción. Se trabajará sobre el supuesto de que todos los excedentes de energía que se obtengan se volcaran a la red general de energía de modo de obtener un crédito energético que pueda ser utilizado en momentos donde no se logre cubrir el total de la necesidad energética de las viviendas. Esto sucede por la distribución estacional del uso de implementos tanto durante los distintos horarios del día como en las distintas estaciones del año.

La mayoría de las turbinas a escala comercial instaladas hoy en día son de 2 MW en tamaño y cuestan alrededor de USD 3.5 millones por cada unidad instalada lo que se traduce a un costo de USD 1750/KW. Las turbinas de viento tienen economías de escala significativas. Pequeñas turbinas de explotación o residenciales escala general cuestan menos, pero son más caros por kilovatio de capacidad de producción de energía. Las turbinas de viento de menos de 100 kilovatios tienen un costo alrededor de USD 3.500 a USD 5.000 por kilovatio de capacidad. Eso significa que un generador de 10 kilovatios puede costar entre \$ 35.000 y \$ 50.000 dólares. El costo de mantenimiento de un generador eólico de 1,5 MW es de entre 6 y 8 dólares por MW.

Se utilizará un aerogenerador de la empresa NRG Patagonia con fábrica en Comodoro Rivadavia. De modo de poder aprovechar la economía de escala por KW instalado que se obtienen con generadores de mayor potencia, se instalará uno de 1,5 MW. El modelo a instalar es el NRG 1500 IEC Clase II A. A continuación en la figura 4.1.1.1 vemos un esquema de dicho generador:

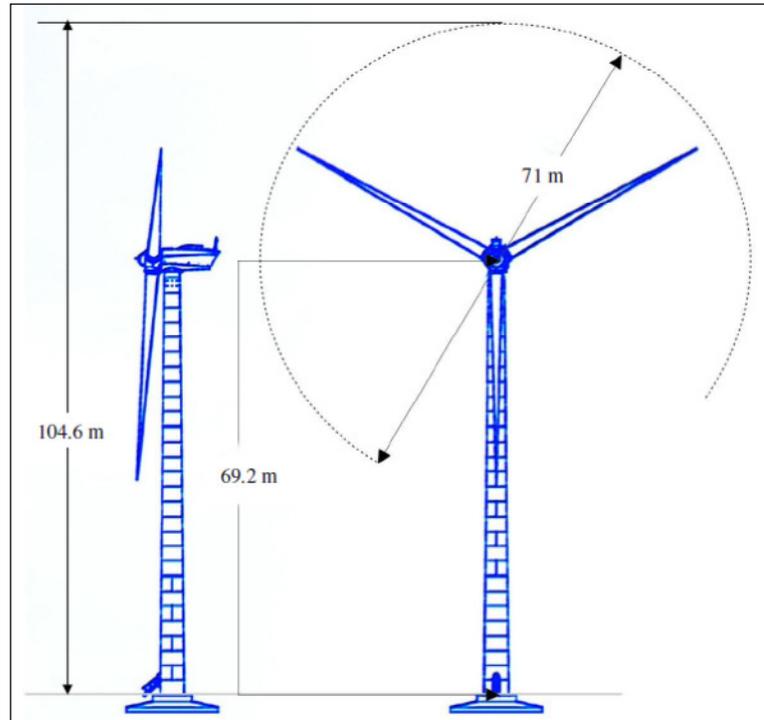


Figura 4.1.1.1. Esquema Generador NRG 1500 IEC Clase II

La clase indica la velocidad de viento que necesita para su óptimo funcionamiento. La clase II corresponde a vientos de baja a mediana velocidad, tal como se pueden encontrar en ciertas áreas suburbanas de Buenos Aires. A continuación vemos un esquema de dicho generador:

De este modo, se logra que el generador produzca su máxima energía con vientos de 12 m/s tal como se puede ver en el grafico 4.1.1.2 a continuación.

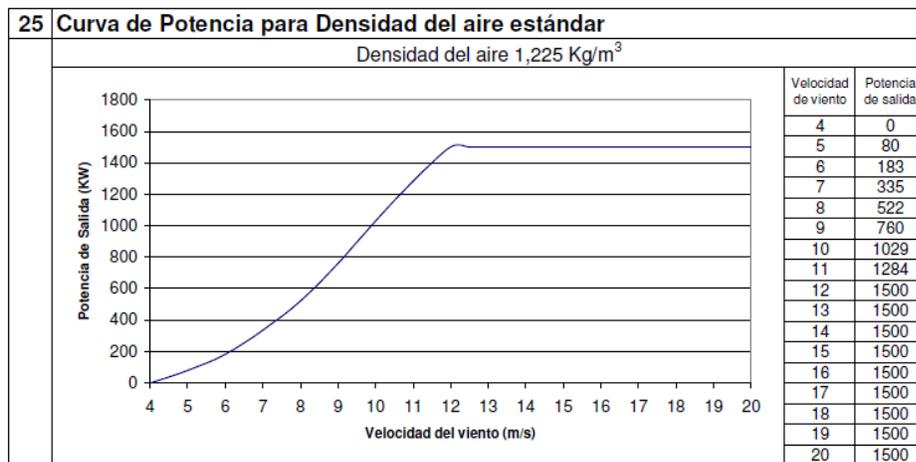


Figura 4.1.1.2. Curva de Potencia NRG 1500 IEC Clase IIA

Le eficiencia promedio de una turbina eólica, instalada en estas condiciones es aproximadamente de un 25%. Sin embargo este porcentaje puede variar sensiblemente según la distribución de la velocidad de los vientos. La velocidad de los vientos responde a una distribución de Weibull variable según la velocidad promedio de vientos en la zona tal como vemos en la figura 4.1.1.3.

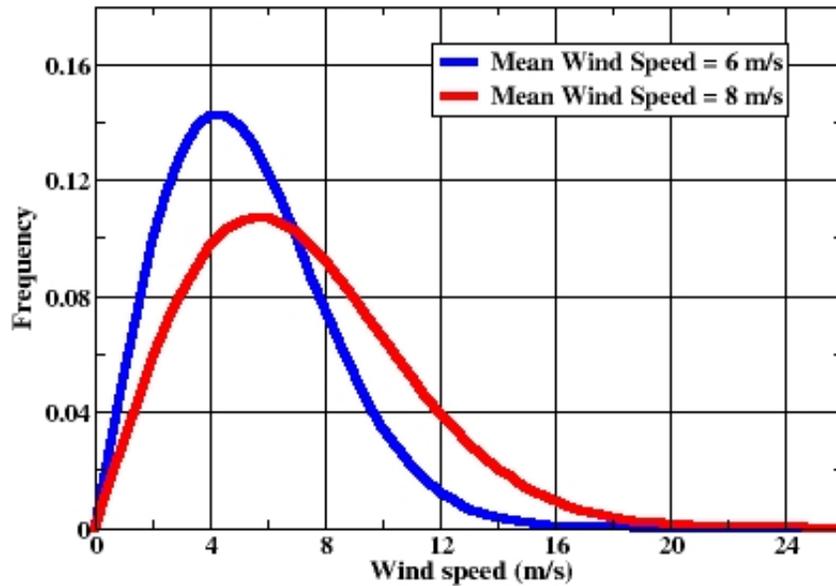


Figura 4.1.1.3: Distribución Weibull velocidad vientos

Como podemos observar existen zonas dentro de la provincia de Buenos Aires con intensidad de vientos de entre 20,3 y 26,2 km/h que equivale entre 5,7 y 7,3 m/s. La experiencia mundial indica que con vientos medios por sobre los 5 m/s es factible el uso del recurso eólico para la generación de electricidad. Las granjas eólicas instaladas on-shore en Europa cuentan por lo general con vientos de 7 m/s lo que hace de la provincia de Buenos Aires un lugar óptimo para la generación de energía eléctrica por medio de generadores eólicos.

A continuación en la figura 4.1.1.4 podemos ver la distribución de velocidad de vientos en la república Argentina.

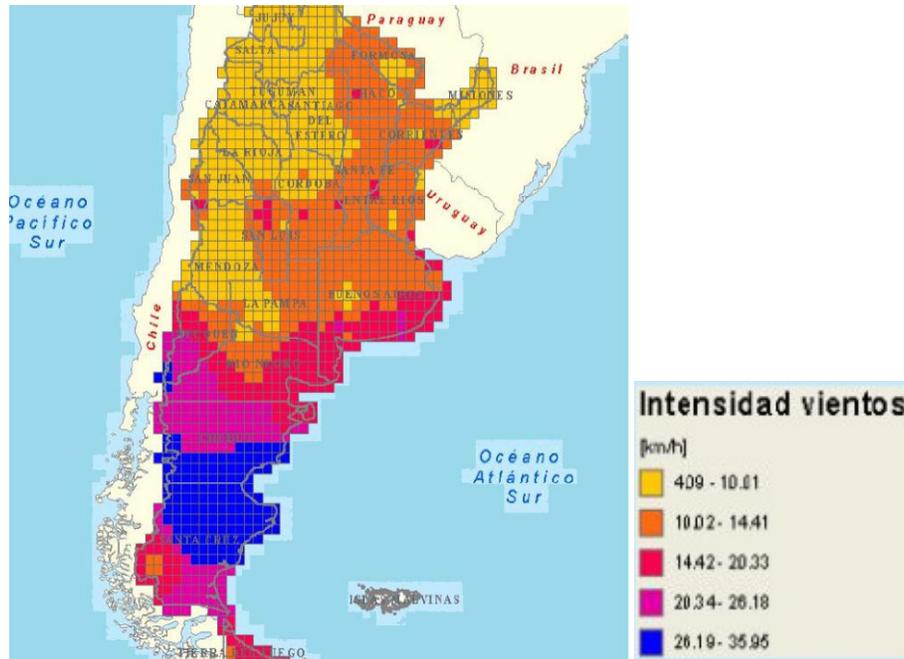


Figura 4.1.1.4. Distribución velocidad vientos República Argentina ⁽¹⁶⁾

4.1.2 GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ENERGÍA: CELDAS SOLARES

Se evalúa también la utilización de celdas fotovoltaicas para la generación eléctrica. Una célula fotovoltaica es un conjunto de celdas que producen energía eléctrica a partir de luz solar. Las mismas están compuestas con silicio cristalino en la mayoría de los casos, sin embargo existen algunas fabricadas con arseniuro de galio, que si bien son más eficientes, también son mucho más caras.

La primera celda fotovoltaica fue fabricada en el año 1883 por Charles Fritts y logro una eficiencia de 1%. Actualmente existen modelos experimentales que logran hasta un 40% de eficiencia. Sin embargo las celdas comerciales cuentan actualmente con una eficiencia de entre 12% y 15%. El costo por Watt instalado es de alrededor de 9 dólares, lo que incluye desde los módulos de soporte hasta los sistemas de medición. El costo por kilowatt es por lo tanto de 9000 dólares que acompañado de una eficiencia de entre 12% y 15% lo deja en seria desventaja comparado con los 1750 \$/KW con un 25% de eficiencia de los generadores eólicos.

Se descarta por lo tanto la utilización de células fotovoltaicas, sin embargo actualmente se están disminuyendo seriamente los costes de producción como también se están aumentando las eficiencias por lo que se debe tener en cuenta esta tecnología de cara al futuro.

⁽¹⁶⁾ <http://www.argentinaeolica.org.ar/portal/images/stories/Eolica%20en%20Argentina.pdf>



Figura 4.1.2. Células Fotovoltaicas

4.1.3 GENERACIÓN Y OPTIMIZACIÓN ENERGÍA: IMPLEMENTOS DE BAJO CONSUMO

Se utilizarán en las viviendas implementos de bajo consumo. Para iluminar la vivienda se utilizara lámparas compactas Fluorescentes (CFL⁽¹⁷⁾ por sus siglas en ingles). Las mismas utilizan un 80% menos de energía que las lámparas convencionales, debido principalmente a que generan menos calor. Además tienen una vida útil de 8000 horas lo que representa hasta 16 veces más tiempo que las lámparas incandescentes. Se utilizaran 1 lámpara de 11 Watts para cada cuarto, 2 para el living/comedor, 1 de 5 Watts para cada baño y una de 14 Watts para la cocina.

4.2 UTILIZACIÓN RACIONAL DEL AGUA

Mediante un aireador se puede ahorrar hasta un 50% de agua tanto en grifos como en duchas. Los aireadores agregan aire al agua para hacer una mezcla de agua y burbujas lo que disminuye la utilización de agua pero a su vez aumenta la presión y fuerza con la que sale el agua. Existen varios tipos de aireadores, pero los más comunes son los de tipo mosseur que se utilizan generalmente en la grifería tanto de cocina como de baños.

Adicionalmente también se pueden utilizar aireadores para duchas. Una de las grandes ventajas de los aireadores es que además de economizar en el uso de agua, justamente por esto también incide directamente en la utilización de agua caliente lo que a su vez genera importantes incrementos en la autonomía del colector solar o en caso de ser necesario, ahorros en el uso de gas.

⁽¹⁷⁾ http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_fluorescente_compacta

4.3 DISPOSICIÓN DE EFLUENTES

Para la disposición de efluentes existe la posibilidad de utilizar la tecnología de pantanos secos artificiales (PSA). Un pantano seco es un sistema de tratamiento que se diseña exclusivamente para una necesidad puntual en función del residuo líquido a ser tratado. En este caso será para tratar todas las aguas servidas domésticas que resulten del uso de las viviendas.

El pantano seco es una tecnología desarrollada por la NASA para el mantenimiento de los astronautas en las estaciones espaciales. El mismo consiste en forma básica de un lecho sumergido, por donde circulan los efluentes a tratar por debajo (unos 5/10 cm) de una superficie donde crecen plantas hidropónicamente. Esta superficie hace de media de cultivo de bacterias. Las plantas a su vez oxigenan el medio donde viven las bacterias y producen la digestión del efluente.

Los pantanos secos incluyen de este modo los siguientes 4 puntos:

- La impermeabilización de fondo y taludes de los lechos para prevenir infiltración.
- Una capa superficial de material como “media” de cultivo, en la cual puedan crecer plantas de pantano.
- Las plantas oxigenan el medio donde viven las bacterias y producen la digestión del residuo.
- La utilización de las tuberías, accesorios y válvulas mínimas indispensables, que aseguren la consecución de los tiempos de retención adecuados para el tratamiento.

Las bacterias existentes en la capa superficial dependerán netamente de los efluentes que deban ser tratados. Los beneficios de utilizar pantanos secos en vez de las tecnologías tradicionales de tratamiento de efluentes líquidos son las siguientes:

- No se requiere electricidad, ni bombas, ni químicos.
- Sistema de construcción modular.
- Todo el efluente a tratar es subterráneo, no hay charcos, lagunas o espejos de agua.
- No hay olores ni insectos como mosquitos.
- Bajos costos de construcción, operación y mantenimiento.

- Las plantas mantienen aireado el efluente.
- Tratamiento del 100 % de líquidos (PSA) .
- Efluente final se puede reutilizar (p.ej. limpieza, industria agroalimenticia, agricultura, etc.).
- Las plantas seleccionadas pueden tener un valor económico; por ejemplo: bambú, totora o alimento para animales (pasto alemán).
- Se puede realizar un parque ecológico sobre el sistema.
- Vida útil larga (más de 50 años).
- Aplicaciones variadas: metales pesados, lixiviados de RSU, alta DBO, DQO y nutrientes, radiación, desechos de hospitales, desechos de petróleo, industrias alimenticias, tambos, granjas.

Para un correcto funcionamiento del pantano seco se debe controlar hidráulicamente el flujo de agua para que no forme un espejo de agua por sobre la superficie donde crecen las plantas. Se debe dimensionar tomando en cuenta que se necesitan 2 m² de pantano seco por persona para aguas servidas domesticas. Se debe retener aproximadamente entre 3 y 5 días obteniendo una disminución en la demanda biológica de oxígeno (DBO) de 250 mg/l a menos de 5 mg/l.

Los costos de construcción pueden variar considerablemente para un área promedio de tratamiento dependiendo de su localización y la disponibilidad de los materiales. Actualmente se están llevando a cabo estudios para evaluar el uso de materiales alternativos para la construcción y el “medio” para el crecimiento de las plantas tales como plástico reciclado, fibra de coco, cascarilla de café, cuescos de palma africana entre otros. El uso de estos materiales remplazando a los convencionales, grava y arena, podrían reducir en un 50 % los costos de construcción. Generalmente el tratamiento con pantanos secos requiere muy poca o ninguna energía eléctrica, no requiere químicos, no necesita bombeo, y ocupa muy poco personal para su operación y mantenimiento. Sin embargo es muy importante realizar una permanente actividad de seguimiento y monitoreo para conseguir una eficiencia máxima de operación

Es fundamental destacar que este sistema, si es bien utilizado y no se recarga, no produce malos olores por lo que se puede implementar en el mismo emplazamiento que las viviendas, generando ahorros esenciales en el costo de transporte de los efluentes.

A continuación en la figura 4.3.1 podemos observar un sistema clásico de un pantano seco artificial:

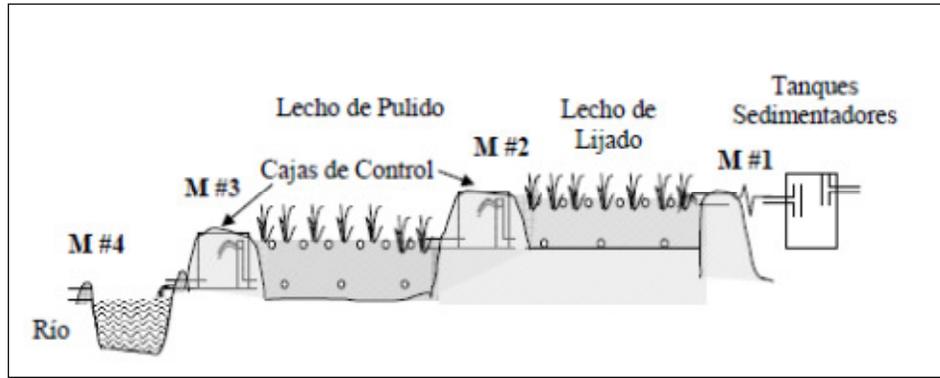


Figura 4.3.1. Sistema de Pantano Seco Artificial.

En los tanques sedimentadores se remueven alrededor del 65% de los sólidos suspendidos del agua residual. El 35 % restante (tanto orgánico como inorgánico) será naturalmente retenido, generalmente en la interface grava/arena en las líneas de distribución del PSA. Aquí también ocurre la primera localización de bacterias y la remoción de otros microorganismos. La mayoría de las plantas absorben sencillamente cualquier material que puede penetrar la pared de la raíz y la membrana celular. En el caso de los nutrientes, los materiales son usados para el crecimiento, así como transportados y almacenados en varias partes de la planta (raíces, tallos, hojas).

En las figuras 4.3.2 y 4.3.3 podemos observar un pantano seco artificial en distintos momentos de su construcción en la planta de La Serenísima en Burzaco.



Figura 4.3.2. PSA Logística la Serenísima – Danone. Parque industrial Burzaco.



Figura 4.3.3: PSA Logística la Serenísima – Danone. Parque industrial Burzaco.

Para concluir, los beneficios mas destacados de los sistemas de pantanos secos artificiales son:

- No hay crecimiento y proliferación de mosquitos.
- No se presentan olores.
- Los procesos aeróbicos y anaeróbicos ocurren simultáneamente en los respectivos micro sitios.
- Excelente retención de partículas más pequeñas.

4.4 DEFINICIÓN TAMAÑO CELULA CONSTRUCTIVA

De modo de poder definir la cantidad de viviendas que conformarán el módulo básico de viviendas debemos definir una variable base. La misma será el consumo de energía. Definiremos la cantidad de energía que consumirá cada vivienda tipo y a partir de la producción estimada del generador eólico definiremos cuantas viviendas puede abastecer para formar el modulo. Luego este modulo se puede repetir tantas veces como sea necesario a partir de la replicación de el mismo.

A continuación en la figura 4.4.1 podemos ver el detalle de consumo promedio mensual de una vivienda tipo para 4 personas. Recordemos que el 40% de las casas a construir en cada modulo son para 4 personas y un 30% de las casas serán tanto para 2 personas como para 6

personas. Por lo tanto el cuarto adicional de las casas para 6 personas se compensa con el cuarto menos para la vivienda de 2 personas. Usaremos esto entonces para dimensionar la cantidad de viviendas que puede abastecer el generador el consumo de una para 4 individuos.

Implemento	Cantidad	Potencia (Watts)	T. de uso Diario (hs)	Total Mensual (Kw)
Lampara 11W	4	11	8	10,56
Lampara 5W	2	5	3	0,9
Lampara 14W	1	14	6	2,52
Heladera c/Freezer (360L)	1	200	24	144
Microondas	1	800	0,5	12
Multiprocesadora	1	500	0,5	7,5
Lavarropas	1	800	0,5	12
Aspiradora	1	800	0,5	12
Plancha	1	1000	1	30
Secador de Pelo	1	500	0,5	7,5
PC	1	150	4	18
Impresora	1	50	0,5	0,75
Monitor	1	250	4	30
Televisor	1	100	4	12
Equipo de Audio	1	80	1	2,4
Total				302
Generador NRG 1500 IEC Clase IIA)				270.000

Tabla 4.4.1 ⁽¹⁸⁾. Consumo promedio de una vivienda para 4 personas

La generación promedio estimada por mes del generador NRG 1500 IEC Clase IIA es de 270 MW (con un 25% de eficiencia). Resulta por lo tanto que, dado un consumo promedio por vivienda de 302 KW hora, por mes la célula constructiva optima tendrá 893 viviendas. De las 893 se construirán 357 para familias de 4 personas y 268 para grupos familiares tanto de 2 como de 6 individuos.

⁽¹⁸⁾ <http://www.inti.gob.ar/energia/residencial.htm>

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el análisis económico realizaremos el análisis de los costos de construcción y manutención de las viviendas. Esto se hará con la finalidad de entender, tal como se postuló en la introducción, la conveniencia relativa de asumir los costos adicionales de fabricar una vivienda autosustentable a cambio de una manutención inferior que en el tiempo resulte en una mejor ecuación financiera. De este modo, y por razones prácticas se analizarán únicamente los costos diferenciales de ambas opciones ya que a fin de comparar los Valores Actuales Netos (VAN's), las erogaciones que se realicen en ambos proyectos al mismo momento y por montos iguales, se compensan mutuamente.

Se asumirán en el proyecto autosustentable gastos adicionales en la construcción de: los muros trombe, la instalación del generador eólico, el colector solar y los implementos de bajo consumo. Como gasto adicional posterior a la construcción, solo tendrá el relacionado a la manutención del generador eólico. Para el proyecto clásico o estándar, los gastos de construcción adicionales serán los aires acondicionados y los de manutención serán todos los gastos energéticos.

El horizonte de análisis será de 20 años que es la vida útil para este tipo de viviendas.

5.1 COSTOS DE CONTRUCCIÓN

En la tabla 5.1.1 podemos observar los costos particulares en los que se debe incurrir para cada uno de los proyectos.

En el proyecto autosustentable los costes adicionales son el generador eólico, el colector solar, los muros trombe y los implementos de bajo consumo. En el proyecto "Clásico" los costes adicionales serán la instalación de los aires acondicionados. Los montos son en dólares y para las 893 viviendas de la célula constructiva.

	Proyecto (USD)	
	Autosustenable	Clásico
Muro Trombe	2.415.672	-
Generador Eolico	2.625.000	-
Colector Solar	535.800	-
Implementos Bajo Consumo	75.012	-
Implementos clasicos	-	18.753
Aire Acondicionado	-	1.329.116

Tabla 5.1.1. Costos Constructivos

La vida útil del proyecto es de 20 años, sin embargo los colectores solares, los implementos luminarios y los aires acondicionados tienen distintas vidas útiles por lo que significaran costos adicionales a través de la vida útil del proyecto.

En la tabla 5.1.2 se detallan los gastos a incurrir para cada uno de los proyectos.

	Proyecto (USD)	
	Autosustenable	Clásico
Gasto Gas Caldera	262.343	874.475
Gasto Electricidad	-	356.950
Gasto Mant. Gen. Eólico	25.920	-

Tabla 5.1.2. Gastos Habitación

6. ANÁLISIS FINANCIERO

A partir de los montos expuestos se calcula el flujo de fondo para cada proyecto. Luego calcularemos el VAN para ambos. Para la tasa de descuento se utiliza el modelo CAPM y el costo de capital WACC (Weighted Average Cost of Capital) en este caso será el del inversor (hipotéticamente: el estado) por lo que no se incurrirá en deuda.

$$K_e = R_f + R_p + R_c = R_f + \beta \times (R_m - R_f) + R_c \quad (\text{Formula 6.1})$$

El R_f es la tasa libre de riesgo de un bono del tesoro americano, el β ¹⁹ es del sector de la construcción desapalancado y la prima de riesgo es de Estados Unidos por lo que se le debe agregar el riesgo país de Argentina R_c ²⁰.

Finalmente:

$$K_e = 2,1 + 0,51 \times 6,02 + 7,9 = 13,05$$

A continuación vemos los Flujos de Fondos y el VAN de los dos proyectos.

Proyecto Clásico

Gastos (M USD)	Año																				Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
Acond. Térmico	-1.329										-1.329											-2658
Implementos Luz	-19		-19		-19		-19		-19		-19		-19		-19		-19		-19		-19	-188
Gas		-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-874	-17.490
Electricidad		-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-357	-7.139
Total	-1.348	-1.231	-1.250	-1.231	-1.250	-1.231	-1.250	-1.231	-1.250	-1.231	-2.579	-1.231	-1.250	-1.231	-1.250	-1.231	-1.250	-1.231	-1.250	-1.231	-1.231	-27.474
VAN (13,05%)	-1.348	-1.089	-978	-852	-765	-667	-599	-522	-469	-408	-756	-319	-287	-250	-224	-196	-176	-153	-137	-120	-106	-10.422

El VAN para el proyecto clásico es de MMUSD -10,422 en los 20 años de vida útil del proyecto. Los mayores gastos son los correspondientes al uso de Gas y Electricidad.

Proyecto Autosustentable

Gastos (M USD)	Año																				Total	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
Muro Trombe	-2.416																					-2416
Generador Eolico	-2.625																					-2625
Colector Solar	-536					-536				-536					-536							-2143
Implem. Bajo Consumo	-75									-75												-150
Gas		-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-262	-5247
Mant. Gen. Eolico		-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-518
Total	-5.651	-288	-288	-288	-288	-824	-288	-288	-288	-288	-899	-288	-288	-288	-288	-824	-288	-288	-288	-288	-288	-13099
VAN (13,05%)	-5.651	-255	-226	-200	-176	-446	-138	-122	-108	-96	-264	-75	-66	-59	-52	-131	-41	-36	-32	-28	-25	-8225

¹⁹ <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

²⁰ <http://ambito.com/economia/mercados/> al 25 de Febrero

El VAN para el proyecto autosustentable es de MMUSD -8,225. El gasto más grande también es el de gas, sin embargo debido a la utilización de los muros trombe para acondicionar térmicamente la vivienda (como así también la óptima orientación y forma de la vivienda y al buen diseño de aislación) y de los colectores solares para calentar el agua, se logran ahorros de 70% en la utilización de Gas. A su vez gracias a la utilización del generador eólico el ahorro en utilización de energía eléctrica es total.

7. CONCLUSIONES

La finalidad de esta tesis es evaluar una solución alternativa para la vivienda social. Dicha solución se caracteriza por construir viviendas que estén equipadas con soluciones tecnológicas con el objetivo de minimizar los costos de habitación de las mismas. De este modo se incurren en mayores gastos en el momento de construir las mismas a cambio de ahorros durante su vida útil.

Actualmente la República Argentina cuenta con una importante sub-inversión en el sector energético producido por una política económica que desincentiva el desarrollo del mismo. Esto lleva a que el estado deba subvencionar progresivamente las tarifas energéticas tanto por un aumento en el costo de producir un KW de electricidad o un m³ de gas, como también por la pérdida de poder real de compra del ciudadano debido a la inflación.

En este marco, este proyecto apunta a solucionar tanto el grave déficit habitacional presente en el país, que se hace presente diariamente con el crecimiento exponencial de las villas de emergencia, como también el creciente costo de la energía para el estado.

El análisis económico-financiero del proyecto nos lleva a concluir que efectivamente es conveniente construir las viviendas sustentables expuestas en este trabajo más allá del mayor costo inicial. En el horizonte de análisis que tomamos fabricar una “célula” de 893 viviendas sustentables tiene un VAN menor en MMUSD 2,197 o 21,1% con respecto a la construcción de 893 viviendas “clásicas”.

Vale la pena recalcar que esto se da únicamente con la condición de que todos los excedentes de energía que se obtengan del generador eólico se volcaran a la red general de energía de modo de obtener un crédito energético que pueda ser utilizado en momentos donde no se logre cubrir el total de la necesidad energética de las viviendas. Esta condición no se da actualmente en la Argentina y de hecho existen muy pocos lugares en el mundo donde esto sucede, siendo San Francisco un excelente ejemplo. Esto genera un importante incentivo a los privados a producir su propia energía sin los costos asociados al almacenamiento de los excedentes de producción que son económicamente inviables.

Existe entonces la posibilidad de construir viviendas con soluciones tecnológicas/constructivas más modernas que justifiquen su sobre-inversión a favor de un menor consumo durante su vida útil. Queda en manos del estado dar curso a dichas inversiones y generar el marco legal para que esta solución sea rentable.