



TÍTULO

PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO TÉRMICO-ENERGÉTICO PARA LA REHABILITACIÓN BIOCLIMÁTICA DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE MENDOZA, ARGENTINA

AUTORA

Soledad Elisa Andreoni Trentacoste

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2017

Institución	Universidad Internacional de Andalucía
Directoras	Dra. Arq. María López de Asiaín Alberich ; Dra. Arq. Carolina Ganem Karlen
Curso	<i>Máster Propio Universitario en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad Sostenible (2011)</i>
ISBN	978-84-7993-611-2
©	Soledad Elisa Andreoni Trentacoste
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2014



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA.
SEDE IBEROAMERICANA SANTA MARÍA DE LA RABIDA.

XII Máster Propio Universitario en Energías Renovables: Arquitectura y
Urbanismo. La Ciudad Sostenible

TESIS DE MAESTRIA.

**PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO TÉRMICO-ENERGÉTICO PARA LA
REHABILITACIÓN BIOCLIMÁTICA DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE
MENDOZA, ARGENTINA.**

Autora / Alumna: Arq. Soledad E. Andreoni Trentacoste.

Directora: Dra. Arq. María López de Asiaín Alberich.

Co-directora: Dra. Arq. Carolina Ganem Karlen.

Mendoza, Octubre de 2014.

AGRADECIMIENTOS

A mi marido Francisco Mulle, por darme su apoyo incondicional.

A mi mamá Marisa Trentacoste que me sigue acompañando siempre.

A mi papá Gaddo Andreoni, y mis hermanos Damián y Manuel Andreoni, por estar siempre al lado mío.

A María Pannunzio por su infinito apoyo y afecto.

A María López de Asiaín Alberich, por sus enseñanzas, confianza y acompañamiento durante todo este proceso.

A Carolina Ganem por compartir sus conocimientos y herramientas de trabajo, por acompañarme en este camino y por aconsejarme en lo profesional y en lo personal.

A mis amigos por darme las fuerzas para llegar a concretar esta etapa.

A mis compañeros de trabajo por ayudarme a encontrar el tiempo para poder dedicar mi esfuerzo a este proyecto.

A la UNIA, por el hermoso tiempo vivido en la sede de La Rábida y sobretodo a todos mis compañeros y amigos de la maestría que en la distancia han fortalecido un lazo que nunca se va a romper.

INDICE

1. Introducción.	3
1.1. Justificación del tema	4
1.1.A. La preocupación por un desarrollo sostenible.	
1.1.B. El papel de la arquitectura.	
1.1.C. El caso de Mendoza.	
1.2. Estado del arte.	10
1.2.A. Evaluación ambiental de la sostenibilidad en edificios.	
1.2.B. Ejemplos de diagnóstico y evaluación de viviendas. Propuestas de reformas respetuosas con el medio ambiente.	
1.3. Marco conceptual. La rehabilitación bioclimática como herramienta para incrementar la eficiencia energética de las viviendas.	29
1.3.A. Preguntas de investigación.	
1.4. Hipótesis.	30
1.5. Objetivos.	31
1.5.A. Generales.	
1.5.B. Particulares.	
1.6. Metodología y estructura de la tesis.	32
2. Antecedentes y delimitación de la zona de estudio.	34
2.1. Análisis de características y condicionantes: geografía y clima de Mendoza, ciudad – oasis.	34
2.2. Tipologías y cultura constructiva. Forma urbana y normativa local.	40

2.3.	Criterios bioclimáticos conocidos, aplicables al clima y tipología de estudio.	43
2.3.A.	Estrategias bioclimáticas para la ciudad de Mendoza.	
3.	Diagnóstico térmico – energético. Protocolo para la rehabilitación bioclimática.	52
3.1.	Análisis de antecedentes y casos similares de protocolos de diagnóstico térmico-energético.	52
3.2.	Desarrollo de un Protocolo de diagnóstico térmico-energético para la rehabilitación bioclimática de viviendas en la ciudad de Mendoza.	55
4.	Aplicación a un caso de estudio.	71
4.1.	Relevamiento arquitectónico: forma y características constructivas.	71
4.2.	Mediciones higrotérmicas, consumo energético y niveles de confort.	75
4.2.A.	Mediciones higrotérmicas.	
4.2.B.	Inspección termográfica.	
4.2.C.	Análisis del consumo energético.	
4.3.	Aplicación del modelo de protocolo desarrollado.	90
4.4.	Análisis y discusión de resultados.	100
5.	Conclusiones	102
5.1.	Prospectiva.	103
6.	Bibliografía.	104

1

INTRODUCCION

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de promover un desarrollo de la sociedad basado en la sostenibilidad es cada vez más apremiante. El hombre debe ser capaz de satisfacer sus necesidades siendo a la vez consciente de la protección del planeta, entendiéndolo como su hogar, comprendiendo que al perjudicarlo se perjudica a sí mismo y a sus futuras generaciones, y que ese daño es irreversible.

La arquitectura juega un papel muy importante en el desarrollo del hombre y, a su vez, en el deterioro del medio ambiente, siendo los centros urbanos los principales focos de contaminación del mundo. Los edificios modifican el sitio y el entorno en que se emplazan indefectiblemente, siendo responsabilidad del hombre (principalmente de los profesionales de la construcción), lograr reducir el impacto que producen, a partir de la implementación de criterios de sustentabilidad y estrategias bioclimáticas, para así conseguir el equilibrio con el medio ambiente. Pero el problema no solo se plantea en la concepción con que se emprende un nuevo proyecto de arquitectura, sino también (y principalmente) en los edificios existentes que ya fueron concebidos y construidos sin el cuidado del impacto que provocan en el ambiente.

En Argentina los edificios son responsables del 40% del consumo energético, siendo la mayor parte del mismo destinado a satisfacer las necesidades de confort de los usuarios, proviniendo esta energía principalmente de fuentes no renovables, hecho que resulta en la emisión de un alto porcentaje de gases de efecto invernadero (GEI).

La ciudad de Mendoza, con una alta densidad urbana con predominio de edificios residenciales de baja altura, presenta una característica particular. Su condición de ciudad – oasis mitiga la naturaleza de su clima templado continental de características desérticas propio de la región, al incorporar grandes arboledas en las calles, lo que a su vez ayuda a reducir el efecto de “huella de carbono”. A pesar de esto, gran parte de las viviendas no satisfacen las necesidades de confort de los usuarios, quienes por falta de conocimiento, bajo precio o simplemente por comodidad, intentan encontrar solución al problema valiéndose de sistemas de acondicionamiento abastecidos por energías convencionales no renovables, lo que empeora la situación, provocando altos consumos energéticos con la consecuente contaminación ambiental, sin haber solucionado el problema de adaptación climática de la vivienda.

Es fundamental conseguir un adecuado nivel de confort en las viviendas de la ciudad de Mendoza, y a la vez reducir el consumo energético y la contaminación, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes y la toma de conciencia ambiental de los mismos.

La presente investigación, propone el desarrollo de un protocolo para el diagnóstico de las fortalezas y debilidades de las viviendas existentes en Mendoza, y la búsqueda del confort de los usuarios proponiendo soluciones para la rehabilitación de las mismas.

1.1. Justificación del tema.

1.1.A. La preocupación por un desarrollo sostenible.

El desarrollo de la vida del hombre en la tierra está provocando un deterioro progresivo al medio ambiente natural que se ha ido incrementando en las últimas décadas. El incorrecto y excesivo uso actual de los recursos naturales y la falta de conciencia de la protección del medio ambiente ha dado lugar a daños irreversibles para el planeta y para quienes lo habitan.

Hace más de 30 años el cambio climático, con el consecuente deterioro de la capa de ozono, la lluvia ácida, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad, entre otros, ha sido motivo de preocupación y debate de organismos gubernamentales y de investigación a nivel mundial, que buscan dar respuesta a la situación actual con propuestas y políticas que logren revertir o al menos mitigar el impacto ambiental.

El objetivo es promover el desarrollo sostenible, pero, ¿Qué es sostenibilidad? *“la definición de sostenibilidad se ha ido desarrollando a partir de una serie de importantes congresos mundiales, y engloba [...] todos los recursos necesarios para el desarrollo de la actividad humana.”*¹

Uno de los informes más resonantes al respecto es el resultante de la primer reunión de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (World Commission on Environment and Development), en

¹ Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición revisada y ampliada.* (Español: Gustavo Gili, 2008)

Octubre de 1984, con el objetivo de dar respuesta al pedido formulado por la Asamblea General de las Naciones Unidas de establecer una agenda global para el cambio. Como resultado se publicó en Abril de 1987 el informe titulado "Nuestro futuro común" donde se expuso que:

*"Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias."*²

Varios son los aspectos que contempla dicho informe para promover el desarrollo sostenible, entre los que se destaca la importancia de la eficiencia energética como primera medida, fomentando intensificar la investigación y el uso de las energías renovables por sobre las no renovables.

*"La eficiencia energética solo puede comprar tiempo mientras se desarrollan medios de bajo consumo de energía basados en fuentes renovables, que deberán constituir el fundamento de la estructura energética mundial durante el siglo XXI."*³

1.1.B. El papel de la arquitectura.

El creciente desplazamiento de la población a las ciudades aumenta la densidad de las mismas, lo que asociado con su crecimiento económico y nuevas expectativas de confort más exigentes, ha ido aumentando proporcionalmente la demanda de recursos, el consumo desmedido, la generación de residuos y la producción de CO₂. Ejemplo de esta situación es la contaminación del agua en el Riachuelo, en la ciudad de Buenos Aires, Argentina (Fig. 1) y la contaminación del aire en Distrito Federal, México (Fig. 2).

² Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. *Nuestro futuro común. (Informe Brundtland.)*

³ Idem 2.



Fig. 1: Contaminación del agua. Riachuelo. Buenos Aires, Argentina. Fuente: google.com



Fig. 2: Contaminación del aire. México DF. Fuente: google.com

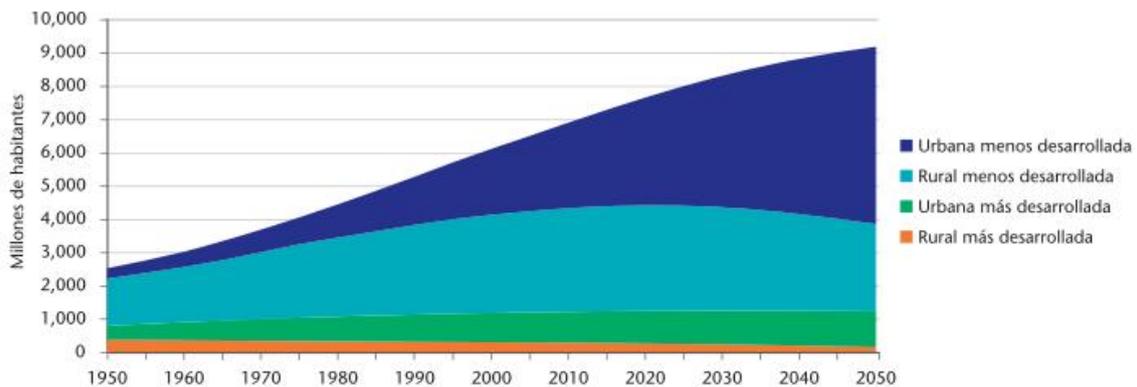


Fig. 3: Población mundial por tipo de área y región 1950 – 2050. Fuente: División demográfica de Naciones Unidas, Perspectivas demográficas mundiales. Revisión de 2008.

Según las estimaciones de Naciones Unidas, de aquí al 2050 la población urbana mundial se duplicará, destacando que el 98% de ese crecimiento se producirá en los países en desarrollo y emergentes (Fig.3). Las personas participes de este crecimiento demandarán un mayor consumo de recursos, potenciando el impacto ambiental, es por esto que será de suma importancia establecer parámetros para un cambio global, apuntando al bienestar de las personas sin exceder los límites del equilibrio del planeta.

Actualmente "la industria de la construcción consume el 50% de los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos sostenible del planeta."⁴ Los edificios tienen un peso muy importante en el

⁴ Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición revisada y ampliada.* (Español: Ed. Gustavo Gili. 2009)

consumo global de energías. “En Argentina son responsables del 40% de la demanda total de energía, que a su vez proviene en un 90% de fuentes no renovables con limitadas reservas disponibles.”⁵ El consumo excesivo de energía en los edificios residenciales se debe principalmente a la falta de confort experimentada por los usuarios, que acompañada de falta de conciencia ambiental o conocimiento, optan por solucionar de la manera que consideran más “sencilla” esta falta de confort con la incorporación de sistemas que aumentan aun más el consumo de recursos y la contaminación, siendo por tanto los edificios responsables de un porcentaje de emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) en el país correspondiente al 24%, principalmente para su acondicionamiento (Fig.4.).

Emisiones de GEI. Total nacional y de edificios.⁶

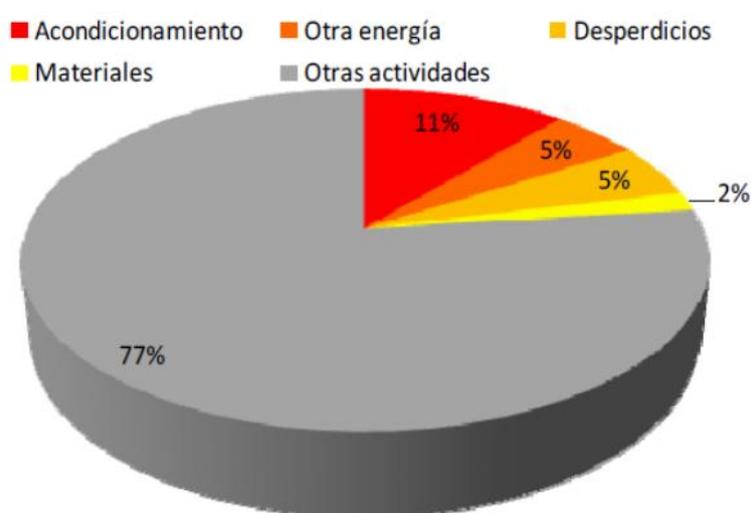


Fig. 4: Emisiones de GEI. Total nacional y de edificios. Inventario GEI. 2da. Comunicación nacional. 2007 Datos del 2000. Fuente: Evans; De Schiller.

Esta realidad compromete a los arquitectos a ser parte del cambio, a modificar la forma de pensar la arquitectura desde el diseño del proyecto hasta la obra, involucrándose con la protección ambiental en todo el proceso. Pero, si bien esta problemática ha sido estudiada y se han propuesto numerosas teorías y sistemas para crear una nueva arquitectura más amigable con el medio ambiente, muchos son los profesionales que no logran implementarlas y muchas más son las

⁵ Evans, Julián. *Sustentabilidad en arquitectura 1. Compilación de antecedentes de manuales de buenas prácticas ambientales para las obras de arquitectura, junto a indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética.* (Argentina: Ediciones CPAU. 2010)

⁶ Evans, Johan Martin y Schiller, Silvia de. *Nuevas normas de eficiencia energética en edificios. Experiencias y lecciones en Argentina.* (Centro de Investigación Hábitat y Energía. Facultad de Arquitectura, Diseño y urbanismo. Universidad de Buenos Aires.

construcciones anteriores a estas teorías que seguirán siendo parte del parque edilicio durante décadas.

Si entendemos la arquitectura, principalmente, como el espacio donde el hombre se refugia de las condiciones ambientales del medio en el que habita, entonces, debemos concebir dicha arquitectura en relación con el entorno en el que se sitúa, respecto a su forma y materialidad así como también en cuanto al impacto que ejerce en el medio natural.

Teniendo en cuenta que los expertos consideran que la vida útil de un edificio es como mínimo de 50 años, siempre que se haya hecho un buen mantenimiento del mismo, es importante considerar las carencias de las construcciones ya existentes en materia de sustentabilidad y pensar en soluciones para la rehabilitación ambiental de las mismas. *“En el supuesto caso que la normativa vigente considerara estándares adecuados para la nueva edificación, se reducirían poco los impactos negativos debido al consumo de energía y emisiones polucionantes en las ciudades por la permanencia de gran cantidad de edificación existente.”⁷*

No solo la nueva arquitectura debe comprometerse con el medio ambiente sino que también la existente debe adaptarse para aumentar su eficiencia energética, mejorando las condiciones de confort para el usuario por medio de estrategias bioclimáticas y también sustentables aplicables de acuerdo al clima del sitio en que se emplaza y así colaborar a su vez con la reducción del impacto ambiental del sector.

1.1.C. El caso de Mendoza.

La región centro-oeste de Argentina se caracteriza por un clima árido templado continental, con fuerte amplitud térmica. Se toma como caso de estudio la ciudad de Mendoza, siendo el núcleo de mayor densidad poblacional de la provincia (alberga el 64% de la población), concentrando una gran cantidad de edificios con predominio de los residenciales de baja altura, situación que se puede observar en la siguiente figura (5).

⁷ Ganem, Carolina. *Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza.* (Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006).



Fig.5: Vista aérea de la ciudad de Mendoza. Se puede apreciar la densidad urbana y el predominio de edificios residenciales de baja altura. Fuente: google.com

Las viviendas de la ciudad de Mendoza datan en su mayoría de más de 20 años desde su edificación, siendo principalmente el ladrillo el material más utilizado en su construcción, conservándose aun algunas viviendas construidas en adobe (las más antiguas), incorporando escasa aislación y en muchos casos orientaciones desfavorables de los ambientes. Es así que *“la mayoría de las viviendas de áreas urbanas (53%) logra una adecuada temperatura de los ambientes en invierno con un uso intensivo (todo el día) de los diferentes métodos de calefacción.”*⁸ Esto mismo sucede en verano, incrementándose año a año el uso de tecnologías contaminantes para reducir las altas temperaturas de esta estación en la región.

*“Los climas cambian, en el exterior y en el interior de los edificios y estos cambios exigen de la arquitectura posibilidades de regulación, de adaptación a las distintas condiciones exteriores o a las distintas necesidades de sus usuarios.”*⁹ Es por esto que aquellas viviendas que no han sido diseñadas con criterios de sustentabilidad o estrategias bioclimáticas provocan en los usuarios la necesidad de adaptarlas para

⁸ Cortellezzi, Mónica; Karake, Nesrin Rosa. *Atlas de la energía de Mendoza.* (Mendoza: Ediciones Usillal. 2012)

⁹ Serra, Rafael. *Arquitectura y climas.* (Barcelona: Ed. Gustavo Gili. 2004)

lograr el estado de confort deseado. El problema surge porque generalmente, lo hacen valiéndose de sistemas que utilizan energías convencionales no renovables, incrementando desmedidamente los consumos de las mismas y la contaminación de la ciudad.

Es a partir de esta deficiencia de las viviendas existentes que forman parte hoy del parque edilicio que se plantea la necesidad de rehabilitación ambiental, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de las mismas así como también el confort de los usuarios y el cuidado del planeta.

1.2. Estado del arte.

1.2.A. Evaluación ambiental de la sostenibilidad en edificios.

La marcada influencia del sector de la construcción en el deterioro del medio ambiente, ha sido tema de debate de numerosos congresos alrededor del mundo, uno de los más influyentes fue la primera Cumbre de la Tierra para el Desarrollo Sostenible conocida como Río`92, a partir de la cual se dio mayor énfasis al tema, impulsando numerosos estudios dirigidos específicamente a lograr edificios cuya concepción, construcción, uso y desecho sea ambientalmente responsable.

El progreso en la toma de conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad de los edificios desarrollado en las últimas décadas y el interés de la ONU por promover y promulgar dicha toma de conciencia, ha dado lugar a la necesidad de contar con sistemas para medir el comportamiento del hábitat construido en una escala más amplia. Esta necesidad tuvo como respuesta el planteamiento, estudio y consolidación de distintas iniciativas bajo la forma de metodologías para evaluar la sostenibilidad de los edificios.

“Las distintas metodologías, herramientas y sistemas disponibles identificados en el mercado, han sido distinguidos en los siguientes tres tipos:¹⁰

- *Sistemas de evaluación de la sostenibilidad.*

¹⁰ IHOBE *Evaluación de sostenibilidad en la edificación.* (País Vasco)

- *Estándares en edificaciones sostenibles.*
- *Herramientas (software) de evaluación.*

Los sistemas de evaluación de la sostenibilidad de los edificios son un conjunto de métodos generales y protocolos, basados generalmente en el análisis del ciclo de vida, que establecen una gradación para medir y valorar el comportamiento ambiental de un edificio y/o su entorno inmediato. Estos sistemas ofrecen, en su mayoría, la posibilidad de cumplir con puntuaciones globales basadas en el cumplimiento de una serie de indicadores de sostenibilidad, para contar con la certificación otorgada por el organismo promotor, de gran reconocimiento a nivel mundial.

Los estándares relacionados con la sostenibilidad, en cambio, son documentos que establecen requisitos mínimos aceptados como sinónimos de “buenas prácticas” que representan una forma de construcción amigable con el ambiente, como por ejemplo el estándar Passivhaus¹¹. Los mismos establecen una lista de “cumple o no cumple” con las medidas necesarias para formar parte del estándar.

Por otro lado, las herramientas para evaluar aspectos que hacen a la sostenibilidad, son softwares creados para medir o simular situaciones de los edificios respecto con su relación con el medio ambiente, como por ejemplo, su comportamiento térmico, asoleamiento, incidencia de radiación, etc. Los mismos son utilizados como herramientas de apoyo para la obtención de datos útiles tanto para los sistemas de evaluación como para los estándares antes mencionados.

En la figura 6 y 7 se muestran en los mapas algunos de los distintos sistemas de evaluación de la sostenibilidad que ofrece actualmente el mercado, a nivel mundial y en la Unión Europea. La variedad se debe a que todos ellos han sido desarrollados basados en las necesidades específicas de cada región, *“ninguno de estos sistemas es apto para ser usado en cualquier lugar, [es posible sugerir que estas diferencias entre sistemas es el resultado] de diferencias en los niveles mínimos obligatorios de normas locales, requeridas para lograr ciertos aspectos de comportamiento”*¹² relacionados específicamente con el clima y

¹¹ El estándar Passivhaus se formula en 1988 en Alemania, el mismo establece pautas a cumplir en el diseño y construcción de edificios para lograr un consumo energético casi nulo.

¹² Evans, Julián. *Sustentabilidad en Arquitectura. Compilación de antecedentes de manuales de buenas prácticas ambientales para las obras de arquitectura, junto a indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética*. Buenos Aires: Ediciones CPAU, 2010.

condicionantes ambientales, económicas y sociales de un país en particular. Aunque si, muchos sistemas surgen de la adaptación local de otro de mayor reconocimiento y aceptación en el mercado internacional. Cabe destacar la definición establecida en las Normas ISO/IRAM: “Mientras el desafío de la sostenibilidad es global, las estrategias de sostenibilidad en la edificación son locales y difieren en contexto y contenido de región a región.”

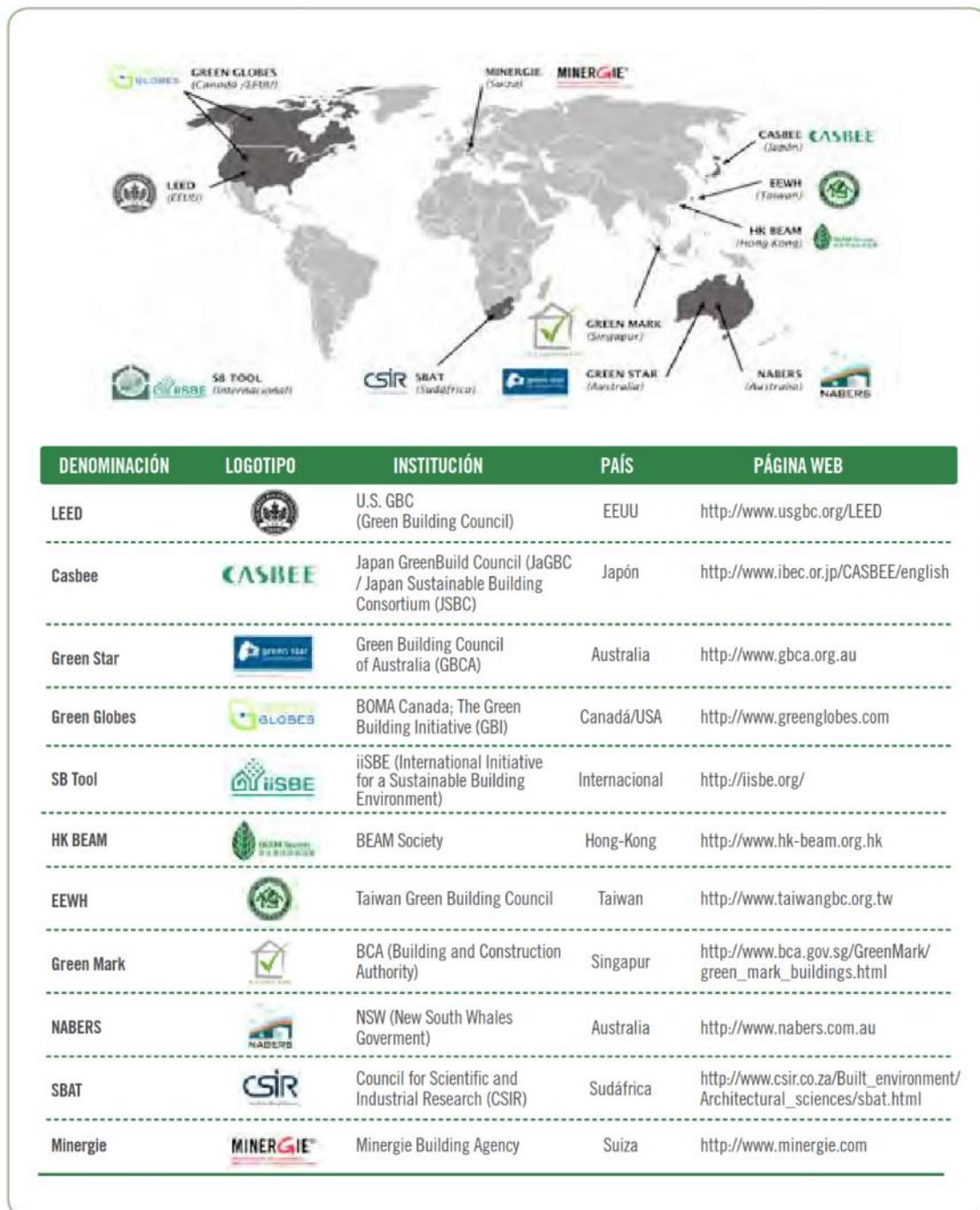


Fig.6: Principales sistemas de evaluación ambiental de edificios en el campo internacional (con exclusión de la Unión Europea). Fuente: IHOBE.

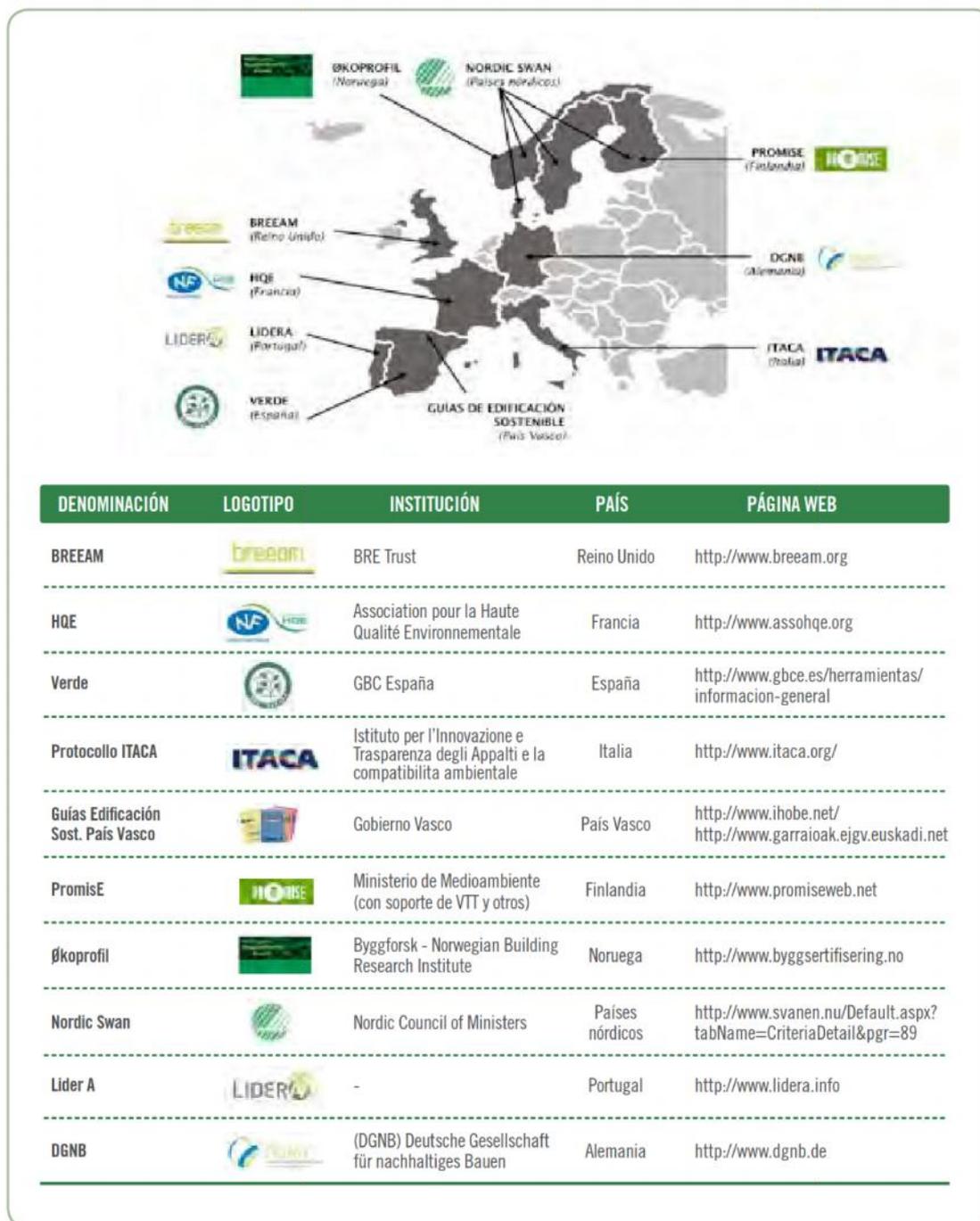


Fig.7: Principales sistemas de evaluación ambiental de edificios en la Unión Europea.
 Fuente: IHOBE.

Si bien el concepto de sostenibilidad se basa en los 3 pilares: económico, social y ambiental; la mayoría de los sistemas mencionados se centran principalmente en el análisis de los aspectos ambientales, ya que son más fácilmente cuantificables que los económicos o sociales.

Sin embargo, muchos de ellos valoran algunos aspectos de estos dos últimos como por ejemplo el confort de los usuarios, aspecto meramente social.

Es importante mencionar también, que *“la mayor parte de los sistemas de evaluación se centran en la valoración de las construcciones de nueva edificación, relegando a un segundo lugar las ya existentes. Esto ocurre como consecuencia lógica del hecho de que la mayor parte de las acciones que afectan a los impactos durante la fase de uso de las edificaciones son adoptadas durante la fase de diseño. Sin embargo, este planteamiento queda invalidado cuando se observa que el volumen de viviendas edificadas es muy superior al de viviendas en construcción radicando en estas primeras un importante potencial de mejora.”*¹³ Hecho que plantea la necesidad de un sistema que incorpore la evaluación del parque existente para promover su rehabilitación sustentable, el cual podría plantearse como protocolo complementario de otro sistema ya desarrollado para obra nueva.

A continuación se detallarán algunas de las características de algunos de los sistemas de evaluación de la sostenibilidad más importantes:

- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology):

Este sistema de evaluación y certificación de edificios, lanzado en 1992, es procedente del Reino Unido y es el precursor de estos sistemas. Es de aplicación voluntaria, con excepción del apartado “Código para las Viviendas Sostenibles”, que es obligatorio para nuevos edificios. El organismo que lo regula es BRE Trust.

Posee versiones para las siguientes tipologías: oficinas, establecimientos comerciales, educación, prisiones, juzgados, centros de salud y usos hospitalarios, unidades industriales y residencial colectivo. Abarca también algunas versiones especiales y está en elaboración la versión para la rehabilitación de viviendas existentes.

La evaluación se realiza en las fases: diseño, ejecución y mantenimiento de los edificios, midiendo los siguientes aspectos: energía, gestión, salud y bienestar, transporte, agua, materiales, residuos, uso del suelo, contaminación y ecología.

¹³ IHOBE *Evaluación de sostenibilidad en la edificación.* (País Vasco)

Tiene certificados más de 110.000 edificios, y ha servido como base para el desarrollo de otros sistemas como: Green Star (Canadá), HK BEAM (Hong Kong) y Green Globes (Canadá, USA).

La escala de puntuación otorgada en la certificación puede ser: Pass (Aprobado) / Good (Bueno) / Very Good (Muy Bueno) / Excellent (Excelente) / Outstanding (Sobresaliente)

En la figura 8 se muestra un ejemplo de la forma de presentación de resultados de una certificación otorgada por este método de evaluación.



Fig.8: Presentación de resultados del sistema de evaluación y certificación BREEAM.

- **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design):

Al igual que el sistema anteriormente expuesto, este también es tanto de evaluación como de certificación, pero su origen es en Estados Unidos y fue lanzado en el año 2000. Es de aplicación voluntaria y el organismo que lo regula es el *Green Building Council de Estados Unidos (USGBC)*, organización integrada por 78 filiales nacionales con más de 18.000 miembros. Esto ha promovido su adaptación en varios países, como por ejemplo el LEED Brasil.

Posee versiones para las siguientes tipologías: nuevas construcciones y grandes rehabilitaciones, gestión y mantenimiento en edificios existentes, interiores comerciales, escuelas, viviendas. LEED también ha publicado una guía práctica sobre cómo realizar la evaluación en el caso de que sean varios edificios.

La evaluación se realiza en las fases: diseño y construcción, gestión y mantenimiento. Certificando el edificio construido (no el proyecto). Mide los siguientes aspectos: parcelas sostenibles, eficiencia en consumo de agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad del aire interior, situación y relación con su entorno (para LEED viviendas), concientización y educación (para LEED viviendas), innovación en el diseño y prioridades ambientales regionales. Tiene certificados más de 4.550 edificios. Las puntuaciones son agrupadas por secciones, en función de los impactos ambientales relacionados con ellos, permitiendo la certificación con la distinción de: Certificado (>40 puntos), Plata (>50 puntos), Oro (>60 puntos), Platino (>80 puntos). En la figura 9 se puede observar un ejemplo de la presentación de dicha certificación.

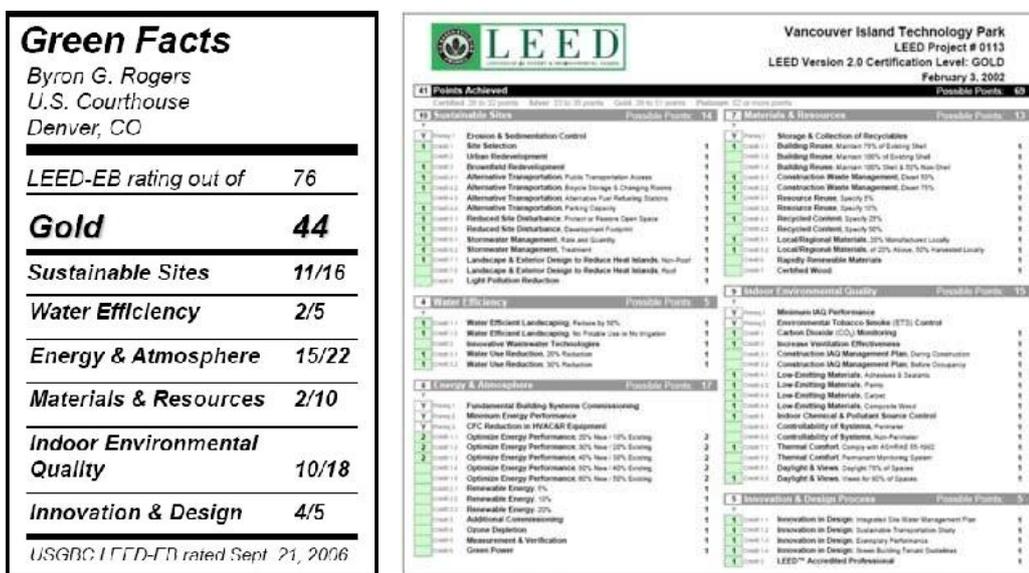


Fig.9: Presentación de resultados del sistema de evaluación y certificación LEED.

- **CASBEE** (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency):

Es un sistema integral de evaluación y certificación ambiental de edificios, con menor número de criterios de evaluación que otros sistemas, por lo que puede resultar más fácil de aplicar pero menos desarrollado. Fue lanzado en el año 2001, su origen es en Japón y está regulado por el "Japan Green Build Council (JaGBC)" y el "Japan Sustainable Building Consortium (JSBC)."

- **GREEN STAR:**

Este sistema está concebido como un sistema nacional y voluntario de calificación ambiental que evalúa el diseño ambiental y la construcción de edificios. Fue lanzado en el año 2003 su origen es en Australia y está regulado por el Green Building Council of Australia, organismo que fue creado para promover el desarrollo sostenible y la transición de la industria de la construcción hacia un modelo de construcción sostenible. Este sistema de evaluación se basa originariamente en el BREEAM, pero ha sido modificado y adaptado específicamente para Australia.

Posee versiones para las siguientes tipologías: residencial colectivo, sanitario, centros comerciales, educativo y oficinas.

La evaluación se realiza en las fases de: diseño, edificio existente interiores (para oficinas). Midiendo los siguientes aspectos: gestión, calidad del ambiente interior, energía, transporte, agua, materiales, uso de suelo y ecología, y emisiones e innovación.

La puntuación otorgada se calcula en base al logro de ciertos créditos específicos en cada categoría de evaluación. Las puntuaciones van de 1 a 6 estrellas verdes, de las cuales, sólo pueden ser certificadas las de 4,5 y 6 estrellas.

En la figura 11 se muestra un ejemplo de la presentación de los resultados de esta certificación.

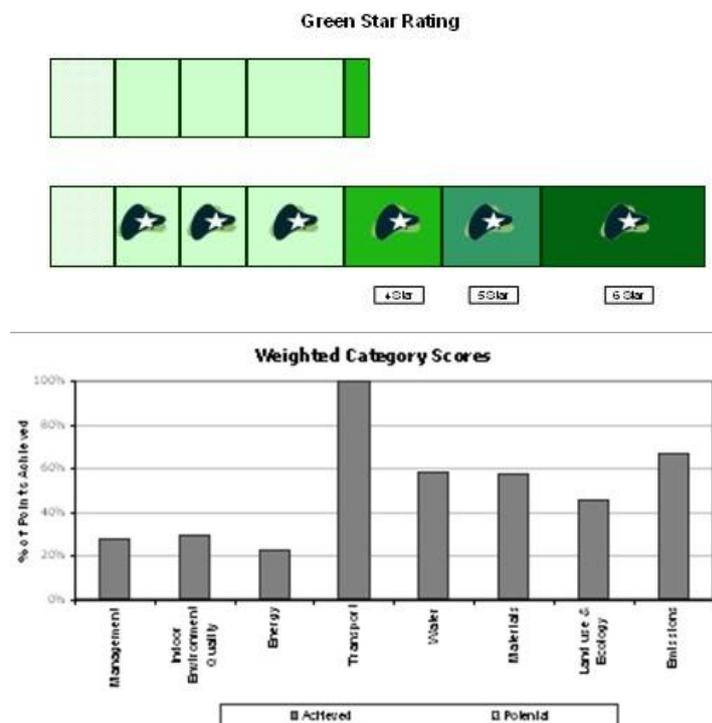


Fig.11 Presentación de resultados del sistema de evaluación y certificación GREEN STAR.

• **VERDE:**

Este sistema de evaluación y certificación está basado en una aproximación al análisis de ciclo de vida en cada etapa del proceso edificatorio. Toma como referencia el *SBTool* (método internacional de evaluación del comportamiento ambiental de las edificaciones que surge de la implementación de la herramienta conocida como *GBTool*), pero a diferencia de este, contempla la fase de fin de vida, rehabilitación o demolición. Ha sido desarrollado y es regulado por el GBC España (Green Building Council de España).

Posee versiones para las siguientes tipologías: residencial, oficinas y otros (sector comercial, hoteles, centros educativos, hospitales).

La evaluación se realiza en correspondencia con las fases del ciclo de vida de la edificación: pre diseño, diseño, construcción, uso y fin de vida, rehabilitación o demolición. Agrupando los aspectos de medición en: 1. Planificación urbana, que incluye: la selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación; y 2. Edificio, que toma en cuenta: energía y atmósfera, recursos naturales, calidad del espacio interior, calidad del servicio e impacto socio económico.

Las puntuaciones que se otorgan, se establecen de 0 a 5 "hojas verdes" y se asocian a cada criterio de los grupos expuestos en el párrafo anterior, estos valores son establecidos en función de la normativa vigente aplicable y del análisis de los valores de rendimiento usuales del edificio en la zona.

En las figuras 12a y 12b se muestra un ejemplo de la presentación de los resultados que pueden obtenerse en esta certificación.



Fig. 12a: Presentación de resultados del sistema de evaluación y certificación VERDE.

Resultados de la evaluación Absoluta									
<i>Los datos están basados sobre las puntuaciones obtenidas en la Auto-evaluación</i>									
	Indicador / m ² año	Peso	Edificio de Referencia	Edificio Objeto	Impacto Evitado	% de Reducción de Impacto	Impacto Evitado Máximo	Impacto Residuo	
1	Cambio Climático	kg CO ₂ eq	24%	841,39	680,63	160,76	19,1%	1,0	4,0
2	Aumento de las radiaciones UV a nivel del suelo	kg CFC11eq	6%	3,00	0,00	3,00	100,0%	5,0	0,0
3	Perdida de fertilidad	Kg SO ₂ eq	6%	0,97	0,88	0,09	9,3%	0,5	4,5
4	Perdida de vida acústica	kg PD4eq	8%	1,02	0,00	1,02	99,8%	5,0	0,0
5	Producción de cáncer y otros problemas de salud	kg C ₂ H ₄ eq	8%	0,95	0,04	0,11	74,8%	3,7	1,3
6	Cambios en la biodiversidad	%	8%	0,00	0,00	0,00	0,0%	0,0	5,0
7	Agotamiento de energía no renovable, energía primaria	MJ	6%	136,09	45,45	90,64	66,6%	3,3	1,7
8	Agotamiento de recursos no renovable diferente de la energía primaria	Kg de Sb	10%	8,00	0,00	8,00	100,0%	5,0	0,0
9	Agotamiento de aguas potables	m ³	8%	38,21	30,67	7,54	19,7%	1,0	4,0
10	Uso del suelo	m ²	4%	0,00	0,00	0,00	0,0%	0,0	5,0
11	Agotamiento de suelo para depósito de residuos no peligrosos	m ³	4%	10,96	10,96	0,00	0,0%	0,0	5,0
16	Salud, bienestar y productividad para los usuarios	%	4%	1,00	0,65	0,35	34,8%	1,7	3,3
19	Riesgo financiero o beneficios por los inversores-Coste del Ciclo de Vida	(EUR)	4%	889,89	366,46	523,43	58,8%	2,9	2,1
Impacto Evitado								2,22	

Fig.12b: Presentación de resultados del sistema de evaluación y certificación VERDE.

Los sistemas de evaluación ambiental de los edificios expuestos en las páginas anteriores son algunos de los más influyentes en el marco internacional, siendo en su gran mayoría de uso voluntario pero comprometiendo en la actualidad a gran número de empresas multinacionales que se sienten presionados por demostrar su compromiso en la promoción de la construcción sostenible y el cuidado del medio ambiente.

Es importante aclarar, que muchos de los criterios y normativas incluidas en estas metodologías, son tomadas en cuenta por los gobiernos de muchos países para ser incluidas en las normativas obligatorias de los códigos edificatorios. Es, por tanto, el caso del CTE (Código Técnico de la Edificación) de España, *“marco normativo que regula las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios [...] Dentro del presente código, se presentan innovaciones en el ámbito del ahorro de energía. La normativa requiere la introducción de sistemas de energía solar y la utilización de materiales y técnicas de construcción que contribuyan al ahorro energético, para el cumplimiento del compromiso*

del Protocolo de Kyoto y otras políticas del gobierno, como la Estrategia de Eficiencia Energética aprobadas por el Gobierno en 2003."¹⁴

En Argentina, como en la mayoría de los países de Latinoamérica, la preocupación por la sostenibilidad tiene un enfoque diferente al de países más desarrollados, ya que la problemática social, económica y cultural es mayor y el eje de las políticas actuales, enfocando la problemática ambiental desde otra perspectiva. Es, asimismo, preocupante la escasa conciencia que existe respecto a los beneficios de la construcción energéticamente eficiente y de bajo impacto, tanto económicos como ambientales. Hay tan solo algunas iniciativas en el país como respuesta a la importancia de la problemática del sector de la construcción, con la voluntad de introducir medidas de eficiencia se han desarrollado legislaciones y normas resumidas por Evans y Schiller¹⁵ en las siguientes:

- *Ley 13.059 (2003) de la Provincia de Buenos Aires para promover eficiencia energética, con aplicación obligatoria de Normas IRAM de aislación térmica (IRAM 11.604), de control de condensación (11.625 y 11.630) y control de infiltraciones de aire en carpinterías. Las normas establecidas por ley son aplicables a todos los edificios nuevos de la Provincia desde su reglamentación (Decreto 1030, 2010).*
- *Norma IRAM 11.900 (2010), promovida por la Secretaría de Energía, fue aprobado en 2010, con la intención de exigir la aplicación de un etiquetado de eficiencia energética en toda nueva vivienda. Sin embargo, por problemas de implementación, no se logro su introducción obligatoria.*
- *Proyecto de ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires con un objetivo y estructura similar a la Ley 13.059. Cabe aclarar que los Códigos de Construcción de esta jurisdicción tienen gran influencia en el desarrollo de normas provinciales y municipales en todo el país.*

¹⁴ Evans, Julián. *Sustentabilidad en Arquitectura. Compilación de antecedentes de manuales de buenas prácticas ambientales para las obras de arquitectura, junto a indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética*. Buenos Aires: Ediciones CPAU, 2010.

¹⁵ Evans, Martin; Schiller, Silvia. *Nuevas normas de eficiencia energética en edificios. Experiencias y lecciones en Argentina*. Centro de Investigación Hábitat y Energía. Facultad de Arquitectura, Diseño y urbanismo. Universidad de Buenos Aires.

Estas iniciativas resultan insuficientes para la solución de la problemática local, y en todos los casos se trata de medidas con altas limitaciones que no contemplan criterios fundamentales (que si proponen la mayoría de los sistemas de evaluación internacionales anteriormente mencionados) para posibilitar una completa evaluación edilicia en términos ambientales. Es de gran importancia ampliar estas normativas y complementar los aspectos a evaluar contemplados en ellas con el objetivo de hacer obligatorio el estudio de las propuestas de eficiencia energética y protección ambiental de los edificios.

1.2.B. Ejemplos de diagnóstico y evaluación de viviendas. Propuestas de reformas respetuosas con el medio ambiente.

Como referencia de la situación internacional, se toma el caso de España, donde actualmente rigen normativas en el marco del Código Técnico de la Edificación (CTE), expuesto en el punto anterior, como el nuevo Certificado Energético Obligatorio para Viviendas que desde el año 2013 debe presentar todo propietario que decida vender o alquilar su vivienda. Existen actualmente asociaciones y fundaciones avocadas a la difusión de las leyes locales y las estrategias bioclimáticas posibles de aplicar para distintos casos, donde son propuestas infinidad de consultoras y empresas dedicadas a la certificación energética de edificios, el desarrollo de proyectos sustentables como también el diagnóstico y posterior reforma bioclimática de construcciones.

Es el caso de la empresa Bioclimatteam, en Barcelona, encargada de construir o reformar casas, departamentos, locales, oficinas y naves industriales con criterios bioclimáticos. Como expresa su página web su objetivo es "transformar espacios para que sean eficientes, sanos, bellos y respetuosos con el medio ambiente."¹⁶



Fig.13: Imagen que resume los conceptos que involucra una reforma Bioclimática de la empresa Bioclimatteam. Fuente: bioclimatteam.com

¹⁶ Pagina web: bioclimatteam.com

En la reforma de viviendas trabajan en “sumar soluciones bioclimáticas y sostenibles dirigidas a conseguir mejoras sustanciales en cuatro aspectos (figura 13): 1- Eficiencia energética y por tanto ahorro económico; 2- Salud, calidad de vida y confort del espacio; 3- Interiorismo y estilo; 4- Mejora del medio ambiente.”¹⁷ Tomando en cuenta tanto diseño como eficiencia, para convertir la vivienda intervenida en un espacio agradable tanto por su belleza como por los niveles de confort que ofrece.

Según detalla Xavier Calm, director de la empresa, “una reforma bioclimática de Bioclimateam cuenta con 4 fases: 1- análisis y proyecto inicial; 2- proyecto y presupuesto (teniendo en cuenta tanto diseño arquitectónico como pautas bioclimáticas partiendo del balance energético de la vivienda); 3- realización de la obra, de manera lo más sostenible posible; 4- entrega del manual de mantenimiento bioclimático.”¹⁸ Valorando dentro del proceso, orientaciones favorables de la vivienda, realizando mediciones higrotérmicas, evaluando la sensación de confort y hábitos de sus usuarios, y contemplando también los consumos energéticos y la necesidad de reducirlos.

En el País Vasco, el gobierno desde el Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, ha propuesto la adaptación regional del CTE desarrollando *Guías de Edificación, Rehabilitación y Urbanización Ambientalmente Sostenible*, proponiendo una guía específica para cada tipología edilicia.

Las *Guías* establecen distintas áreas de actuación, las cuales se detallan en el siguiente cuadro (figura 14):¹⁹

¹⁷ Artículo periodístico: *Bioclimateam. Reformas y Rehabilitaciones bioclimáticas.* (www.casabioclimatica.com)

¹⁸ Idem 17

¹⁹ IHOB. *Edificación y Rehabilitación ambientalmente sostenible en Euskadi. y Guía de edificación y rehabilitación sostenible para la vivienda.* (Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. País Vasco. 2014) www.ihobe.net

ÁREA DE ACTUACIÓN		
ENERGÍA	CALEFACCIÓN Y ACS	DEMANDA
		RENDIMIENTO
		RENOVABLES
OTROS USOS: ENERGÍA PUNTUADAS		
MATERIALES	CONSUMO DE MATERIALES	
	TRANSPORTE DE MATERIALES	
	RESIDUOS	
RECURSOS	SUELO	USO DEL SUELO
	AGUA	AGUA POTABLE
		AGUAS GRISES
	ATMÓSFERA	
ECOSISTEMAS		
MOVILIDAD	TRANSPORTE URBANO	
SALUD	CALIDAD DEL AIRE INTERIOR	
	CONFORT	

Fig. 14: Áreas de actuación de las Guías de Edificación, Rehabilitación y Urbanización Ambientalmente Sostenible. Fuente: IHOBE, País Vasco.

Las mismas se deben definir dependiendo del caso, de acuerdo a la tipología a evaluar y si se trata de obra nueva o rehabilitación, obteniendo una puntuación para cada caso. Dependiendo de dicha evaluación y puntaje obtenido, se proponen las medidas posibles de aplicar para la mejora del proyecto evaluado, y por medio de las mismas se establece la puntuación máxima obtenible una vez aplicadas las medidas establecidas.

El mismo documento expone los “Casos Prácticos de Excelencia” donde se presentan algunos de los proyectos que han sido evaluados e intervenidos basándose en esta reglamentación. Es, por ejemplo, el caso de la obra de Departamentos de Vivienda del Gobierno Vasco, los resultados de la auditoría realizada se resume en la siguiente ficha (figura 15):

Entre los proyectos que promueve, está llevando a cabo actualmente uno llamado “Sustentabilizar hogares - Argentina” cuyo lema se representa en la imagen de la figura 16. El proyecto busca generar un “*modelo de política pública para ahorrar energía, mitigar el cambio climático, crear empleos verdes, y mejorar el confort, salud y seguridad en la vivienda.*”²⁰ Se basan en una política pública existente hace más de 37 años en Estados Unidos llamada “Weatherization Assistance Program” (WAP) que promulga los mismos objetivos, llegando actualmente a más de 7 millones de hogares beneficiarios, reduciendo su consumo energético hasta un 35%.

Esta entidad define que “sustentabilizar” viviendas consiste en:



Fig. 17a: Auditoría por termografía.

Fig. 17b: Refacciones en una vivienda, sellado de juntas.



Fuente:
fovisee.com

- Auditar viviendas para identificar pérdidas de energía y elementos perjudiciales para la salud (fig.17a).
- Crear un Plan Maestro para necesidades específicas de cada vivienda.
- Refaccionar la vivienda para incrementar la Eficiencia Energética en base al plan maestro (fig.17b).
- Aislación térmica, sellar, burletes, vidrios, reparación de instalaciones eléctricas, remplazar heladeras, etc.

Con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los usuarios; ayudar al incremento del presupuesto familiar; mejorar la salud y seguridad en el hogar; crear un “oficio verde” y el aumento del empleo sustentable mediante la capacitación; promover el ahorro energético; reducir el impacto ambiental y potenciar el desarrollo económico.

En la provincia de Mendoza, como en la mayoría de las provincias del país, se presentan en su mayoría casos de proyectos de viviendas bioclimáticas y de reformas bioclimáticas de construcciones promovidas por instituciones u organismos estatales, abocados a la solución de los

²⁰ Artículo periodístico: *Sustentabilizar hogares – Argentina.* (www.fovisee.com)

problemas habitacionales de la región, enfocándose en proyectos de vivienda social. Esto también se debe a que no existen ayudas estatales específicas para la construcción de viviendas particulares o la rehabilitación de las mismas con criterios bioclimáticos. A pesar de esto, los estudios realizados sobre el tema sirven de referencia para poder ampliar el campo de acción a todas las viviendas del parque edilicio.

La provincia presenta dos situaciones importantes a tener en cuenta al hablar de arquitectura bioclimática, una de ellas es la falta de conciencia social al construir una vivienda, siendo utilizado como material tradicional de la zona el ladrillo, sin uso alguno de aislaciones en muros, y escasas aislaciones en el techo, instaurado este sistema en el saber “popular” como la mejor manera de edificar, esto es preocupante *“debido a que una envolvente de mala calidad térmica asegura condiciones de falta de confort, lo que conlleva a problemas de salubridad.”*²¹

El otro dato a considerar es el hecho de que su clima templado – continental se caracteriza por *“presentar acusados cambios de condiciones a lo largo del año, [por lo que] la arquitectura se hace más compleja, al tener que ser adaptable, aunque sea para cortos períodos de tiempo. [...] El problema del clima variable es que, en las estaciones intermedias, puede generar problemas de frío o de calor separados por cortos espacios de tiempo.”*²²

Para la arquitectura de este clima, se han estudiado y propuesto por varios autores las estrategias bioclimáticas adecuadas, incorporando todas ellas como factor común *“el principio de ser sistemas flexibles, o sea, elementos o conjuntos de elementos que pueden cambiar fácilmente su acción ambiental según las circunstancias climáticas, como son:*

- *Sistemas de protección solar móviles, que permiten controlar la radiación, admitiéndola sólo cuando interesa (fig.18).*
- *Aislamientos móviles en las aberturas (postigos, cortinas, etc.), que permiten regular a voluntad el paso de las energías a través de las mismas.*

²¹ Mercado, María Victoria; Esteves, Alfredo; Filippín, Celina. *Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina.* (Ambiente Construido, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 87-100, abr./jun. 2010.)

²² Serra, Rafael. *Arquitectura y climas.* (Barcelona: Ed. Gustavo Gili. 2004)

- *Aberturas practicables totalmente, que permiten controlar la ventilación, desde un máximo que deja pasar totalmente el aire, hasta el mínimo de invierno, que reduce las pérdidas de calor.*
- *Espacios intermedios entre interior y exterior, que pueden generar microclimas favorables y permitir también su ocupación, según la época o la hora del día (patios, porches, galerías, etc.)”²³*

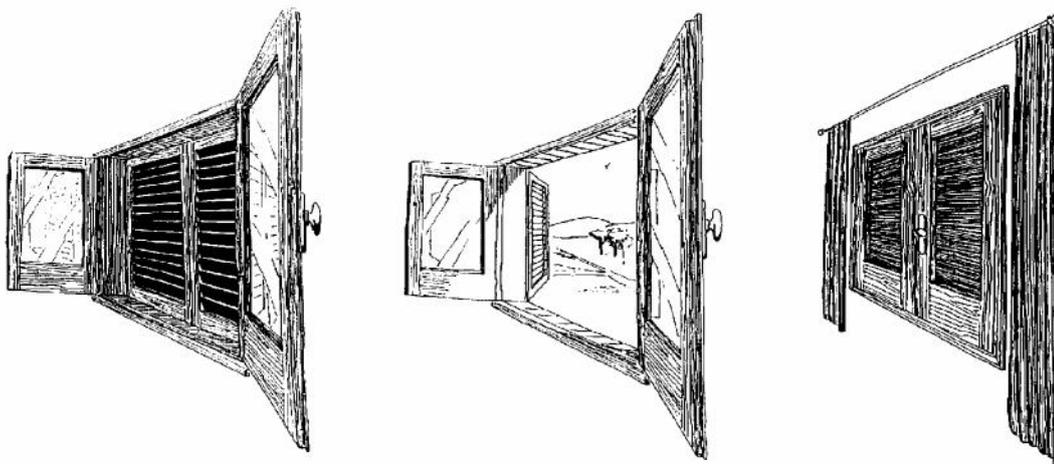


Fig. 18: Sistemas de protección solar móviles, aislamientos móviles y aberturas totalmente practicables. Fuente: Serra; Coch.

Es también importante tener en cuenta en este clima el factor de la humedad, ya sea en época de frío o calor, constricción que tomada en conjunto con las demás características de este clima es de gran importancia a la hora de pensar la arquitectura.

Con la utilización de estos recursos se puede resolver el problema que presenta este tipo de clima, donde el usuario puede manipular distintos sistemas en la vivienda para conseguir el grado de confort que desee. Se ha demostrado en diversos estudios “que en el caso de ambientes manipulables por el usuario, los márgenes de confort se amplían hasta el doble de los que se detectan en ambientes rígidos.”²⁴

²³ Serra, Rafael; Coch, Helena. *Arquitectura y energía natural*. (Barcelona, Ed. UPC, 1995)

²⁴ Serra, Rafael. *Arquitectura y climas*. (Barcelona: Ed. Gustavo Gili. 2004)

1.3. Marco conceptual. La rehabilitación bioclimática como herramienta para incrementar la eficiencia energética de las viviendas.

Es un hecho que los edificios impactan sobre el medio natural, por lo que es importante para los arquitectos tener en cuenta que:

“Cada vez que se edifica cualquier arquitectura debemos entender que introducimos en un medio un organismo viviente, el cual ocupa un territorio que no le pertenece, altera o destruye la vegetación previamente existente, consume agua, altera la temperatura de su entorno obstruyendo el sol o disipando energía y sobre todo, contamina el medio: el aire con gases combustibles, el suelo con desechos sólidos, el agua con aguas sucias y el paisaje, modificando su escala y calidad visual existente.”²⁵

Es por tanto importante considerar en este contexto a la eficiencia energética como concepto clave para una nueva visión de la arquitectura, desde su diseño, pasando por su construcción, uso durante su vida útil e incluso en su demolición. Pero es importante tener en cuenta que “las medidas que se apliquen sobre los nuevos edificios nunca conseguirán reducir las emisiones debidas al uso de energía en los edificios si no disminuyen las emisiones del parque existente.”²⁶

Siendo en la ciudad de Mendoza, predominantes las construcciones residenciales de baja altura, es en la eficiencia energética de las viviendas unifamiliares existentes que se enfoca la problemática a tratar. Dado que el hombre busca obtener, sobretodo en su vivienda, niveles óptimos de confort que actualmente son conseguidos en su mayoría por medio de sistemas basados en energías no renovables, es importante evaluar las condiciones edilicias que presenta dicha construcción y proponer mejoras amigables con el ambiente, con el objetivo de conseguir una mejora en su comportamiento térmico – energético y a la vez una mejor calidad de vida para el usuario sin afectar el medio ambiente.

Las viviendas en Mendoza, presentan potencialidades de adaptación para lograr el confort deseado mediante estrategias bioclimáticas. “El

²⁵ Ruiz Larrea, Cesar. *Algunas reflexiones sobre la arquitectura bioclimática*.

²⁶ Cuchí, Albert. *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. (Informe para el Ministerio de vivienda del gobierno de España. 2007)

parque edificado ha de estar en permanente transformación hacia el incremento de su eficiencia, y esa dinámica ha de ser uno de los objetivos prioritarios de una estrategia activa en la reducción de emisiones."²⁷

1.3.A. Preguntas de investigación:

¿Cuál debe ser el análisis bioclimático a realizar y que pautas se deben tener en cuenta para diagnosticar las debilidades y posibles fortalezas de una vivienda unifamiliar urbana en la ciudad de Mendoza?

¿Qué estrategias bioclimáticas son las más adecuadas a implementar para la rehabilitación de una vivienda? y ¿cuáles son las oportunidades de intervención arquitectónica que tienden a la mejora en su comportamiento térmico y en su eficiencia energética, mejorando a su vez la calidad de vida de los usuarios y beneficiando al medio ambiente?

1.4. Hipótesis:

Es posible desarrollar un protocolo de diagnóstico térmico-energético, para la rehabilitación bioclimática de viviendas unifamiliares en la ciudad de Mendoza y reducir el consumo de energía no renovable. El mismo deberá tener en cuenta condicionantes micro-climáticas, geográficas y urbanas del lugar, fortalezas y debilidades morfológicas y constructivas de la arquitectura existente, así como también hábitos sociales y culturales de los usuarios.

²⁷ Cuchí, Albert. *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. (Informe para el Ministerio de vivienda del gobierno de España. 2007)

1.5. Objetivos:

1.5.A. Generales:

Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Mendoza a través del uso de un protocolo de diagnóstico térmico-energético para la rehabilitación bioclimática de las viviendas existentes.

Fomentar la toma de conciencia ambiental y la valoración de la eficiencia energética de las viviendas, tanto de los usuarios como de los profesionales afines a la arquitectura.

1.5.B. Particulares:

Analizar y comprender las características climáticas, geográficas y urbanas de la ciudad de Mendoza.

Estudiar diferentes criterios bioclimáticos conocidos para clima templado-continental, semiárido.

Identificar fortalezas y debilidades más frecuentes en las construcciones de vivienda unifamiliar de la ciudad de Mendoza. Delinear oportunidades de aplicación de criterios bioclimáticos.

Elaborar una guía o protocolo de diagnóstico que pueda ser aplicado en los casos de viviendas unifamiliares, en la ciudad de Mendoza, para poder analizar y dar respuesta a los problemas bioclimáticos de las viviendas existentes y sus usuarios, y proponer soluciones para su rehabilitación.

Aplicar el protocolo enunciado en un caso de estudio que ejemplifique, mediante mediciones y simulaciones. Proponer las mejoras que se consideren adecuadas para el caso.

1.6. Metodología y estructura de la tesis:

La metodología que se utilizará para el desarrollo de esta investigación será mixta, vinculando ambos enfoques, cuantitativo y cualitativo donde el desarrollo de una etapa conduce a la otra.

La **primera etapa** (enfoque cuantitativo) consistirá en la recolección y análisis de datos mediante el rastreo de fuentes bibliográficas. Dentro de esta etapa se desarrollará:

Análisis de las características y condicionantes del área de estudio, Mendoza. Su clima, geografía y el concepto de "ciudad-oasis".

Estudio de diferentes criterios bioclimáticos conocidos para clima templado-continental, semiárido.

Estudio de la cultura constructiva de la zona. Identificación de fortalezas y debilidades más frecuentes en las construcciones de vivienda unifamiliar de la ciudad de Mendoza. Delineamiento de oportunidades de aplicación de criterios bioclimáticos apropiados.

Reconocimiento de las normativas locales y sus referentes nacionales e internacionales.

A partir de los resultados y conclusiones de la primera etapa, se construirá la propuesta del Protocolo de diagnóstico para la rehabilitación bioclimática de viviendas en la ciudad de Mendoza, Argentina.

La **segunda etapa** (enfoque cuantitativo) consistirá en la elaboración de un protocolo de diagnóstico térmico-energético.

Recopilación y análisis de antecedentes de protocolos de diagnóstico existentes o estudios similares

Elaboración de un protocolo de diagnóstico térmico-energético para la ciudad de Mendoza.

Establecimiento de condiciones térmicas de confort para el ciudadano en Mendoza y consumos de referencia para delinear el tipo de intervención arquitectónica a proponer.

La **tercera etapa** (enfoque cualitativo y cuantitativo), consistirá en el análisis in situ de un caso de estudio en el cual luego se aplicará el protocolo diseñado para, por último, establecer conclusiones y recomendaciones de rehabilitación. El desarrollo de esta etapa será:

Análisis del caso de estudio, una vivienda unifamiliar en la ciudad de Mendoza, mediante:

- Monitoreo higrotérmico, mediciones de temperatura, humedad relativa, por medio de la colocación de sensores en el interior y exterior de la vivienda en plazos de aproximadamente 20 días en distintos periodos estacionales. Se registrarán datos bajo condiciones controladas probando el efecto que producen distintas estrategias de manejo de la envolvente por los usuarios.

- Estudio energético, se registrará el consumo de gas y electricidad en coincidencia con los periodos de monitoreo higrotérmico con el fin de conocer la cantidad de energía demandada por los usuarios para el confort.

- Estudio de las características constructivas y de la forma mediante observación directa, análisis de la documentación técnica y uso de cámara termográfica.

- Evaluación del nivel de confort de los usuarios, aplicando para esto técnicas del modelo de confort estático, como lo son el método de Fanger (Norma UNE en ISO 7730) quien establece para esto el índice de valor medio denominado "Voto Medio Estimado (PMV)" y el método establecido en las normas ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), tomando en cuenta la percepción de confort del usuario.

Aplicación en el caso de estudio del Protocolo de diagnóstico previamente diseñado. Esta tarea se llevará a cabo siguiendo las pautas y consideraciones planteadas en dicho protocolo.

Propuesta de mejoras posibles para el caso de estudio.
Conclusiones.

2

ANTECEDENTES Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2. ANTECEDENTES Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

2.1. Análisis de características y condicionantes: geografía y clima de Mendoza, ciudad – oasis.

La provincia de Mendoza se encuentra ubicada en la región denominada “Cuyo”, al centro – oeste de la republica Argentina, al sur del continente Americano (Fig. 19a) Limita al norte con la provincia de San Juan, al este con la provincia de San Luis, al sur con las provincias de La Pampa y Neuquén, y al oeste con el país de Chile, mediante el límite geográfico de la cordillera de Los Andes. La provincia se sitúa en la zona de mayor riesgo sísmico del país (Fig. 19b), registrando sismos de hasta VIII grados en la escala Mercalli²⁸.

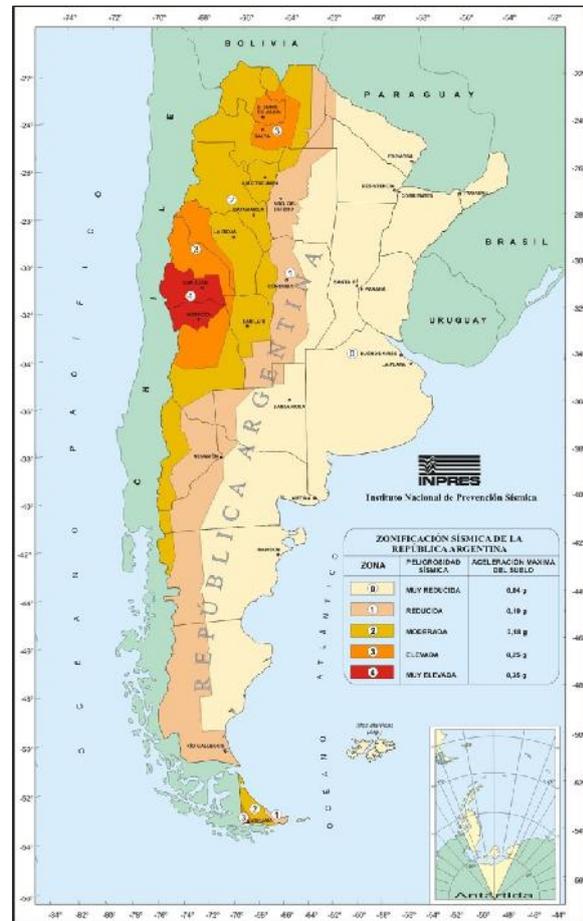


Fig. 19a: Ubicación de Mendoza en la republica Argentina. Fuente: google.com

Fig. 19b: Zonificación sísmica de la Republica Argentina. Fuente: INPRES.

²⁸ Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) www.inpres.gov.ar

La ciudad de Mendoza, capital de la provincia homónima, se ubica a 32° 40´ latitud sur y 68° 51´ longitud oeste, y a 750 m.s.n.m., siendo el núcleo de mayor densidad poblacional en el denominado Oasis Norte de la provincia (alberga el 64% de la población), como se observa en la siguiente figura 20

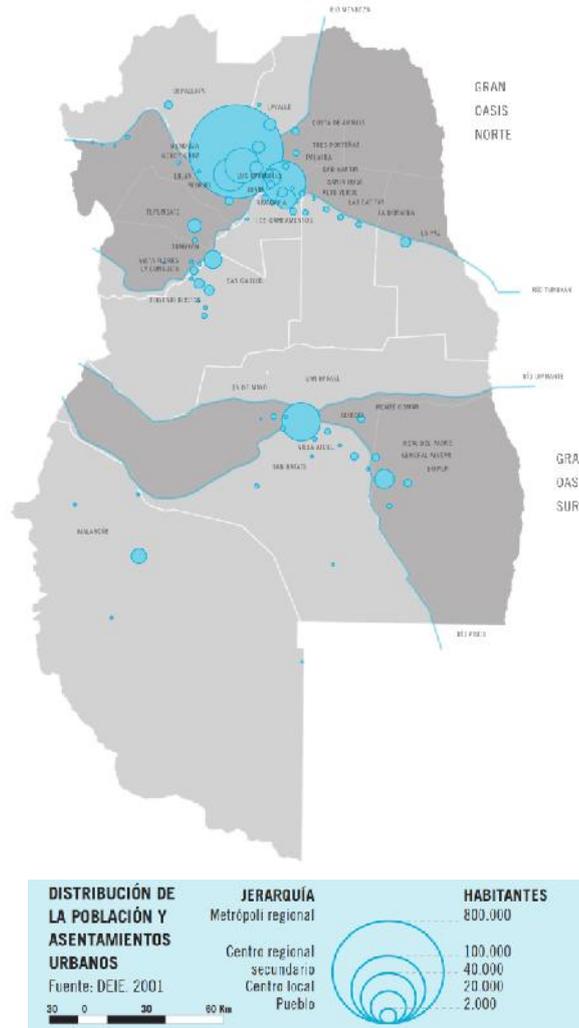


Fig.20: Distribución de la población y asentamientos urbanos de la provincia de Mendoza. Fuente: Cortezezi y otros. Atlas de la energía de Mendoza. (Ed. Usillal, Mendoza, 2012.)

El clima de Mendoza es del tipo templado continental “estos climas se caracterizan por fuertes amplitudes térmicas anuales y por el evidente predominio de las lluvias de verano”²⁹. Como se puede observar en la figura 21, las temperaturas absolutas varían entre -6°C en invierno y 39°C en verano, con variaciones diarias de aproximadamente 10°C a 20°C. En cuanto a las temperaturas medias: la temperatura máxima media anual es de 22,6°C, la temperatura media anual es de 15,9°C y la temperatura media mínima anual es de 11°C.

²⁹ Valera Bernal, Francisco J. *Clima y zonas bioclimáticas*. (www.Contraclave.es)

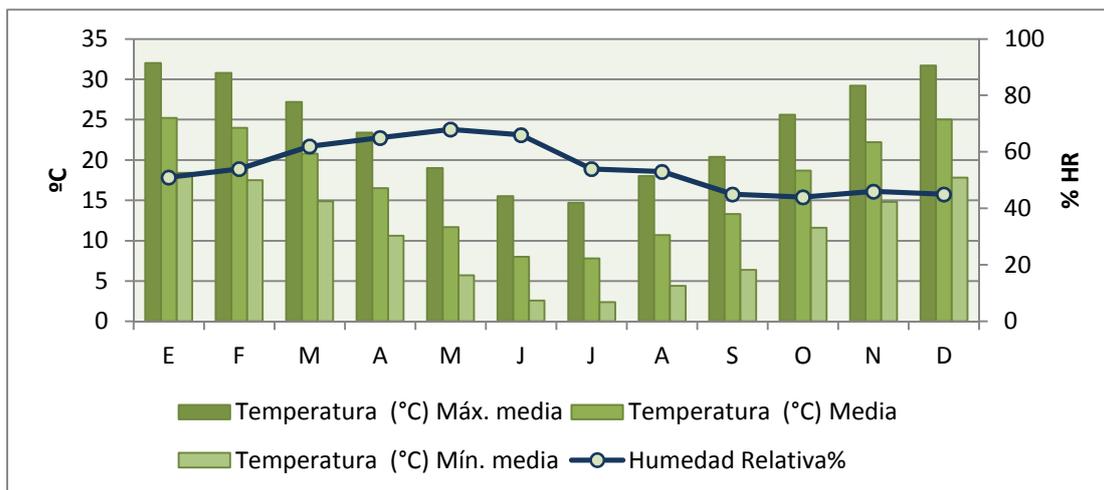


Fig. 21: Temperaturas medias anuales, Temperaturas máximas medias, Temperaturas mínimas medias y precipitaciones de Mendoza. Humedad Relativa mensual. Fuente: Servicio meteorológico Nacional.

En la figura anterior (21) también se puede apreciar la baja humedad relativa que presenta la ciudad, siendo el promedio anual de esta de 54,7%. En la figura 4 se pueden observar la escases de lluvias, otro dato que nos demuestra la condición semi-desértica de Mendoza, con un promedio de precipitaciones anuales que no supera los 218mm, presentando mayores índices en la estación de verano (48mm en Enero) que en la de invierno (3,6mm en Junio).

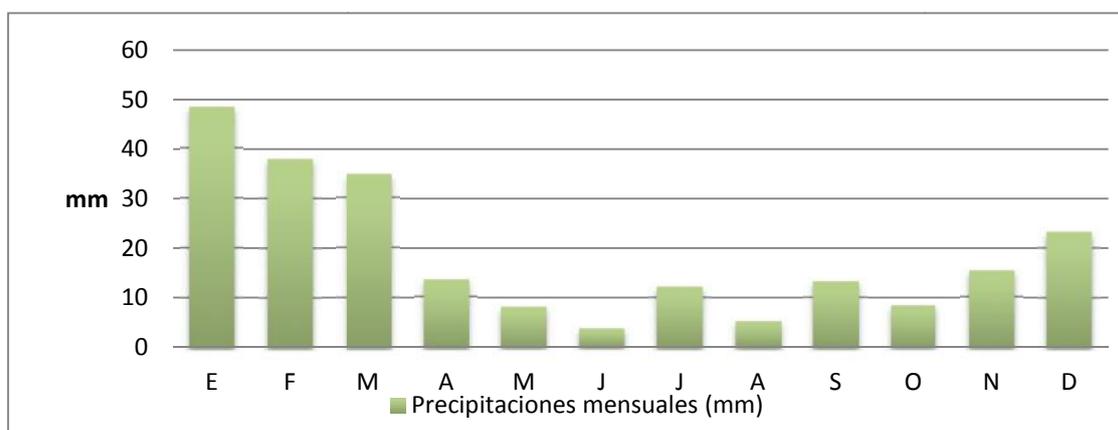


Fig. 22: Precipitaciones mensuales. Fuente datos: Servicio meteorológico Nacional.

La ciudad presenta en general vientos calmos (figura 22), con excepción del viento "zonda" propio de la zona, que se caracteriza por ser un viento seco que sopla en fuertes ráfagas. Este se manifiesta en la estación de otoño, provocándose por el ascenso de aire húmedo desde el Océano Pacífico a la cordillera de Los Andes, donde descarga su humedad y desciende al llano como un viento seco y caliente de fuertes ráfagas.

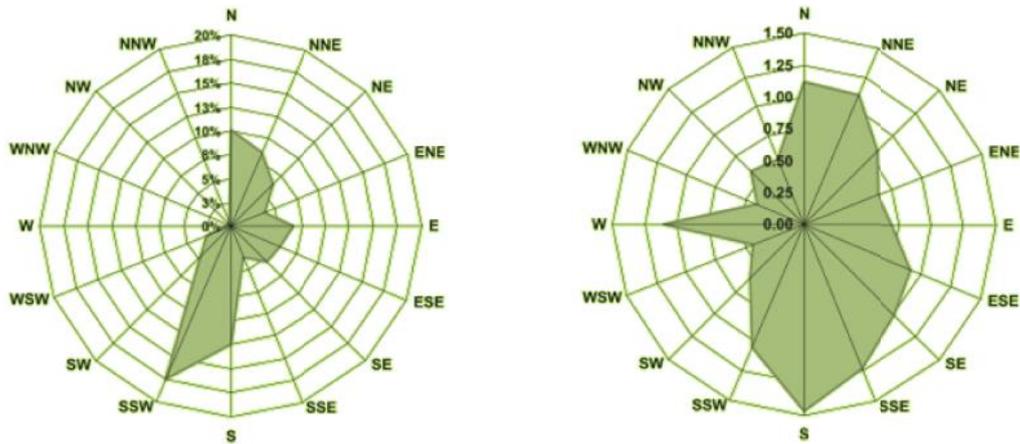


Fig. 23: Frecuencia (izquierda) e intensidad del viento (m/s)(derecha) media anuales para el año 1998. Fuente: Bochaca, Fabián; Puliafito, Enrique. (2007)

Mendoza presenta un elevado índice de radiación solar al año (figura 24a y 24b) participando de las "provincias argentinas que ofrecen aptitud para el aprovechamiento de la energía solar, tanto para calefacción como para generar electricidad"³⁰ ya que, como se puede observar en los gráficos, en las estaciones de primavera – verano, los valores promedio de radiación solar están por encima de los 5kw/m2 día.

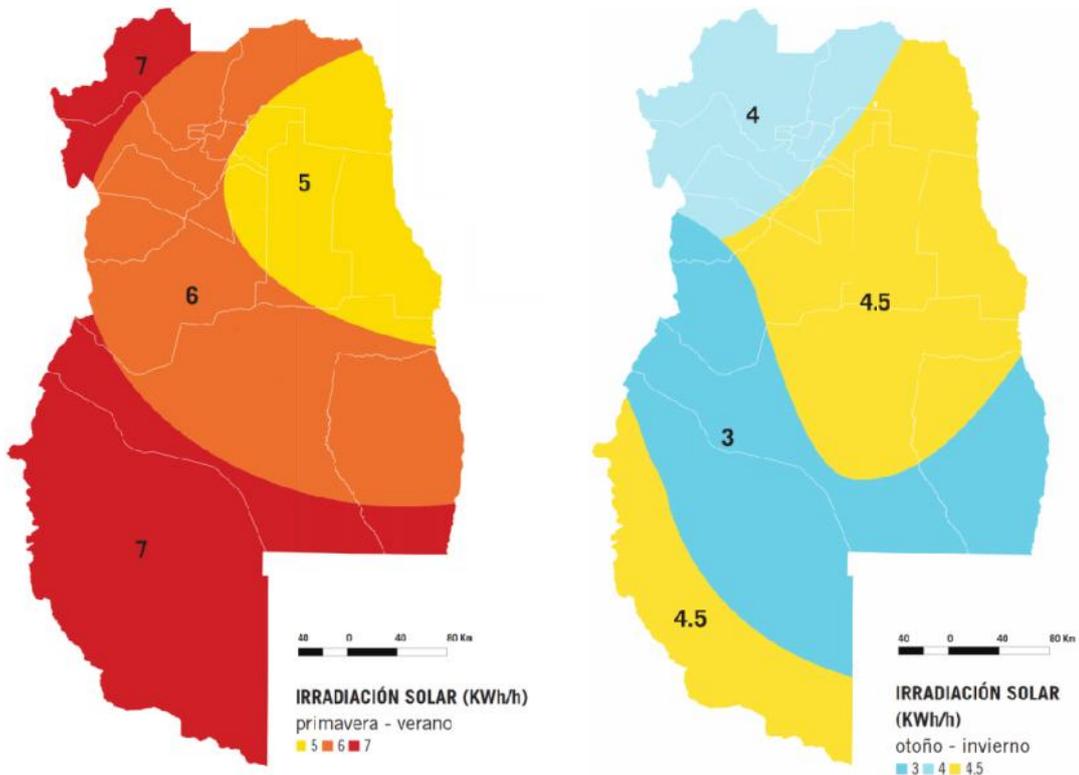


Fig. 24a: Irradiación solar (KWh/h) en estaciones primavera – verano.

Fig. 24b: Irradiación solar (KWh/h) en estaciones otoño – invierno.

(Fuente: Cortellezi y otros. Atlas de la energía de Mendoza. (Ed. Usillal, Mendoza, 2012.)

³⁰ Cortellezzi, Mónica; Karake, Nesrin Rosa. Atlas de la energía de Mendoza. (Mendoza: Ediciones Usillal, 2012.)

La ciudad también presenta una alta heliofanía, presentando cielo cubierto solo el 14% de los días del año, dato que se observa con claridad en la figura 25, y que favorece las condiciones para el aprovechamiento de la alta radiación solar que se mencionó anteriormente.

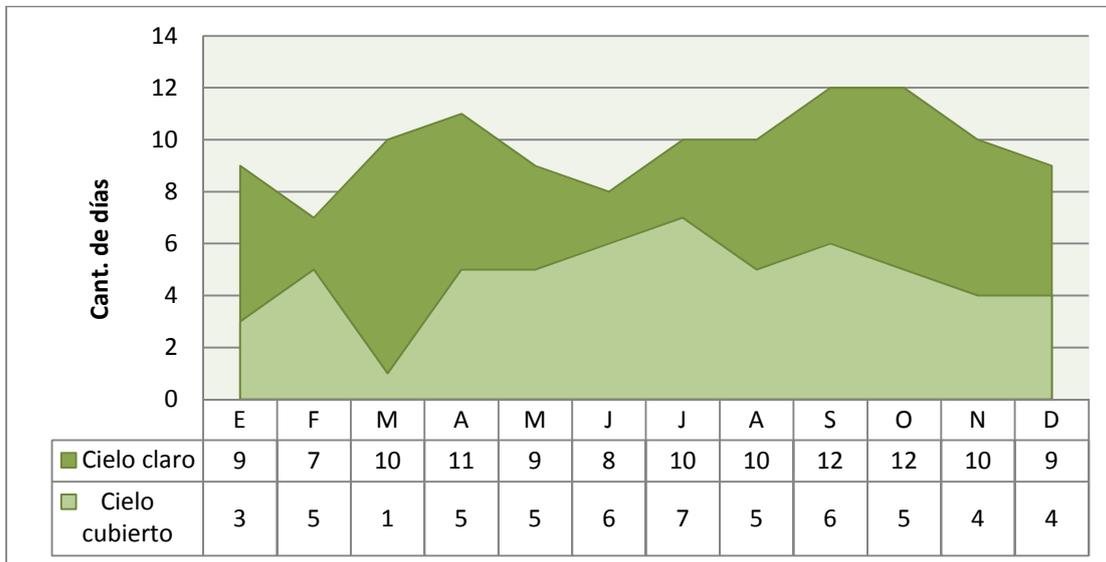


Fig. 25: Días de cielo claro y cielo cubierto. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Es importante por tanto tener en cuenta el recorrido solar para las diferentes estaciones del año, y considerar la altitud solar en cada caso para poder considerar el aprovechamiento de las ganancias directas en el diseño bioclimático. En Mendoza, por encontrarse en el hemisferio Sur, el sol se mueve sobre el Norte a mayor altitud en verano y menor en invierno. En la estación estival en horas del medio día, el sol se encuentra en posición casi perpendicular a la tierra, ubicándose (en Diciembre) a una altitud de 82° sobre el Norte (figura 26b). En cambio en invierno, se ubica en horas del medio día, a 32° de altitud sobre el Norte (figura 26a). En la figura 27, la carta solar de Mendoza grafica el recorrido solar anual y las altitudes a lo largo del año en la ciudad.

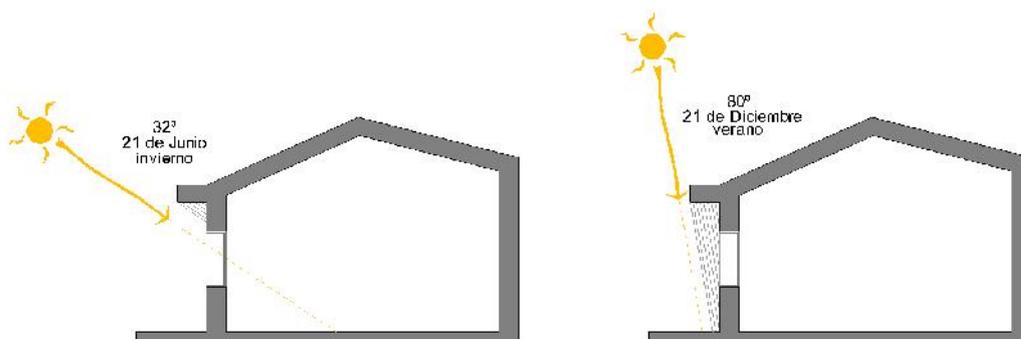


Fig. 26a: Altitud del sol en invierno en Mendoza. Fig. 26b: Altitud del sol en verano en Mendoza.

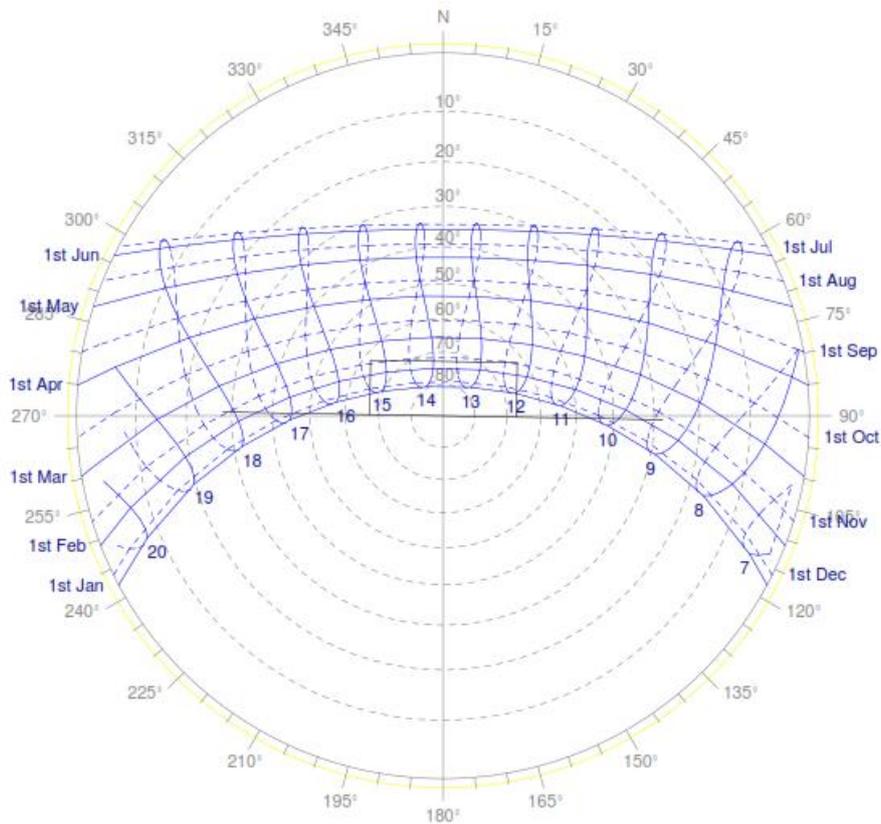


Fig. 27: Carta solar de Mendoza. Fuente: Elaboración propia mediante software Ecotec Weather Tool. Datos: Estación meteorológica aeropuerto de Mendoza.

Las condiciones del clima de Mendoza presentadas hasta ahora, dan muestra de una ciudad de características hostiles para la vida, es por ello que su urbanismo se creó a partir de la intervención del hombre en sus características naturales.

“La ciudad de Mendoza es un paisaje transformado por el hombre gracias al uso del riego artificial”³¹, fue fundada en medio de una trama de canales de riego y de desagües aluvionales propiciados por las quebradas del pedemonte, los cuales fueron canalizados en acequias, dentro de una trama urbana ortogonal, que riegan el manto verde de arboles que protegen la ciudad, *“permitiendo la concentración de centros urbanos; zonas agrícolas e industriales”³²* conformando Oasis en medio de un entorno desértico, mitigando, a su vez, las condiciones de su clima árido.

La imagen de Mendoza como ciudad – oasis es lo que la caracteriza, respondiendo este concepto a la incorporación de gran cantidad de

³¹ Bochaca, Fabián; Puliafito, Enrique. *El efecto de isla seca en ciudades intermedias. El caso de ciudad de Mendoza* (Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina. IAI, INE, UNEP. Brasil, 2007)

³² Idem 31

forestales exótico en la trama urbana, mejorando las condiciones de confort de los habitantes, proporcionando sombra a las fachadas y áreas publicas, protegiendo de la alta radiación solar.

2.2. Tipologías y cultura constructiva. Forma urbana y normativa local.

La ciudad de Mendoza fue fundada al pie de la cordillera de Los Andes en 1561. Durante 300 años conservo sus cualidades de ciudad colonial, una cuadrícula en damero de 5 x 5 manzanas con Plaza Mayor en el centro (figura 28a). En 1861 un terremoto devastador destruyo casi por completo la estructura edilicia de la ciudad, abandonándose el centro histórico (hoy llamado "ciudad vieja") para construir la "ciudad nueva" a menos de un kilometro de la ciudad fundacional, con un modelo urbanístico diferente, creando una plaza central de mayores dimensiones y 4 plazas satelitales a esta, y trazada en base a los ejes directrices de Norte - Sur y Este - Oeste (figura 28b).

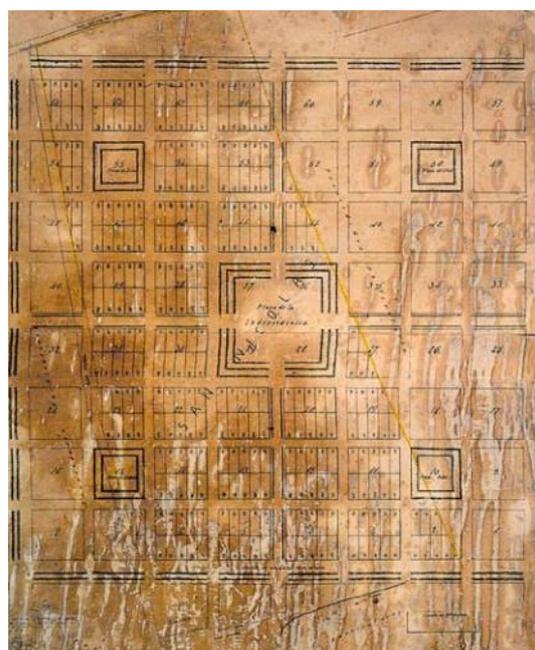
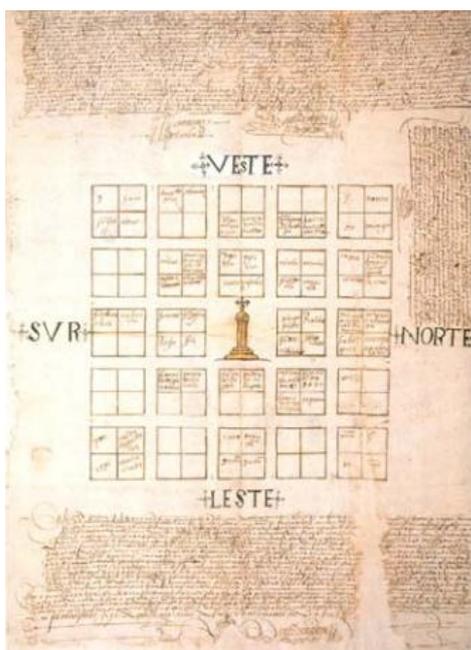


Fig. 28a (izquierda): Plano fundacional de Mendoza (1562) Archivo general de Indias. Fuente: Guía de arquitectura de Mendoza. (Junta de Andalucía. Sevilla)

Fig. 28b (derecha): Plano de Mendoza "ciudad nueva". Fuente: Archivo general de la provincia.

"La estructura urbana de la ciudad de Mendoza, entremezcla tres diferentes tipos de mallas que se superponen en el espacio desde su fundación: (1) una red hídrica desarrollada por los aborígenes de la zona y adoptada por los colonizadores

españoles; (2) una malla definida por el damero característico de las ciudades fundacionales y (3) otra malla que surge con posterioridad debido a la interacción de las dos primeras, relacionada con la aparición en la ciudad de una trama vegetal, inicialmente desarrollada hacia el interior de las viviendas."³³



Fig. 29a y b: Sistema hídrico (acequias) que riegan el arbolado urbano. Fuente: Flickr.com

La trama hídrica, llamadas acequias, que riegan la vegetación de la ciudad (figura 29a y 29b) han sido elementos característicos de la misma desde sus comienzos. Las acequias bordean el perímetro de las manzanas de 100m x 100m y calles de 20m de ancho que conforman el damero ortogonal que construye la ciudad, traza que es su principal característica morfológica. Estas características pueden observarse en la siguiente imagen aérea de la ciudad (figura 30)



Fig. 30: Imagen aérea de la ciudad de Mendoza. Fuente: Google Earth.

³³ Bochaca, Fabián; Puliafito, Enrique. *El efecto de isla seca en ciudades intermedias. El caso de ciudad de Mendoza* (Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina. IAI, INE, UNEP. Brasil, 2007)

La densidad poblacional de la ciudad fue aumentando entre 1861 y 1912 principalmente por la llegada de un gran número de inmigrantes, mayoritariamente de procedencia italiana. Este crecimiento fue acompañado por un crecimiento similar en la construcción de viviendas, con un alto porcentaje de las mismas construidas en adobe (ladrillo hecho de barro y paja). *“En 1869 las viviendas construidas con adobe representaban el 75% del total de las casas, elevándose al 80% en 1895 y llegando a ser el 90% de las casas en 1909, porcentaje que se mantuvo hasta mediados del siglo XX.”*³⁴ Algunos autores relacionan esta evolución con la creencia popular de la época de que el adobe era un material elástico que sería mejor para zonas sísmicas como Mendoza, *“supuesto que comienza a ser rebatido por los técnicos – ingenieros y arquitectos– desde la primera década del siglo XX lo que evidencia un temprano conocimiento de los métodos constructivos antisísmicos en la región.”*³⁵ A pesar de esto, la facilidad que proporcionaba este material para la construcción y por ser muy económico en comparación con otros materiales, se justifica este desarrollo.

Según los datos del Censo de 1909, la ciudad de Mendoza contaba con 165 casas de material, es decir el 25% del total de las viviendas, de las cuales había 4 casa de tres pisos, 62 con dos pisos y el resto eran (99 casas) de una sola planta. *“La construcción de material implicaba no sólo una mejora en la calidad de la vivienda, sino también un mayor nivel de ingresos de sus ocupantes, que se reflejaba en las construcciones de palacetes y bodegas realizadas, generalmente, en ladrillo e incipientemente en hormigón armado a comienzos del siglo XX.”*³⁶

Actualmente, el incremento de la población urbana ha provocado la expansión horizontal de la ciudad, ocupando áreas agrícolas. *“La ciudad en la actualidad tiene una densidad promedio de 100 habitantes por hectárea, presentando una distribución homogénea de las construcciones, con una notoria preferencia de las personas de habitar en viviendas individuales. El patrón espacial resultante, está*

³⁴ Cerda, Juan Manuel. *Características de la vivienda Mendocina en la primera mitad del siglo XX.* (Población y sociedad nº 14 y 15. 2007, 2008, pp. 37-70)

³⁵ Idem 34.

³⁶ Cirvini, Silvia. *El patrimonio arquitectónico de Mendoza: La vivienda (1880-1910).* En Serie Básica Nº 9, 1989; y Los Andes Cien años de vida mendocina; centenario del Diario Los Andes, 1882-1982. Mendoza, 1982.

*caracterizado por construcciones de baja densidad*³⁷ construidas entre medianeras, con jardines verdes (espacios de aire y luz) en su mayoría concentrados en los centros de manzanas, quedando las viviendas orientadas en ocasiones Norte – Sur y otras Este – Oeste.

*“Según los datos censales, la provincia presenta una construcción consolidada con predominio del ladrillo en las áreas más urbanizadas”*³⁸, en conjunto con estructura sismo resistente de hormigón armado (cumpliendo con la normativa local para construcciones sismo-resistentes), aunque únicamente revocada en ambas caras con material cementicio, sin considerar aislaciones (no siendo exigidas por la normativa local). Los techos son mayormente de madera y teja o chapa metálica, con aislación de poliestireno expandido en el interior, aunque se acostumbra construir también losas macizas de hormigón armado con escasa aislación.

Es por motivo de esta tradición constructiva que *“la mayoría de viviendas de áreas urbanas (53%), logre una adecuada temperatura de los ambientes en invierno con un uso intensivo (todo el día) de los diferentes métodos de calefacción. A esto cabe agregar que un 19,5% de las residencias poseen lo que puede denominarse la «funcionalidad de la vivienda» (distribución adecuada de los ambientes, ubicación estratégica de los radiadores, etc.), lo que permite alcanzar las condiciones de confort requeridas en zonas áridas como las de Mendoza, especialmente en época invernal.”*³⁹

2.3. Criterios bioclimáticos conocidos, aplicables al clima y tipología de estudio.

*“La búsqueda de una arquitectura eficiente cuyo objetivo final es mejorar la calidad de vida del usuario”*⁴⁰ es lo que llamamos arquitectura bioclimática; es aquella arquitectura que toma las condiciones naturales del entorno y el confort del ser humano como punto de partida para el diseño de los espacios.

³⁷ Mesa, Néstor y otros. *La eficiencia energética de la alta densidad edilicia en ciudades de trama ortogonal*. (IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES), Cusco, 1 -5.11.2010. INCIHUSA, CCT Mendoza, CONICET, Argentina)

³⁸ Cortellezzi, Mónica; Karake, Nesrin Rosa. *Atlas de la energía de Mendoza*. (Mendoza: Ediciones Usillal, 2012.)

³⁹ Ídem 38.

⁴⁰ López de Asiain Alberich, María. *Estrategias bioclimáticas en la arquitectura*. (Diplomado internacional. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutierrez. 2003)

Si bien el término de arquitectura bioclimática como tal, nace alrededor de la década de los 70, los conceptos por esta proclamados ya se aplicaban de cierta forma en la arquitectura vernácula de hace siglos. *“Para Vitruvio, por ejemplo, el confort y el clima formaban parte del modelo tripartito de firmitas, vetustas y utilitas. En su opinión, los factores medioambientales deberían determinar el emplazamiento de las ciudades, la distribución de las calles y la orientación de los edificios.”*⁴¹ Uno de los pioneros en utilizar el término de arquitectura bioclimática, fue Víctor Olgyay, profesor de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Princeton hasta 1970 y precursor de la investigación de la relación entre arquitectura y energía. Su libro *Arquitectura y Clima* formó a la mayoría de los arquitectos bioclimáticos, en él Olgyay afirma que:

*“La vivienda es el principal instrumento que nos permite satisfacer las exigencias de confort adecuadas. Modifica el entorno natural y nos acerca a las condiciones óptimas de habitabilidad. Debe filtrar, absorber o repeler los elementos medioambientales según influyan benéfica o negativamente en el confort del ser humano.”*⁴²

La postura bioclimática se basa principalmente en la búsqueda del confort, siendo el mismo un fenómeno complejo ya que intervienen en su percepción, parámetros y factores diversos. Según Rafael Serra, *“los parámetros de confort son aquellas características objetivables de un espacio determinado, que pueden valorarse en términos energéticos y que resumen las acciones que, en dicho espacio, reciben las personas que lo ocupan.”*⁴³ El mismo autor divide dichos parámetros en:

- Específicos para cada sentido, como por ejemplo: térmicos, acústicos, lumínicos, visuales, etc.
- Generales que afectan a todos los sentidos a la vez, como por ejemplo: dimensiones del espacio, factor temporal, etc.

“Los factores de confort en cambio, son aquellas características que corresponden a los usuarios del espacio. Son por lo tanto, condiciones exteriores al ambiente, pero que influyen en la apreciación de dicho

⁴¹ Brian Edwards. *Guía básica de la sostenibilidad. Segunda edición revisada y ampliada.* (España: Gustavo Gili, 2008) p.39

⁴² Olgyay, Víctor. *Arquitectura y clima. Manual de arquitectura bioclimática para arquitectos.* (Ed. Gustavo Gili. Barcelona, España. 1998)

⁴³ Serra, Rafael. *Arquitectura y climas.* (Barcelona: Ed. Gustavo Gili. 2004)

ambiente por parte de estos usuarios.”⁴⁴ Estos factores también son definidos por el autor en:

- Biológicos – fisiológicos, como lo son la edad, el sexo, etc.
- Sociológicos, como por ejemplo, el tipo de actividad, la educación, el ambiente familiar, el tipo de alimentación, etc.
- Psicológicos, aquellos que se definen según las características individuales de cada usuario.

“El confort que ofrezca un ambiente determinado dependerá de la combinación que se presente entre los parámetros objetivos y los factores del usuario.”⁴⁵ Hecho que implica a los arquitectos el pensar la arquitectura desde un sentido más amplio, no solo desde el estudio de la forma y la función, sino también incluyendo el estudio térmico-energético de la misma.

Los principales elementos que afectan al confort térmico del hombre son: la temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad del aire y el movimiento del aire. Según López de Asiain, “el confort térmico se produce cuando se dan al mismo tiempo, las dos condiciones siguientes: la cantidad de calor producida por el metabolismo es igual a la cantidad de calor cedida al ambiente; y en ninguna parte del cuerpo se percibe sensación de frío o calor.”⁴⁶ En el cuadro de la figura 31 se observan los valores de producción de energía metabólica del hombre de acuerdo a diferentes actividades.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA METABÓLICA			
Actividad	Valor		
	met	W/m ²	kcal/h·m ²
Tendido y en reposo	0,8	46,5	40
Sentado y en reposo	1	58,2	50
Actividad ligera, sentado (oficina, hogar, escuela, laboratorio)	1,2	69,8	60
Actividad ligera, de pie (de compras, laboratorio, industria ligera)	1,6	93	80
Actividad media, de pie (vendedor, tareas domésticas, trabajo con máquinas)	2	116,3	100
Marcha en llano a 2 km/h	1,9	110,5	95
Marcha en llano a 3 km/h	2,4	139,6	120
Marcha en llano a 4 km/h	2,8	162,8	140
Marcha en llano a 5 km/h	3,4	197,7	170

Fig. 31: Producción de energía metabólica. Fuente: Normas ASHRAE.

⁴⁴ Serra, Rafael. *Arquitectura y climas*. (Barcelona: Ed. Gustavo Gili. 2004)

⁴⁵ Idem 44.

⁴⁶ López de Asiain Alberich, María. *Estrategias bioclimáticas en la arquitectura*. (Diplomado internacional. Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutierrez. 2003)

“El problema del arquitecto consiste en crear un entorno que no produzca tensiones negativas sobre el mecanismo de compensación de calor del cuerpo.”⁴⁷ Los hermanos Olgyay en 1963, proponen el término diseño bioclimático, con el objetivo de enfatizar la relación del clima y el diseño de los espacios, en conjunto con los parámetros y factores de confort antes mencionados, lo que los lleva a crear un método para desarrollar el diseño arquitectónico como respuesta a los parámetros ambientales, mediante el gráfico bioclimático, definiendo lo que llaman zona de confort (figura 32).

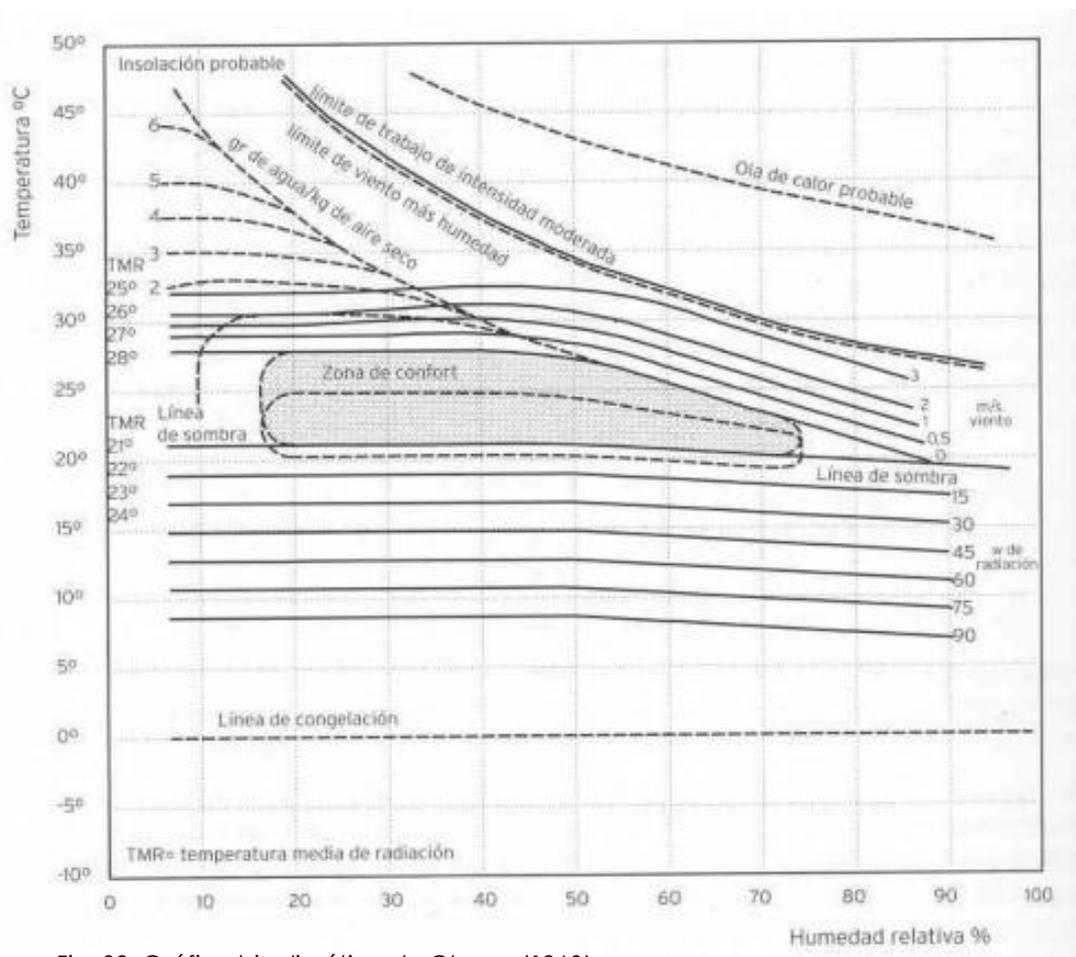


Fig. 32: Gráfico bioclimático de Olgyay (1963).

En este diagrama (fig. 32) se representan en el eje de abscisas la humedad relativa del sitio en estudio, y en el eje de ordenadas, la temperatura, como condicionantes básicas que afectan el confort del hombre. La llamada zona de confort se encuentra representada en el centro del gráfico, definiéndose entre los parámetros de temperatura y humedad en los que el cuerpo requiere el mínimo gasto de energía para adaptarse al medio ambiente.

⁴⁷ Olgyay, Victor. *Arquitectura y clima. Manual de arquitectura bioclimática para arquitectos.* (Ed. Gustavo Gili. Barcelona, España. 1998)

El diagrama de Olgay, está diseñado para contemplar las condiciones exteriores del edificio, sin contemplar las condiciones de temperatura y humedad interiores. Sin embargo, al cuantificar las condiciones de bienestar, puede utilizarse como indicador. Si los valores de las condiciones del clima se encuentran en algún punto fuera de la zona de confort, significa que necesitará de medidas correctivas.

Si el punto resultante de los valores climatológicos se encuentra por encima del perímetro superior de la franja de confort significa que necesita viento. Por debajo de la franja de confort se encuentra una línea divisoria, si el punto se sitúa por encima de esta necesitara de sombra, y si por el contrario se sitúa por debajo de la línea lo que necesita es radiación solar.

Un método similar al diagrama bioclimático de Olgay es propuesto en 1969 por el arquitecto israelí Baruch Givoni, sobre la carta psicrométrica (figura 33)

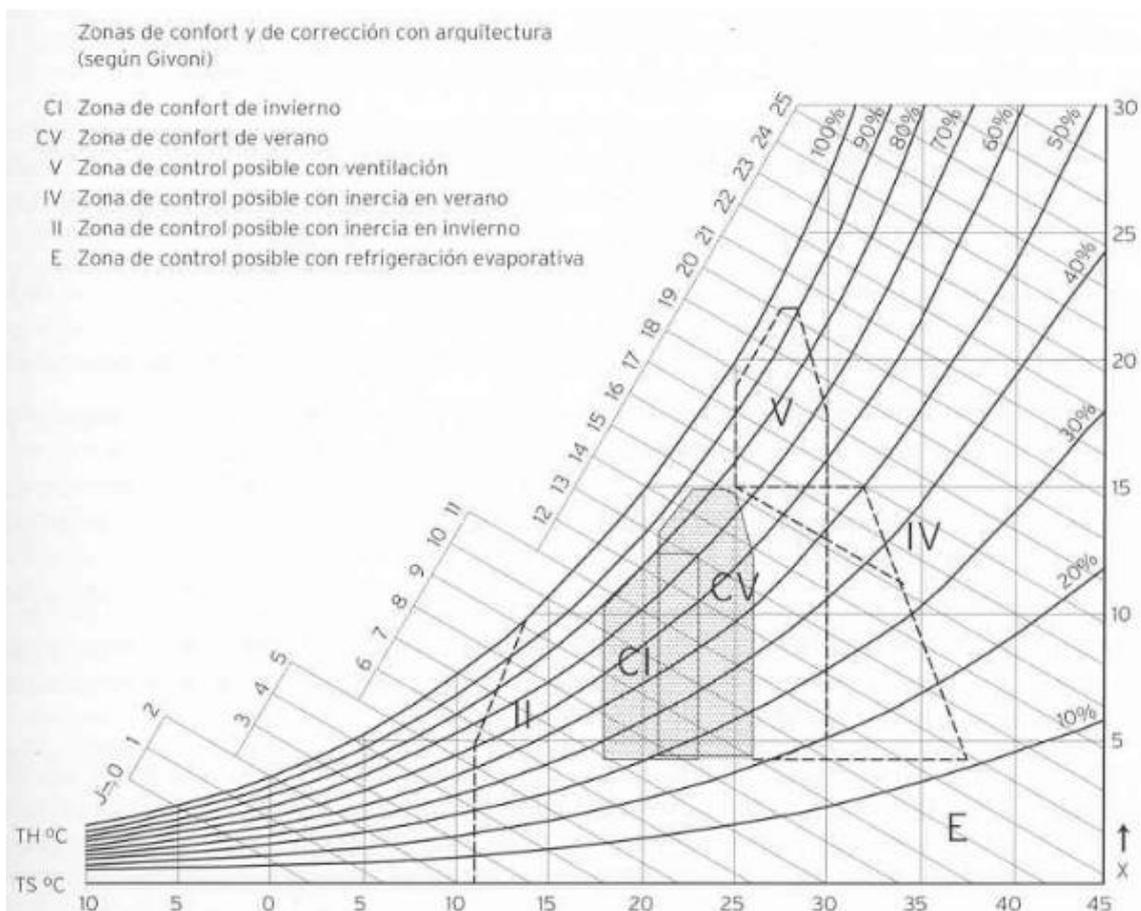


Fig. 33: Diagrama psicrométrico, adaptación de Givoni (1969).

En la carta psicrométrica, en el eje de abscisas se representan las temperaturas de bulbo seco y las ordenadas representan la tensión parcial de vapor de agua contenido en el aire, y las líneas curvas, psicrométricas, representan la humedad relativa. Sobre la línea de máxima humedad 100% se representa la temperatura de bulbo húmedo.

En este método se tienen en cuenta las características de la arquitectura como modificadoras de las condiciones exteriores para el bienestar interior. Givoni delimita en la carta zonas en las que, aplicando ciertas estrategias de diseño bioclimáticas, se pueden corregir las condiciones del clima del lugar para conseguir el confort interior en los edificios. En la siguiente figura (34) se grafican sobre la carta psicrométrica, las posibles estrategias a aplicar para cada caso propuestas por dicho autor.

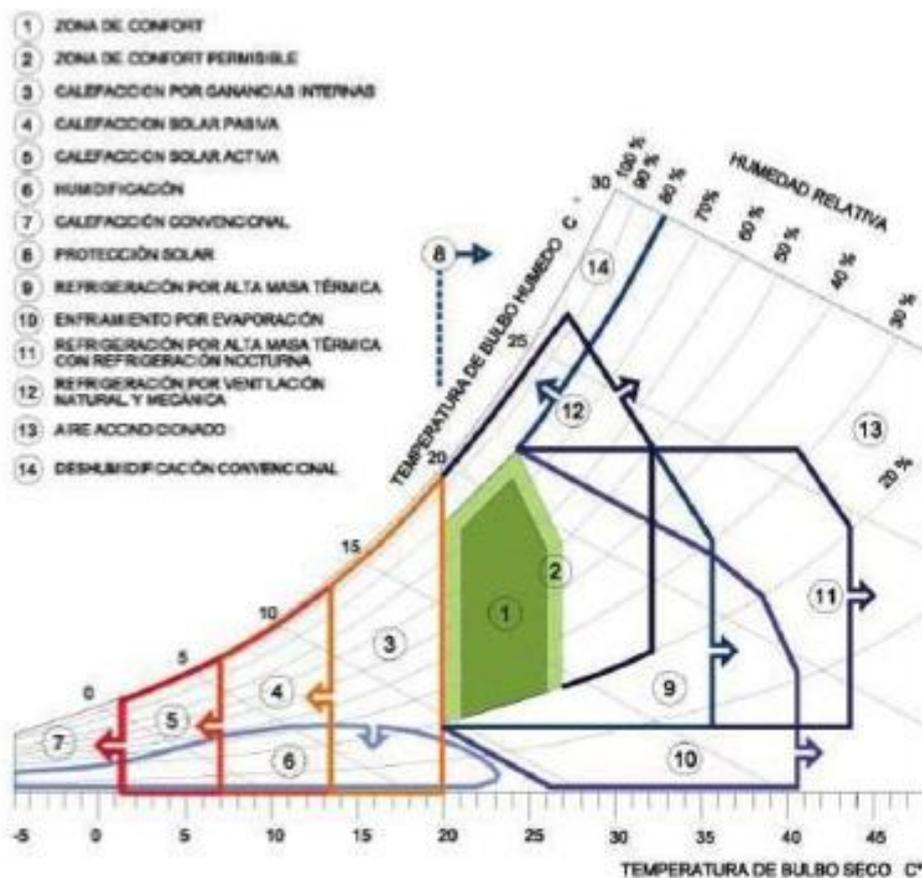


Fig. 34: Estrategias de corrección. Diagrama psicrométrico de Givoni (1969).

2.3.A. Estrategias bioclimáticas para la ciudad de Mendoza.

Como ya se dijo anteriormente, los climas templados, como el de Mendoza, presentan complejidades para el diseño arquitectónico por sus temperaturas extremas durante el año y su gran amplitud térmica diurna y estacional, entre otros factores. Ya habiendo analizado, en el punto 2.1 de este trabajo, las preexistencias de la zona de estudio, se procederá a describir las estrategias bioclimáticas conocidas posibles de aplicar para el caso de estudio.

En la carta psicrométrica para la ciudad de Mendoza (fig. 35), podemos identificar las posibles estrategias bioclimáticas necesarias a implementar en la arquitectura local.

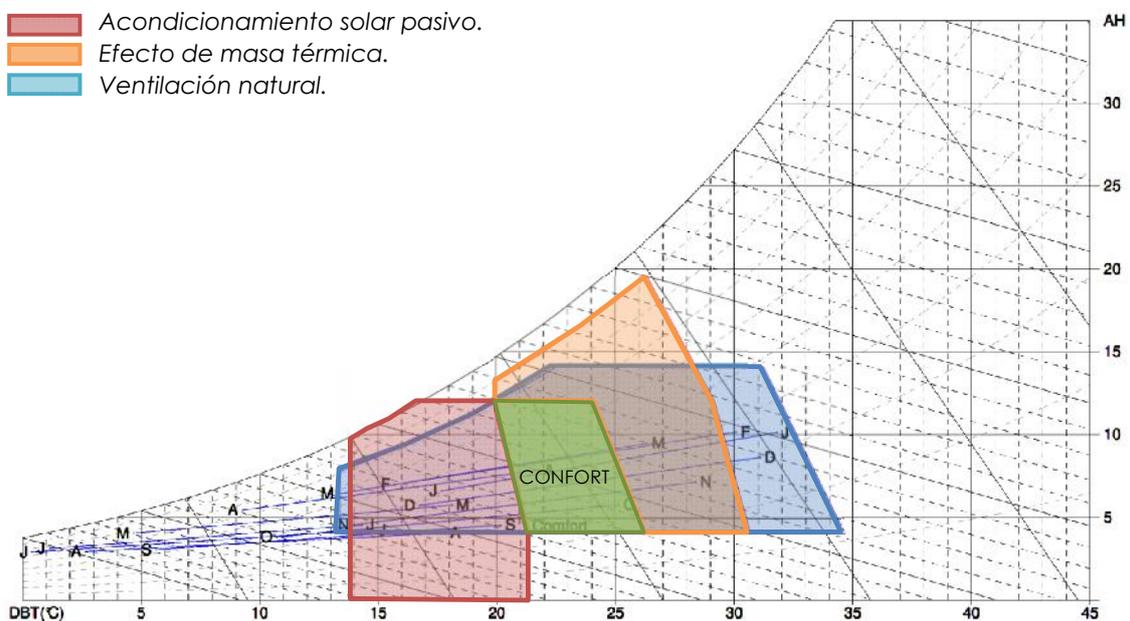


Fig. 35: Carta psicrométrica para la ciudad de Mendoza. (Elaboración propia, software Weather Tool Ecotec)

Estudiando la carta psicrométrica elaborada (fig. 35) podremos crear condiciones interiores en la arquitectura que brinden al usuario el confort necesario sin necesidad de la ayuda de sistemas mecánicos. Para esto deberán incorporarse sistemas pasivos de acondicionamiento climático, los cuales “actúan sobre los fenómenos radiantes, térmicos y de movimiento del aire que se producen naturalmente en arquitectura.”⁴⁸ Los mismos son clasificados en base a su función según Serra y Coch en:

⁴⁸ Serra, Rafael; Coch, Helena. *Arquitectura y energía natural*. (Barcelona, Ed. UPC, 1995)

- **Sistemas de captación** (sistemas pasivos de invierno):

Su función es captar la energía de la radiación solar y transferirla al interior en forma de calor. Se llaman normalmente "sistemas pasivos de energía solar" para diferenciarlos de los "sistemas activos de energía solar", que incorporan energía auxiliar para mejorar su rendimiento. Estos sistemas se caracterizan por su rendimiento a la captación y por su factor de retardo.

- **Sistemas directos:** Son aquellos sistemas de climatización natural donde la energía radiante penetra directamente en el ambiente interior que se quiere acondicionar. (Ejemplo Fig. 36)

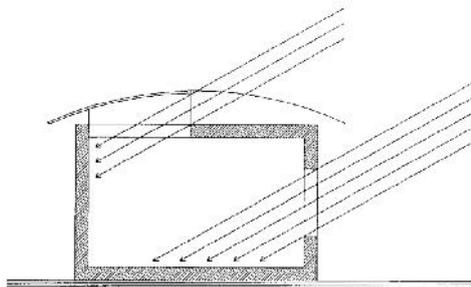


Fig. 36: Captación directa por ventanas y lucernarios.

- **Sistemas semi-directos:** Son aquellos donde, entre el ambiente interior y el exterior, se interpone un espacio que capta la energía solar. (Ejemplo Fig. 37)

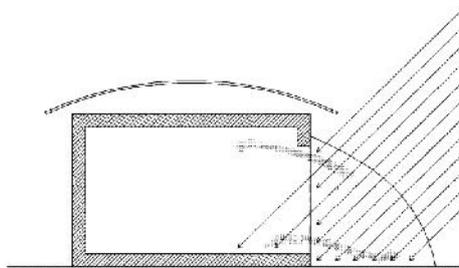


Fig. 37: Captación semi-directa con invernadero

- **Sistemas indirectos:** Son aquellos en los que la captación se hace mediante un elemento acumulador que almacena energía, para ceder posteriormente el calor al ambiente interior. (Ejemplo Fig. 38)

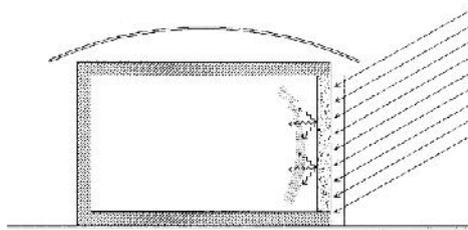


Fig. 38: Captación indirecta con muro invernadero

- **Sistemas independientes:** Son sistemas de climatización natural donde la captación de la energía radiante, su acumulación y su cesión al ambiente interior que se quiere acondicionar, se hacen mediante componentes que son independientes entre ellos. (Ejemplo Fig. 39)

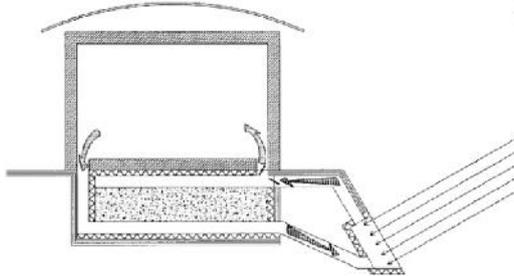


Fig. 39: Captación por sistema independiente.

- **Sistemas de inercia** (sistemas de regulación térmica, invierno y verano):

Son partes o componentes de un edificio que incrementan su masa respecto a la masa constructiva inicial. Actúan estabilizando la temperatura interior frente las oscilaciones de las condiciones exteriores.

- **Sistemas de ventilación y tratamiento del aire** (sistemas pasivos de verano):

Son componentes o conjuntos de componentes de un edificio que tienen como misión, por un lado, favorecer el paso del aire por su interior, lo que supone la renovación del aire de dicho interior. Además también puede tratarse el aire de ventilación para mejorar las condiciones de temperatura y de humedad.

- **Sistemas de protección a la radiación.** (sistemas pasivos de verano):

Es tan importante captar energía solar como protegerse de ella. Entrarán en esta categoría todos los elementos, componentes o conjuntos de componentes que protejan la piel de los edificios o los espacios exteriores que estén conectados al ambiente interior, contra el exceso de radiación solar, siempre indeseable en tiempo cálido. (Ejemplo fig. 40)

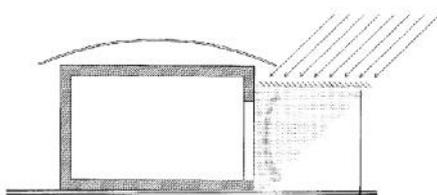


Fig. 40: Espacio intermedio sombreado y ventilado. Pérgola.

3

DIAGNÓSTICO TÉRMICO – ENERGÉTICO. PROTOCOLO PARA LA REHABILITACIÓN BIOCLIMÁTICA.

3. DIAGNÓSTICO TÉRMICO – ENERGÉTICO. PROTOCOLO PARA LA REHABILITACIÓN BIOCLIMÁTICA.

3.1. Análisis de antecedentes y casos similares de protocolos de diagnóstico térmico-energético.

Con el objetivo común de promover la sustentabilidad en arquitectura, y mejorar la habitabilidad y el confort de los usuarios de la misma, se han desarrollado numerosas investigaciones. Sin embargo, son escasas las que proponen la elaboración de “pautas a seguir”, como pasos de “buenas prácticas” de la sostenibilidad en arquitectura, para orientar a los profesionales de la arquitectura en su actividad concreta.

Un ejemplo es el caso del “Sistema de Indicadores de Sostenibilidad en Edificación Residencial para Andalucía” desarrollado por la Dra. Arq. María López de Asiaín. El mismo *“funciona tanto como herramienta autoevaluadora de la sostenibilidad de un proyecto así como guía de diseño sostenible.”*⁴⁸ El desarrollo de este sistema se apoya en experiencias ampliamente comprobadas a nivel mundial, como lo son los diferentes sistemas de evaluación y certificación expuestos en el capítulo 1 de esta tesis, con intención de proponer un método de aplicación menos complejo que aquellos.

La autora del sistema antes citado define a la sostenibilidad de la arquitectura, como el *cierre de los ciclos materiales y energéticos* para concebir una arquitectura autosuficiente y por tanto eficiente, en la búsqueda del confort y la habitabilidad. Considera que la planificación o evaluación de un proyecto de arquitectura sostenible debe realizarse en base a tres aspectos fundamentales *la Gestión de la Energía, la Gestión de Materiales y la Gestión Social*, siendo los mismos tratados como base del sistema de indicadores que desarrolla para Andalucía.

Dicho documento *“está estructurado en dos partes correspondientes a dos fases de la metodología de valoración, una primera parte (referida a la Fase 1 del proceso de autoevaluación) que podremos definir ‘propedéutica’ al sistema de valoración y que sirve de orientación sobre las cuestiones relacionadas con el paradigma de la sostenibilidad, y una segunda (referida a la Fase 2 del proceso de autoevaluación) que consta de un total de 83 Indicadores organizados por temas y*

⁴⁸ López de Asiaín Alberich, María. *Sistema de indicadores de sostenibilidad en arquitectura y urbanismo para Andalucía*. (Artículo. SAMA. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/>)

valorables por ámbitos relativos a las decisiones de diseño de un proyecto.[...]

Respecto a la organización y relevancia de cada grupo temático para el Sistema de Indicadores de Sostenibilidad en la Edificación Residencial para Andalucía se definen de mayor a menor relevancia con la siguiente gradación: gestión de la energía, implantación sostenible, calidad medioambiental, gestión del agua, materiales y recursos, y gestión y mantenimiento. [Valorables en cuanto a los siguientes ámbitos] que se han determinado en el marco de la sostenibilidad en la edificación: Suelo, Ecosistemas, Agua, Energía, Materiales, Salud y bienestar, Social y Económico.”⁴⁹

“La cuantificación de los distintos 83 indicadores se realiza mediante la puntuación en créditos. Estos se van sumando dentro de cada grupo temático valorándose un número máximo de ellos en función de cada ámbito.

Respecto a la valoración global, se ha establecido un máximo de 100 de créditos. Dependiendo de los créditos satisfechos se obtiene la siguiente clasificación.”⁵⁰ (fig. 41)

Número de créditos valorables obtenido		Simbología de la valoración
0 – 40	Edificio no adaptado a los condicionantes de la sostenibilidad en (edificación residencial o urbanismo sostenible) para Andalucía.	--
40 – 60	Edificio insuficientemente adaptado a los condicionantes de la sostenibilidad en (edificación residencial o urbanismo sostenible) para Andalucía.	-
60 – 70	Edificio adaptado a los condicionantes de la sostenibilidad en (edificación residencial o urbanismo sostenible) para Andalucía.	V
70 – 85	Edificio diseñado con base en los condicionantes de la sostenibilidad en (edificación residencial o urbanismo sostenible) para Andalucía.	VV
85 – 100	Edificio ejemplar en términos de sostenibilidad en (edificación residencial o urbanismo sostenible) para Andalucía.	VVV

Fig. 41: Clasificación de créditos del Sistema de Indicadores de Sostenibilidad en la edificación Residencial para Andalucía.

Esta valoración permite diagnosticar el proyecto en cuanto a su sostenibilidad, conocer sus falencias y proponer mejoras para alcanzar

⁴⁹ López de Asiain Alberich, María. *Sistema de indicadores de sostenibilidad en arquitectura y urbanismo para Andalucía*. (Artículo. SAMA. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/>)

⁵⁰ Idem 49.

una mejor adaptación. Este sistema podría ser aplicado tanto a proyectos nuevos como a edificios existentes para su rehabilitación, a pesar de no estar pensado para este fin específico.

Otro antecedente de diagnóstico de arquitectura sostenible que sirve a esta investigación específicamente en el campo de la rehabilitación de viviendas, es el caso del trabajo que lleva a cabo la empresa *Bioclimatteam* (tratada en el capítulo 1 de esta tesis), dedicada a evaluar, diagnosticar y rehabilitar edificios (principalmente residenciales) en Barcelona.

Para llevar a cabo su trabajo, la empresa aplica lo que define como *“Diagnóstico ambiental y de eficiencia energética para la reforma”*, mediante el cual se hacen *“recomendaciones de actuación tanto para mejorar la eficiencia energética de la vivienda como para mejorar su calidad ambiental interior. El diagnóstico permite tener al alcance todas las herramientas y los argumentos que justifican sus decisiones constructivas y permiten explicar al cliente, en total transparencia, los pasos a seguir para mejorar la eficiencia energética de la vivienda.”*⁵¹

El informe resultante del diagnóstico que realizan, presenta los resultados de un estudio de balance térmico de la vivienda, planteando su rehabilitación conforme a los mínimos requisitos del Código Técnico de Edificación (CTE) de España y logrando una clase energética “A” (máximo esfuerzo de eficiencia energética). *“En los escenarios de mejora de la reforma para aumentar la eficiencia energética y ambiental se explica el peso energético (consumo en kWh/m²) y económico (tasa de retorno según ahorros) de cada actuación por sí sola en comparación del escenario de referencia actual o CTE y de forma acumulada con otras actuaciones para subir el nivel de certificación en la escala de certificación energética.”*⁵²

La metodología que emplean para realizar el estudio de las viviendas a rehabilitar es la siguiente:⁵³

1. *Visita de la vivienda en el estado actual con observación del estado general y toma de algunas medidas de control.*
2. *Entrevista con el propietario sobre la calidad constructiva conocida de la vivienda actual.*

⁵¹ Bioclimatteam. *Diagnóstico ambiental y de eficiencia energética para la reforma de vivienda en calle Viladomat.* (<http://bioclimatteam.com/>)

⁵² Idem 51.

⁵³ Idem 51

3. *Calculo del balance térmico de la vivienda actual y de su consumo energético.*

4. *Comparativos de balances térmicos y consumos energéticos según diferentes actuaciones de limitación de la demanda energética.*

5. *Recomendaciones genéricas de mejoras ambientales.*

El informe que resulta contempla el análisis de distintos aspectos. Por un lado estudia la tipología constructiva, datos meteorológicos del lugar en que se emplaza la vivienda. Luego detalla el diagnostico ambiental de la vivienda, el mismo tiene en cuenta el conocimiento y experiencia de uso del usuario, analizando los siguientes aspectos: estado general de la construcción, materiales, calidad ambiental interior, agua, instalaciones.

En base a los datos estudiados, se realiza un informe del diagnostico energético y del balance térmico de la vivienda, a partir del cual se dan a conocer las falencias de la construcción existente y las áreas temáticas en que debe proponerse mejoras, siendo la conclusión del informe, las propuestas de mejoras ambientales para la vivienda estudiada.

Ambos sistemas expuestos en este punto, el *Sistema de Indicadores de Sostenibilidad en Edificación Residencial para Andalucía* y el *Diagnostico ambiental y de eficiencia energética para la vivienda*, con orígenes y fines diferentes, plantean sus objetivos basados en los mismos aspectos: la *Gestión de la Energía*, la *Gestión de Materiales* y la *Gestión Social*. Siendo, por tanto, el eje central fundamental para el diagnostico ambiental de la arquitectura.

3.2. Desarrollo de un Protocolo de diagnóstico térmico-energético para la rehabilitación bioclimática de viviendas en la ciudad de Mendoza.

El siguiente protocolo se elabora tomando como base la concepción del edificio. Se plantea la analogía del edificio como un paciente al que se debe diagnosticar y proponer un tratamiento. Tomando como referencia la metodología del diagnostico médico se elabora la propuesta de un protocolo de diagnostico para la rehabilitación térmico – energética de viviendas unifamiliares en la ciudad de Mendoza.

El protocolo se configura a partir de los tres aspectos fundamentales del análisis ambiental definidos por Asiaín: la *Gestión de la Energía*, la *Gestión de Materiales* y la *Gestión Social*, expuestos en el punto anterior, enfocándose principalmente, en esta ocasión, en el marco de la *Gestión de la Energía*, como punto de partida para la futura elaboración de un protocolo completo que abarque los demás aspectos de análisis.

Objetivos:

- Mejorar la calidad de vida de los usuarios de las viviendas de la ciudad de Mendoza, respondiendo a niveles de confort óptimos.
- Detectar oportunidades bioclimáticas en las viviendas, analizar las posibles decisiones para su rehabilitación termo – energética, proponer las intervenciones más favorables a implementar para cada caso.
- Proponer la mejora en la adaptación de las condiciones térmicas de las viviendas de la ciudad de Mendoza. Incrementando, a su vez, la eficiencia energética de las mismas.
- Colaborar en la reducción del impacto ambiental del parque edificado existente de la ciudad de Mendoza.
- Fomentar el buen uso y la eficiencia del recurso de la energía en las viviendas.

Ámbito de aplicación:

Este protocolo está desarrollado para el diagnóstico de viviendas unifamiliares urbanas en la ciudad de Mendoza, Argentina. Pudiendo adaptarse para su uso en otras tipologías edilicias de la misma localidad.

El conocimiento previo de las características geográficas y climáticas del sitio es imprescindible para la correcta aplicación de este protocolo (ver Capítulo 02).

Organización de la estructura de análisis:

Se trabaja a partir de 5 etapas de diagnóstico consecutivas, estableciendo similitudes con la analogía planteada del protocolo de diagnóstico médico. Las etapas son:

Etapa 1- Entrevista con el/los usuarios:

Recolección de datos de las posibles situaciones desfavorables de la vivienda manifestadas por quienes hacen uso de la misma, prestando atención principalmente a la sensación de confort térmico de los mismos. Se indaga también en el uso y tipo de sistemas de climatización. Asimismo se recolectan datos sobre el consumo energético de las empresas prestadoras de servicio de electricidad y gas natural.

Etapa 2- Análisis físico de la vivienda: Relevamiento.

Se realiza un relevamiento de la misma para evaluar el diseño arquitectónico y también de sus características constructivas.

Etapa 3- Análisis físico de la vivienda: Recolección de datos higrotérmicos *in situ*.

Se toman mediciones estacionales en la vivienda por medio de instrumental especializado, para luego analizar las relaciones existentes entre las condiciones higrotérmicas exteriores y las interiores.

Etapa 4- Diagnostico:

Se analizan los resultados de cada etapa anterior se los contrastan con parámetros y criterios establecidos en la bibliografía, para así establecer el diagnostico del estado de situación de la vivienda.

Etapas 5- Propuestas de rehabilitación bioclimática:

Finalmente en base al diagnóstico establecido se proponen las soluciones concretas a aplicar en la vivienda en estudio.

Metodología de diagnóstico bioclimático:

La metodología que se propone para la aplicación del presente protocolo se desarrolla a través de las 5 etapas de su estructura, detectando el estado de situación en cada una de ellas mediante método científico, para determinar el diagnóstico en cada caso y proponer "tratamientos" para la rehabilitación de la vivienda. Esta metodología se expone en el siguiente mapa conceptual (figura 42).

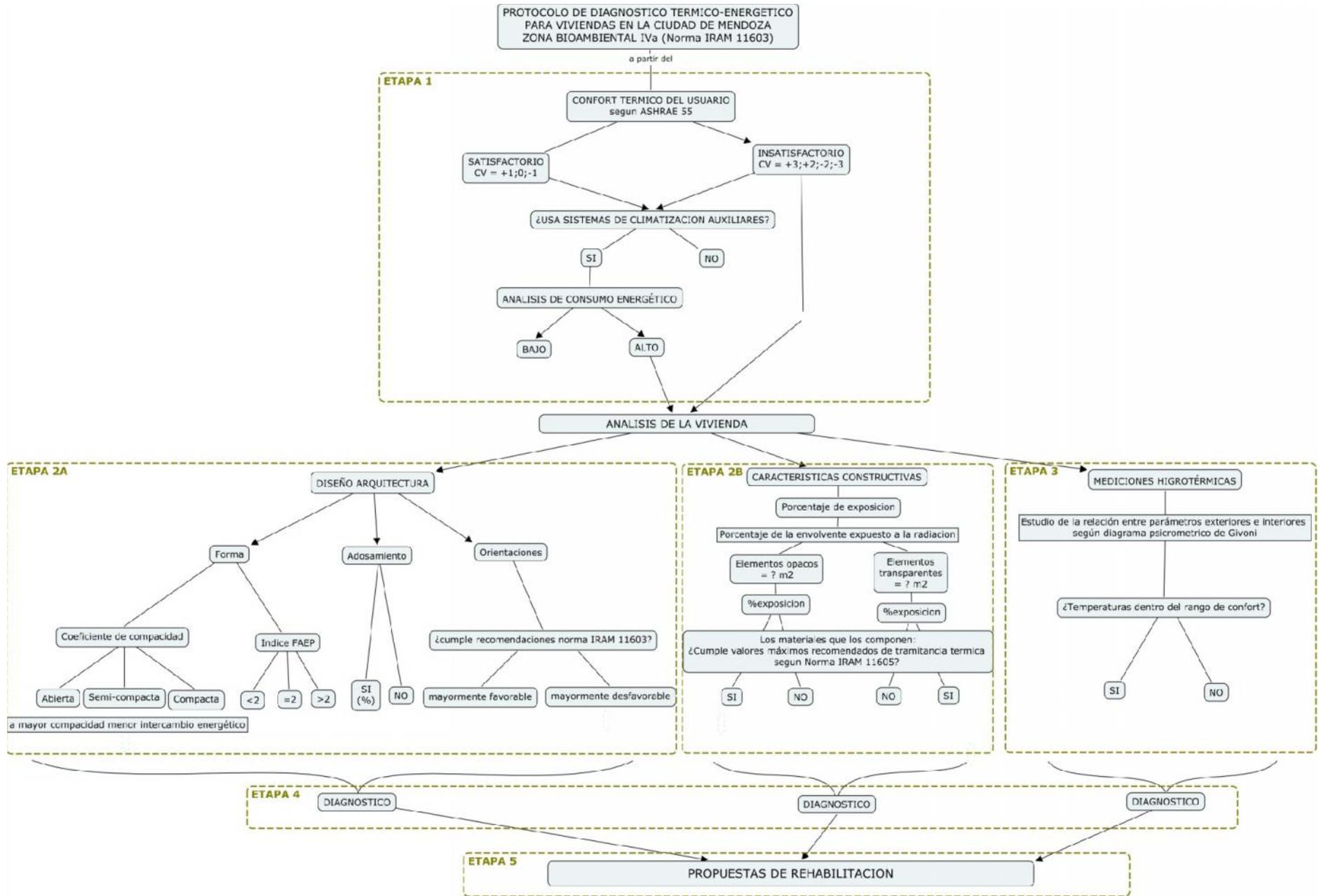


Fig. 42: Mapa conceptual de elaboración propia, realizado con el programa C-MAP.

Cada concepto o teoría incluida en el mismo no desarrollada por la autora, se citará más adelante en el desglose descriptivo del mismo.

La **ETAPA 1**, da inicio al protocolo de diagnostico estableciendo una entrevista con los usuarios de la vivienda en análisis, con el objetivo de establecer una primer impresión de las debilidades bioclimáticas de la vivienda a través del grado de satisfacción o insatisfacción de quienes habitan la misma.

Para evaluar la percepción térmica de los usuarios se toma como parámetro de medición la escala de valor de 7 puntos que establece la norma ASHRAE 55⁵⁵. Sobre dicha escala el usuario promedio estima su sensación térmica CV (Comfort Vote) al elegir valores que van desde -3 (mucho frío), -2 (frío), -1 (algo de frío), 0 (neutro), +1 (algo de calor), +2 (calor), hasta +3 (mucho calor), pudiendo elegir valores intermedios.

La determinación de la sensación de confort por medio de la escala de ASHRAE, se realiza en las 4 estaciones climáticas anuales y para tantos ambientes de la vivienda como se desee diagnosticar. Con estos datos se toma un promedio de la sensación de confort manifestada por los usuarios, siendo esta **satisfactoria** si el CV es +1,0 o -1; o **insatisfactoria** si el CV es +3, +2, -2 o -3. Los datos obtenidos se vuelcan en un cuadro de doble entrada (tabla 1), los mismos revelan la posible eficiencia o ineficiencia térmica de la vivienda, estos datos luego (etapa 3) se relacionarán con las mediciones higrótermicas y los parámetros para las temperaturas de confort definidas por Givoni (ver Capitulo 02, en 2.3).

	VOTO DE CONFORT	ESTACIONES			
		PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
insatisfactorio	-3 (mucho frío)				
	-2 (frío)				
satisfactorio	-1 (algo de frío)				
	0 (neutro)				
insatisfactorio	+1 (algo de calor)				
	+2 (calor)				
	+3 (mucho calor)				

Tabla 1: Cuadro de elaboración propia basado en la escala de de valor de ASHRAE. Se completa con los resultados del Voto de Confort (CV) manifestado por los usuarios.

⁵⁵ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), (2004). *Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Atlanta: ASHRAE.

De esta etapa se desprenden dos resultados posibles:

A- En caso de establecer un promedio de **confort térmico satisfactorio**, se formula al usuario la siguiente pregunta: **¿usa sistemas de climatización auxiliares en la vivienda?**

De ser la respuesta **NO**, se concluye el diagnóstico en este caso, siendo la vivienda en análisis confortable para el usuario sin necesidad de climatización auxiliar, no teniendo por tal motivo un consumo energético elevado. Cabe aclarar que este resultado es poco probable de manifestarse para las condiciones climáticas de la región.

De ser la respuesta **SI**, se solicita a los usuarios los datos de consumo energético de la vivienda, y se procede al análisis de estos para determinar si el **consumo energético** es **alto** o **bajo** en relación al consumo establecido por el estándar Passivhaus, de 15 kWh/m². En caso de ser **alto**, se procede con la **etapa 2** para determinar las posibles causas.

B- En caso de establecer un promedio de **confort térmico insatisfactorio**, se da paso a la **etapa 2** (análisis físico de la vivienda) para determinar las posibles causas de lo manifestado por los usuarios.

Así mismo se formula al usuario la misma pregunta sobre la existencia de sistemas de climatización que para el caso del punto A. De ser **NO** la respuesta se continúa con la **etapa 2**, de ser **SI** la respuesta se procede de la misma manera que en el punto A para la misma situación.

La **ETAPA 2** contempla el análisis físico de la vivienda que se realiza por medio de una inspección en el lugar y el estudio de la documentación técnica (o relevamiento edilicio en caso de no contar con ella).

Se analizan dos aspectos de fundamental conocimiento para el correcto desarrollo de las propuestas de intervención y aplicación de las mismas para la rehabilitación:

A- Diseño de la arquitectura. En lo que respecta a su arquitectura, la vivienda se analiza desde tres aspectos, a considerar:

- **Forma:** se consideran en este punto características geométricas y volumétricas de la vivienda, como son, área de piso (m² cubiertos), perímetro, altura (exterior e interior), volumen (m³), área de la envolvente. Mediante la utilización de estos datos se

calcula, por un lado, el **coeficiente de compacidad** de la vivienda, siendo este “la relación entre la superficie que rodea al edificio y su volumen [para establecer este coeficiente] definimos una relación entre la que llamaremos “superficie equivalente” (S_{eq}), que es la superficie de la esfera que tiene el mismo volumen que nuestro edificio, con la “superficie global del edificio” (S_G), entendiendo como tal toda la piel que le rodea (tanto la superficie libre, como la que está en contacto con los edificios vecinos o con el terreno).”⁵⁶ El valor resultante comprenderá los valores entre 0 y 1, la fórmula para determinarlo es la siguiente:

$$c = \frac{S_{eq}}{S_G} = 4,836 \frac{V_T^{2/3}}{S_G}$$

Por otro lado también se calcula en este caso el **Factor de Área Envolvente / Piso (FAEP)**, el mismo se computa como la superficie de envolvente dividido por la superficie cubierta, de la siguiente manera:

$$FAEP = \frac{\text{Superficie de techos} + \text{superficie de muros} + \text{superficie de ventanas} + \text{superficie de puertas}}{\text{Superficie cubierta}} = \frac{[m^2]}{[m^2]}$$

“El valor óptimo del FAEP es variable dependiendo de la superficie cubierta, a mayor valor de superficie cubierta, en general, menor valor del FAEP. Sin embargo, podemos tomar la semiesfera como forma energéticamente eficiente y para ella, el FAEP es 2, es decir, 2 m² de superficie de envolvente por cada m² de superficie cubierta. Un edificio que posea este valor o menos, será un edificio energéticamente eficiente.”⁵⁷

- **Adosamiento:** Se identifica si la vivienda posee o no construcción adosada, y de ser así, en que orientación y el porcentaje de la superficie de envolvente adosada en relación a la envolvente total.
- **Orientaciones:** En cuanto a este punto de análisis se presta especial atención a la carta solar para el lugar de estudio (ver capítulo 02) y los datos de altitud solar para invierno y verano. La

⁵⁶ Serra, Rafael; Coch, Helena. *Arquitectura y energía natural*. (Barcelona, Ed. UPC, 1995)

⁵⁷ Esteves, Gelardi et. al. *Relación entre las pérdidas térmicas y la forma edilicia y evaluación de costos en climas templado continentales*. (Argentina, ASADES, 2013)

mejor orientación se considera al Norte (para el hemisferio Sur), con una variación de 15° al Este y 15° al Oeste del mismo.

Se toma como parámetro de referencia lo recomendado en la Normas IRAM 11603 expuesto en el siguiente grafico (figura 43)

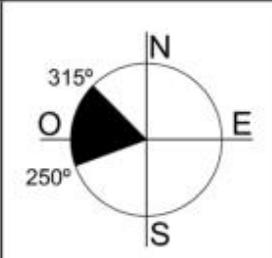
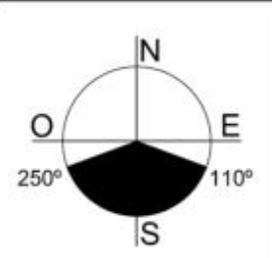
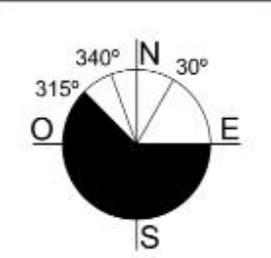
Zonas bioambientales	Orientación con protección solar necesaria	Orientación donde se reciben 2hs de asoleamiento	Orientaciones Favorables y Óptimas
Zona IVa			

Fig. 43: Recomendaciones para la orientación de edificios en la zona bioambiental IVa (correspondiente a Mendoza) según Normas IRAM 11603.

B- Características constructivas:

En este apartado se distinguen de la envolvente, los elementos opacos y los transparentes que la componen, sus materiales y valores de transmitancia.

- **Porcentaje de exposición de la envolvente:** Se calcula (sobre el total de envolvente ya conocido en el punto anterior) el porcentaje de superficie de la envolvente que está en contacto con el exterior (no adosada ni apoyada), el porcentaje expuesto a la incidencia del sol y el que no, y en particular, el porcentaje correspondiente a superficies opacas y transparentes. A su vez se observara si estas últimas poseen o no protección solar, teniendo en cuenta la recomendación de las Normas IRAM 11603 lo aconseja para las orientaciones SO-O-NO-N-NE-E-SE. Luego de esta distinción, se analizan los materiales que componen cada superficie, y sus valores de transmitancia real. Se compara con los valores establecidos por Norma IRAM 11605 (tablas 2 y 3) y se concluirá si cumple o no con los mismos.

K _{MAX ADM} INVIERNO - ZONA BIOAMBIENTAL Iva					
NIVEL A		NIVEL B		NIVEL C	
Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
0.33	0.29	0.91	0.74	1.59	1.00

Tabla 2: Recomendaciones para TDMN (temperatura exterior de diseño mínima) = -3 según Normas IRAM 11603. Siendo, Nivel A = Recomendado, Nivel B = Medio, Nivel C = Mínimo.

K _{MAX ADM} VERANO - ZONA BIOAMBIENTAL Iva					
NIVEL A		NIVEL B		NIVEL C	
Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
0.5	0.19	1.25	0.48	2.00	0.76

Tabla 3: Recomendaciones para verano siendo, Nivel A = Recomendado, Nivel B = Medio, Nivel C = Mínimo.

La **ETAPA 3** establece la determinación analítica mediante mediciones higrotérmicas experimentales, con el objeto de examinar la vivienda en cuanto a la relación de temperatura del aire y humedad relativa de los ambientes interiores con el exterior. Cabe aclarar que este proceso es parte del análisis de la vivienda, pero se diferencia en la necesidad de contar con instrumental especializado para llevarlo a cabo, siendo sus resultados precisos y únicos a cada caso de estudio.

Esta etapa se lleva a cabo con la colocación de sensores de medición higrotérmica en los ambientes más relevantes de la vivienda, durante 10 a 15 días consecutivos en cada estación climática durante un año. Los datos obtenidos se comparan entre sí mediante gráficos de línea y se estudian en comparación con los parámetros de las condiciones de confort establecidas por Givoni, entre 18°C Y 28°C (ver capítulo 02), para elaborar las conclusiones del caso.

En la **ETAPA 4** se reúnen los resultados obtenidos de las etapas anteriores y se vuelcan en los siguientes cuadros (tablas 4, 5 y 6), donde se establecen comparativas con los parámetros de ideales fijados para cada caso.

DIAGNOSTICO PARA ETAPA 2.A				
DISEÑO ARQUITECTURA	Características	Indicador	Valores de parametro	Resultados obtenidos
	AREA DE PISO (m ² cubiertos)	-	-	
	PERIMETRO (ml)	-	-	
	ALTURA EXTERIOR	-	-	
	ALTURA INTERIOR	-	-	
	VOLUMEN (m ³)	-	-	
	AREA DE LA ENVOLVENTE(m ²)	-	-	
	FORMA	eficiente de compacidad	Abierta	
			Semi compacta	
			Compacta	
		FAEP	< 2	
			2	
> 2				
ADOSAMIENTO	-	-		
ORIENTACION	IRAM 11603			

DIAGNOSTICO PARA ETAPA 2.B				
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	Características	Total	Elementos opacos	Elementos transparentes
	PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN DE LA ENVOLVENTE	%	%	%
	MATERIALES	-		
	K	-		
	¿Tiene proteccion solar?			

DIAGNOSTICO PARA ETAPA 3				
MEDICIONES HIGROTÉRMICAS	Características	Exterior	Interior	
			Ammbiente 1*	Ambiente 2*
	Temperatura max. Invierno / HR			
	Temperatura min. Invierno / HR			
	Temperatura max. estacion media / HR			
	Temperatura min. estacion media / HR			
	Temperatura max. Verano / HR			
	Temperatura min. Verano / HR			

* Los ambientes analizados se nombrarán por su uso y seran tantos como se haya contemplado en el caso de estudio.

Tablas 4, 5 y 6: Cuadros resumen para el volcado de los datos obtenidos de las etapas de diagnóstico.

Este último se complementará con los gráficos analíticos desarrollados en base a las mediciones.

ETAPA 5 : Propuestas de rehabilitación.

En base al diagnóstico realizado de la vivienda de estudio, y a los resultados volcados en las tablas 4, 5 y 6 de la etapa 4, se procederá a tomar las decisiones de rehabilitación adecuadas a cada situación. Para poder realizar un correcto mejoramiento de la vivienda se establecen a continuación las alternativas de estrategias a aplicar según los posibles resultados obtenidos y contemplando como punto de partida las medidas propuestas a partir del gráfico de Givoni para el clima de la ciudad de Mendoza (véase capítulo 2, apartado 2.3.A).

Las propuestas se dividen en tres áreas de actuación de la vivienda.

Área 1 – Respecto de la relación forma - envolvente - entorno:

- **Establecer las posibilidades de rehabilitación según la Compacidad y FAEP obtenidos en el análisis:**

A mayor compacidad menor superficie de intercambio con el exterior. Si bien una vivienda más compacta posibilita en mayor medida la conservación de temperatura en su interior, una menor compacidad permite una mejor incorporación de sistemas de captación pasiva (véase capítulo 2, páginas 46-47), los cuales son muy útiles para las condiciones climáticas de Mendoza, principalmente por su amplitud térmica. Conocer este parámetro permite tener una primer idea de las posibilidades de adaptación de la vivienda en estudio.

En cuanto al FAEP, como se comentó anteriormente, el valor óptimo es de 2 (lo que significa 2m² de superficie de envolvente por cada m² de superficie cubierta), entre mayor sea el valor resultante en comparación al óptimo establecido, menos eficiente energéticamente es la vivienda, lo que significa una mayor necesidad de reforzar la conservación de energía mejorando la resistencia térmica de los materiales y la incorporación de sistemas de captación pasiva y de enfriamiento natural, con el objetivo de minimizar al máximo el uso de energías no-renovables.

- **Incorporación y/o tratamiento de zonas intermedias:**

Basados en el estudio de orientaciones de la vivienda, se evalúa la posibilidad de realizar correcciones del entorno inmediato. Se

aconseja la incorporación de vegetación de hoja caduca principalmente al Norte (hacia el Ecuador en el hemisferio Sur) siendo también favorable en las orientaciones Este y Oeste, ya sean arboles o pérgolas con enredaderas, generando áreas sombreadas en verano reduciendo el calentamiento por la radiación solar y consiguiendo el efecto inverso en invierno, con el aprovechamiento de la ganancia solar semi – directa. A su vez este recurso favorece la reducción del efecto “isla de calor” en la ciudad.

Otra estrategia posible de aplicar en espacios intermedios, de contar con suficiente superficie, es la incorporación de elementos de agua, como fuentes o cascadas, para favorecer el enfriamiento evaporativo. Este proceso consiste en incrementar el contenido de agua del aire a través de la vaporización. Esta estrategia es apta para Mendoza por su clima seco.

Asimismo, elementos de protección solar móviles o fijos como son parasoles, aleros, lamas, etc., se proponen como alternativa complementaria.

Área 2 – Respecto a las características de la envolvente:

▪ Control de pérdidas y ganancias de calor:

Se deben conocer los valores de transmitancia de los materiales constructivos de la vivienda y comparar con los valores recomendados por IRAM para Mendoza. Si los mismos no cumplen, deberán realizarse las aislaciones térmicas correspondientes. Siendo la construcción tradicional de Mendoza de ladrillo macizo con revoque en ambas caras, se propone para ese caso la incorporación de poliestireno expandido de 5cm o poliuretano proyectado por el exterior de los elementos opacos verticales y 10cm en los horizontales para reducir su transmitancia térmica.

Se deberá tener especial cuidado con las infiltraciones de aire a través de marcos de carpinterías, detectándolas si las hubiese y reduciéndolas realizando el sellado de juntas y burletes. También es importante detectar la existencia de puentes térmicos e incorporar aislación en los mismos o modificar los elementos por aquellos que presenten rotura de puentes térmicos.

▪ **Aprovechamiento de la inercia térmica:**

Se aconseja preservar la masa térmica existente en la mayoría de las construcciones de la zona para favorecer la acumulación del calor ganado en invierno. Para el caso de verano, dicha masa térmica previene el sobrecalentamiento interior y favorece que el ambiente interior se mantenga fresco durante el día. A la noche, cuando las temperaturas exteriores son menores a las interiores la masa se debe ventilar.

▪ **Incorporación de sistemas de captación solar:**

Se debe favorecer la aplicación de sistemas de captación solar pasiva en periodos de temperaturas por debajo de los 20°C (en general por debajo de los 10° estos sistemas pierden efectividad siendo necesaria la incorporación de sistemas activos o auxiliares). Los mismos pueden ser directos, semi directos, indirectos o independientes (véase capítulo 2, punto 2.3.A), aunque algunos autores los identifican solamente como directos e indirectos (figura 44). Estos deben ser flexibles y ajustables por los usuarios para hacer frente a la variabilidad térmica propia del clima templado semi – desértico.

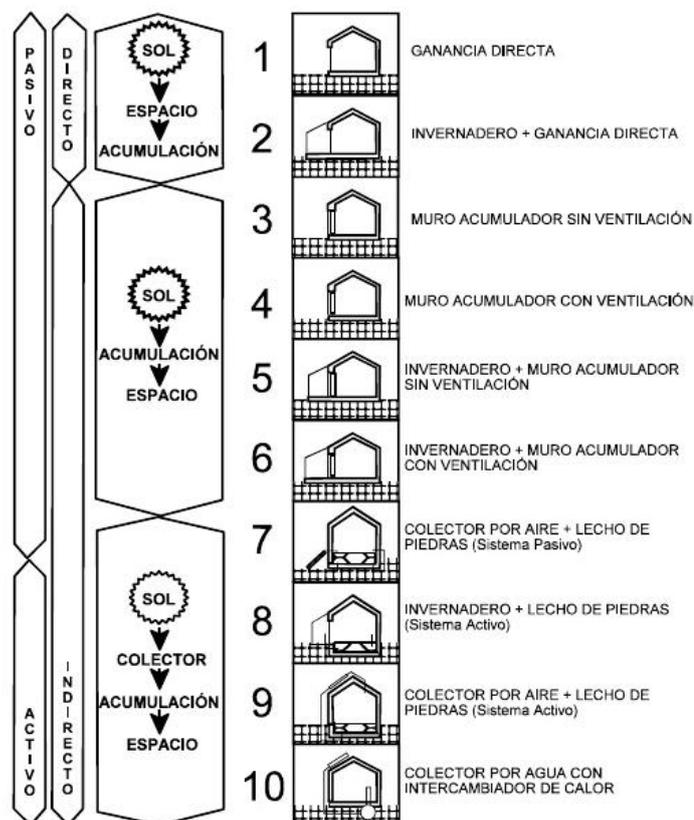


Fig. 44: Sistemas de captación solar. Fuente: Evans; De Schiller.

- **Incorporación de sistemas de protección solar:**

Se deberán incorporar en donde no se posean, sistemas de protección solar, preferentemente practicables, de acuerdo a las necesidades de captación solar y a la orientación de las aberturas, evitando la radiación solar directa sobre las mismas en verano (21 de Diciembre) y favoreciéndola en invierno (21 de Junio). Los mismos pueden ser del tipo aleros, toldos, persianas, celosías, etc. (figura 45), colocados horizontales en las aberturas de orientación Norte, y verticales en las de orientación Este y Oeste, respondiendo al ángulo de inclinación solar.

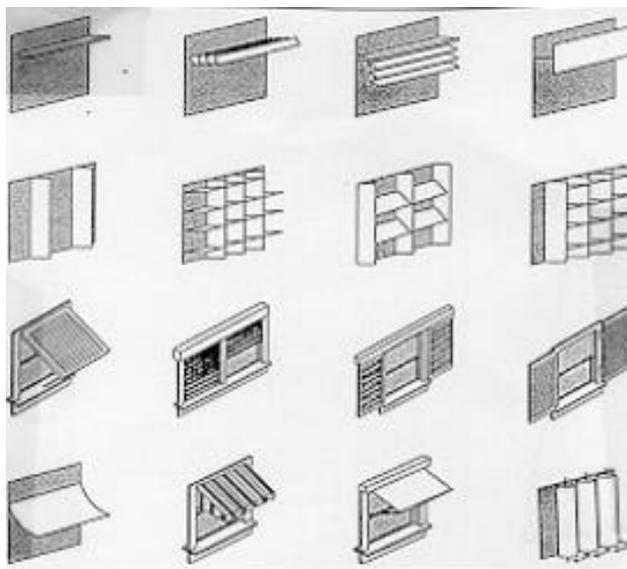


Fig. 45: Sistemas de protección solar. Fuente: López de Asiain, María.

Área 3 – Respecto a los espacios interiores:

- **Favorecer la ventilación natural:**

El aprovechamiento de esta estrategia, principalmente la ventilación cruzada nocturna es especialmente favorable en verano para Mendoza, ya que se aprovecha la gran amplitud térmica, ventilando la vivienda durante la noche, cuando la temperatura exterior desciende, y evitándolo durante el día para conservar la temperatura fresca en el interior. Es importante posibilitar la conexión entre los ambientes para que circule el flujo de aire por toda la vivienda.

- **Consumo responsable de los recursos:**

Se promueve la toma de conciencia en el uso de los recursos en la vivienda, utilizando electrodoméstico de eficiencia A o B, evitar pérdidas de agua utilizando griferías con reductor de caudal, inodoros con sistema de doble descarga y colocar lámparas de bajo consumo o LED con sensores de ocupación o timers de ser necesario.

- **Consumo de energía de fuentes renovables:**

Es importante considerar la incorporación de sistemas activos de aprovechamiento solar, como paneles solares térmicos para la producción de agua caliente sanitaria, o paneles solares fotovoltaicos para la generación de electricidad, dados los altos valores de radiación de la zona.

- **Explicaciones al usuario:**

Se debe explicar al usuario como gestionar su vivienda y la importancia de las buenas prácticas en el uso de la misma. Se pueden elaborar estrategias más activas o bien recurrir a sistemas automatizados para dicha gestión, dependiendo del compromiso del usuario.

4

APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO.

4. APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO.

4.1. Relevamiento arquitectónico: forma y características constructivas.

Se tomo como caso de estudio y ejemplo de aplicación del Protocolo de Diagnostico térmico - energético una vivienda unifamiliar, ubicada en la calle Sargento Cabral 616, en la denominada Quinta Sección (zona residencial) de la ciudad de Mendoza, aproximadamente a 15 cuadras del micro-centro de la ciudad y a 100m del Parque General San Martín (fig.46).



Fig. 46: Mapa de ubicación de la vivienda caso de estudio en la ciudad de Mendoza. Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de google.com



Fig. 47a, b y c: Fotografías de la vivienda caso de estudio. De izquierda a derecha: Fachada ppal. Al Norte, acceso bajo pérgola de madera y vegetación, fachada posterior al Sur. Fuente: Propia.

La vivienda responde a la tipología de dúplex, de tipo compacta, con 112,20 m² cubiertos constando de dos pisos conectados entre sí por una escalera abierta, y un atelier en el segundo piso conectado al primer piso por una escalera cerrada. Se desarrolla en un terreno rectangular entre medianeras de 4m de ancho por 24,35m de largo, ubicado en la esquina Nor-este de la manzana (fig. 48). La fachada principal está orientada hacia el Norte (nótese que en el Hemisferio Sur, la orientación Norte es hacia el Ecuador) (fig.47a), retirada de la línea municipal en 7,35m dejando espacio delante a la cochera pergolada donde trepa una enredadera de hoja perenne (fig.47b), y ubicando al Sur un pequeño patio embaldosado de 3,60m de largo por 3,70m de ancho (fig.47c). En la vivienda vive un matrimonio joven (31 y 28 años) sin hijos.



Fig. 48: Ubicación de la vivienda (en color negro) en el plano de manzana urbanístico. Fuente: Elaboración propia.

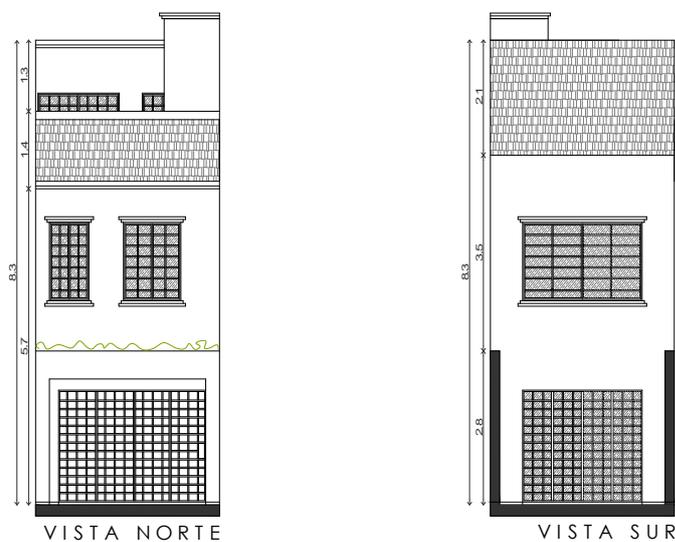


Fig. 49: Vistas de la vivienda. Fuente: Planos municipales conforme a obra.

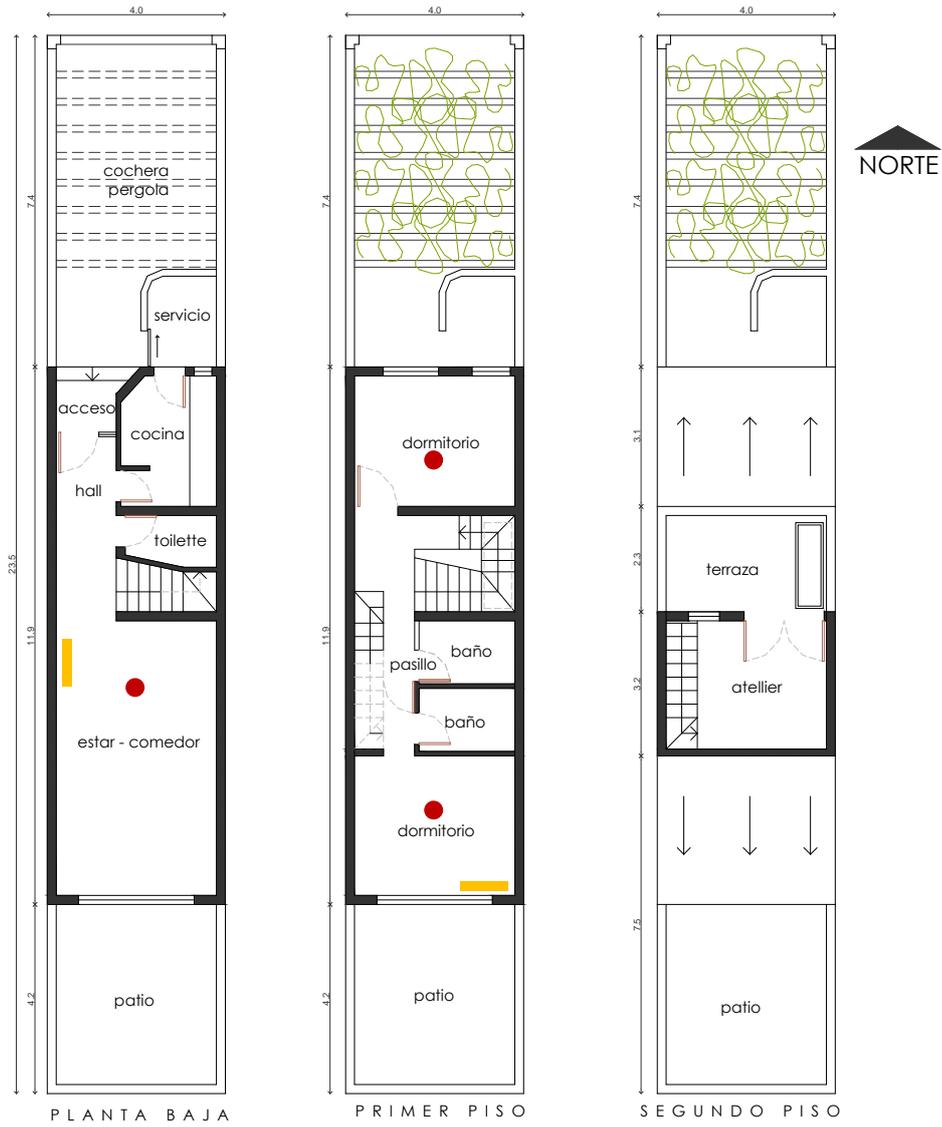


Fig. 50: Plantas de la vivienda. Fuente: Planos municipales conforme a obra.

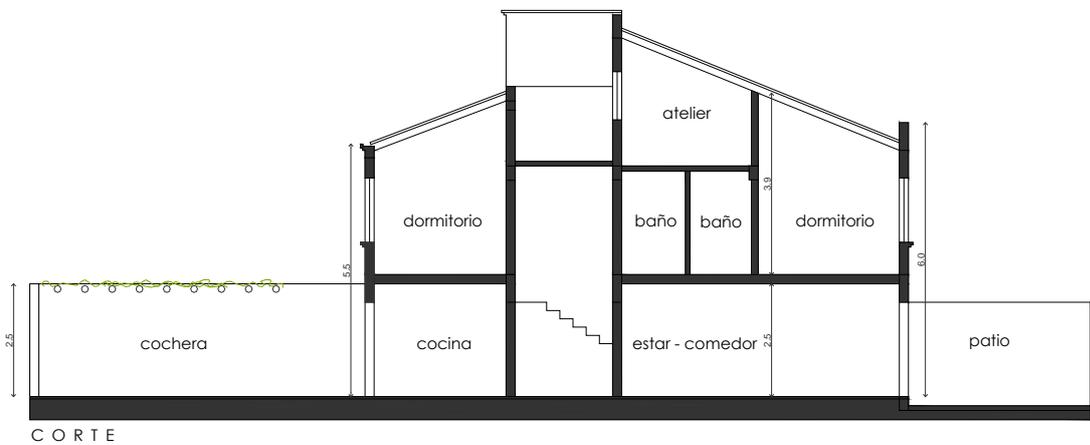


Fig. 51: Corte de la vivienda. Fuente: Planos municipales conforme a obra.

La distribución de la casa se define de la siguiente manera (figuras 50, 51 y 52), en planta baja se ubican el hall de entrada, estar-comedor unificado, cocina con lavadero y patio tendadero, y un toilette para visitas. En el primer piso se ubican dos dormitorios, uno de ellos con baño en suite y otro baño independiente en el hall distribuidor, donde también se encuentra la escalera que conecta con el atelier del segundo piso, el cual cuenta con un balcón abierto al Norte.



Fig.52: Fotografías de la vivienda caso de estudio. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Estar – comedor; estar con vista al patio; hall de acceso y escalera; dormitorio orientación Norte; dormitorio ppal. Orientación Sur. Fuente: Propia.

La tecnología constructiva de la vivienda es de tipo tradicional para Mendoza. La estructura de la casa se compone de columnas y vigas de hormigón armado. Los muros son de ladrillo revocados en ambos lados, sin aislación térmica, con terminación de texturado plástico de color arena claro. Los pisos de planta baja son de hormigón con terminación de baldosa cerámica, el entrepiso de la primera plata es de losa de viguetas de hormigón pretensado y losetas cerámicas huecas con terminación de baldosa cerámica y el entrepiso del atelier del segundo

piso es de machimbre sobre correas de madera. Los techos son inclinados, de correas y machimbre de madera, aislación térmica de polietileno expandido de 5cm de espesor con terminación exterior de tejas cerámicas tipo "españolas" color terracota. Las carpinterías son metálicas, de chapa plegada y vidrio simple.

Como sistema de calefacción cuenta con dos estufas, una convectiva de 5000 Kcal/h ubicada en el estar – comedor y una tiro balanceado de 3000 Kcal/h ubicada en el dormitorio principal, la localización de las mismas se muestra en amarilla en la figura 50. Como sistema de refrigeración únicamente cuenta con un ventilador de techo en el dormitorio principal.

4.2. Mediciones higrotérmicas, consumo energético y niveles de confort.

Se realizó en la vivienda una auditoria térmica y energética, que constó de la toma de datos de sensación de confort térmico de los usuarios y mediciones de temperatura y humedad in situ en las estaciones de verano, invierno, y la estación intermedia de otoño. Se complementó el estudio del caso con una inspección termográfica de distintos elementos constructivos de la vivienda.

4.2.A. Mediciones higrotérmicas:

Las mediciones in situ se realizaron mediante la utilización de 4 micro-adquisidores de datos de temperatura y humedad HOBO U10. La ubicación de los mismos se realizó de la siguiente manera (señalados en rojo en figura 50): uno en el exterior de la vivienda, a la sombra de la pérgola de la cochera (figura 53); uno en el estar – comedor y uno en cada dormitorio de la primera planta, los mismos orientados respectivamente hacia el Norte y hacia el Sur (figura 53). Todos se ubicaron suspendidos en el centro de cada espacio, a alturas equivalentes (aproximadamente a 2m del nivel de piso) para mantenerlos alejados de la influencia de elementos constructivos con masa.



Fig.53: Fotografías de la ubicación de los sensores en la vivienda. Izquierda: Sensor exterior bajo la pérgola en la cochera. Derecha: Sensor en el dormitorio ppal. orientado al Sur. Fuente: Propia.

Los periodos de medición fueron de 20 días en verano (entre el 20/12/2013 y el 09/01/2014) y de 3 meses y medio en las estaciones de otoño e invierno (entre el 21/05/2014 y el 03/09/2014) continuando el tiempo de medición de las dos estaciones con la intención de detectar el comportamiento térmico de la vivienda durante las temperaturas típicas de cada periodo, debiendo extenderse hasta septiembre por el mismo motivo. El intervalo para la toma de datos se fijó en 15 minutos y se procesó la información con los programas HOBO ware pro y Excel.

- **Mediciones de verano:**

Los resultados obtenidos en el periodo de medición de verano se observan en las figuras 54 y 55. Los mismos se muestran en dos gráficos separados porque se tomaron datos en dos situaciones diferentes de uso. Los usuarios implementaron la estrategia de ventilación nocturna durante los primeros días del periodo de medición (de la manera que acostumbran hacer en días calurosos), y en los últimos días del mismo mantuvieron las ventanas abiertas de manera casi permanente durante el día. Esto se realizó para poder observar y comparar ambas reacciones térmicas en cada ambiente de la vivienda al aplicar la estrategia y al no hacerlo, pudiendo hacerlo en condiciones naturales ya que, como se comentó anteriormente, la vivienda no posee sistemas auxiliares de enfriamiento.

En el siguiente gráfico (figura 57) se observan los resultados de las mediciones realizadas durante el mes de Diciembre, desde el 27/12/2013 al 30/12/2013 correspondiente también, al igual que el anterior, a la estación de verano. En este caso se aplicó la estrategia de

ventilación nocturna en la vivienda. Se representa con una franja verde delimitada en línea de punto la zona de confort, entre los 18°C y los 27°C.

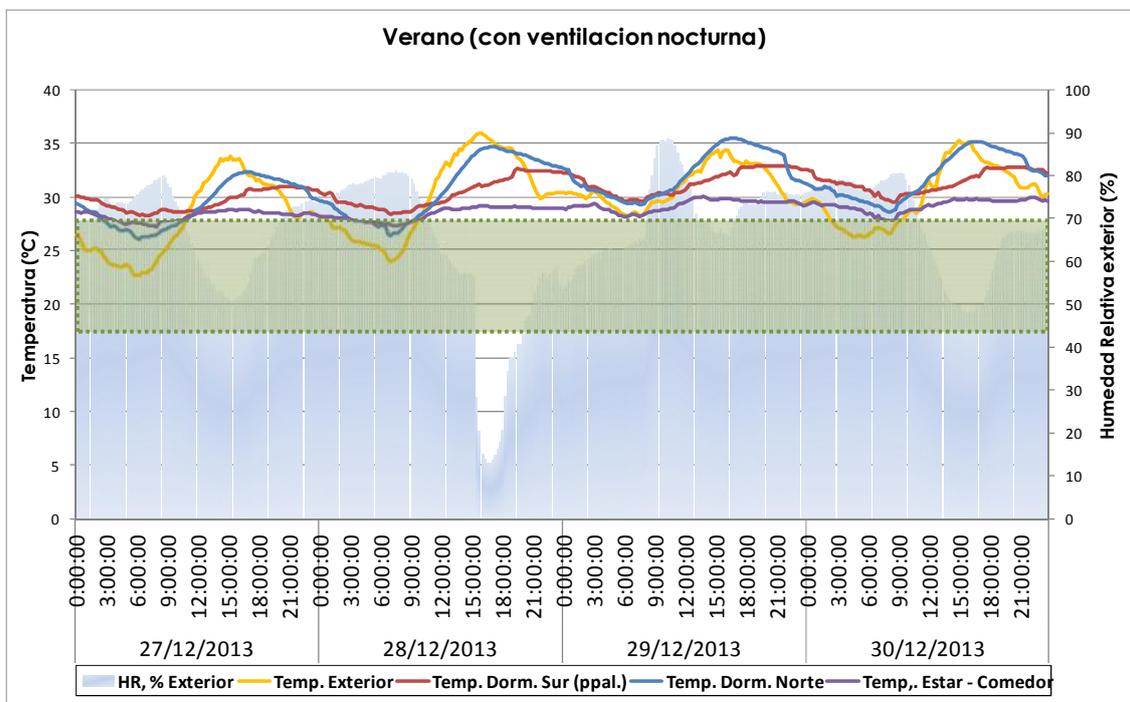


Fig.54: Mediciones de Verano (con ventilación nocturna). Temperatura y humedad. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla (figura 58) se presentan los valores de las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en la medición, y las diferencias de temperaturas entre los locales para este caso.

	TEMP. REFERENCIA	TEMPERATURAS MEDICIONES (°C)			
	Exterior	Exterior	Estar-com.	Dorm. Sur	Dorm. Norte
MINIMA	12.60	22.65	27.20	28.30	25.85
MAXIMA	34.70	35.95	30.00	32.95	35.50

	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (°C)					
	E.C.-Ext.	D.S.-Ext.	D.N.-Ext.	E.C.-D.S.	E.C.-D.N.	D.S.-D.N.
MINIMA	4.55	5.65	3.20	-1.10	1.35	2.45
MAXIMA	-5.95	-3.00	-0.45	-2.95	-5.50	-2.55

Tablas 7a y b: Tablas de valores correspondientes a las mediciones de verano (con ventilación nocturna). Temperatura y humedad. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos se observa:

- La temperatura exterior (en línea amarilla) varía entre una mínima de 22.65°C y una máxima de 35.95°C. Siendo las temperaturas de referencia (según el Servicio Meteorológico Nacional) para el mes de Diciembre de mínima = 12.6°C y máxima = 34.7°C, se observa que la mínima tomada en el periodo de medición es elevada en relación a la de referencia.
- La amplitud térmica promedio para este periodo es de 13.3°C, siendo mayor los dos primeros días y mucho menor los dos últimos, llegando a 8°C de amplitud térmica el día 29/12.
- Durante los 4 días los dos dormitorios de la planta alta mantuvieron temperaturas por encima del rango de confort. El estar – comedor de planta baja, en cambio, presento temperaturas cercanas y dentro del rango de confort la mayor parte del tiempo. Esto se debe a su menor exposición a la condición exterior.
- El uso de la estrategia de ventilación nocturna aplicado en este periodo dio como resultado principalmente la disminución térmica de los ambientes interiores con respecto al periodo sin la aplicación de esta estrategia (ver fig. 55), siendo esto importante para conseguir el confort del usuario.
- A pesar de la incorporación de ventilación nocturna, se observa que las temperaturas interiores se elevan por sobre la temperatura de confort en algunos ambientes principalmente en el dormitorio Norte durante las horas diurnas alrededor de 4°C. Esto se debe a la falta de una adecuada protección solar de las ventanas y de aislación térmica en paredes y techos que permiten el ingreso de calor a la vivienda. La poca amplitud térmica observada en los últimos días del período en el exterior dificulta el aprovechamiento de la ventilación.

En el siguiente grafico (figura 55) se observan las temperaturas exteriores, interiores y la HR (humedad relativa) exterior del periodo de medición de cuatro días sin estrategia de ventilación nocturna, en el mes de Enero durante los días 04/01/2014 al 07/01/2014. Con una franja verde delimitada en línea de punto se representa la zona de confort, entre los 18°C y los 27°C.

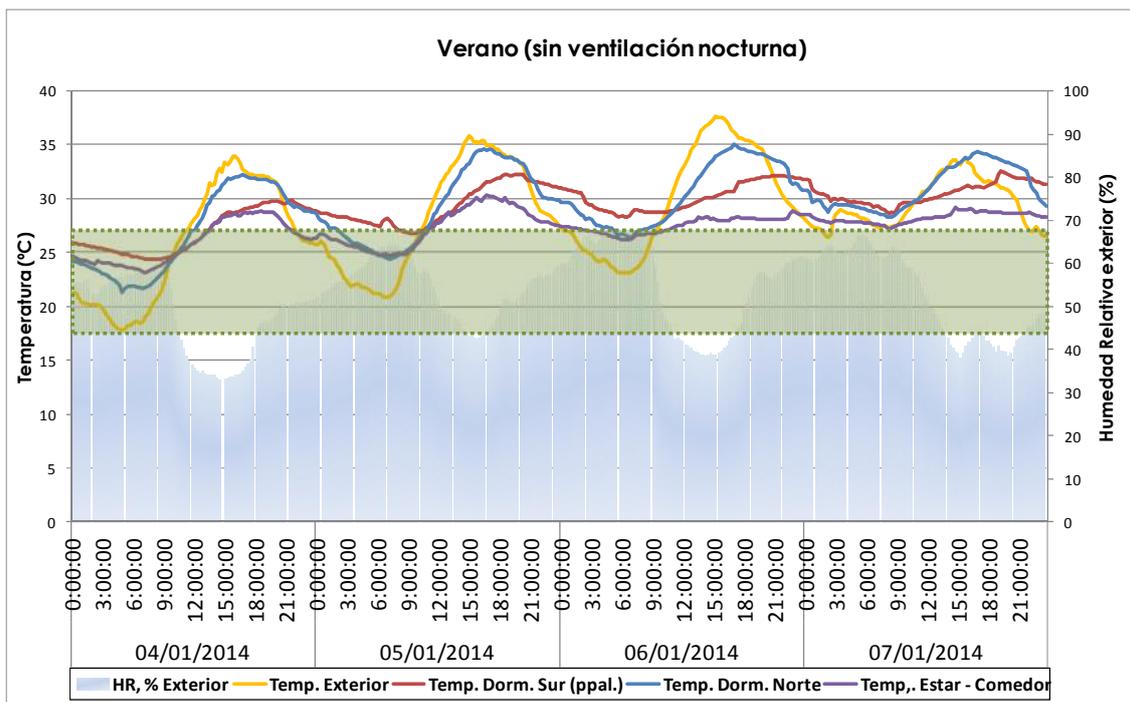


Fig.55: Mediciones de Verano (sin ventilación nocturna). Temperatura y humedad. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla (8) se presentan los valores de las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en la medición, tanto del exterior como de los locales interiores, contemplando el valor de referencia de temperatura para el mes de Enero. También se obtienen a partir de estos datos, las diferencias entre los locales y de estos con el exterior.

	TEMP. REFERENCIA	TEMPERATURAS MEDICIONES (°C)			
	Exterior	Exterior	Estar-com.	Dorm. Sur	Dorm. Norte
MINIMA	14.00	17.75	23.15	24.35	22.00
MAXIMA	38.40	37.70	30.20	32.60	35.00

	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (°C)					
	E.C.-Ext.	D.S.-Ext.	D.N.-Ext.	E.C.-D.S.	E.C.-D.N.	D.S.-D.N.
MINIMA	5.4	6.6	4.25	-1.2	1.15	2.35
MAXIMA	-7.5	-5.1	-2.7	-2.4	-4.8	-2.4

Tablas 8a y b: Tablas de valores correspondientes a las mediciones de verano. Temperatura y humedad. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos se puede observar que:

- La temperatura exterior (en línea amarilla en el gráfico) varía entre 17.75 °C y 37.70°C, acorde a las temperaturas de verano del lugar, siendo las temperaturas de referencia (según el Servicio Meteorológico Nacional) para el mes de Enero de mínima = 14°C y máxima = 38.40°C.
- La amplitud térmica en los tres primeros días es de 15°C, menos en el día 07/01 donde la temperatura exterior se mantuvo entre los 26°C y los 34°C, con una amplitud térmica de 8°C.
- Durante los 4 días todos los ambientes interiores mantuvieron temperaturas por encima del rango de confort, con excepción de algunas horas nocturnas.
- Estos días los usuarios mantuvieron las ventanas abiertas de manera permanente, lo que se refleja en el gráfico, ya que puede observarse como la temperatura interior se ve afectada inmediatamente por la temperatura en el exterior, siendo incluso mayor a esta durante las horas de la noche, debido a que en el interior se conserva el calor acumulado durante el día. Se observa incluso que las temperaturas de varios ambientes el día 07/01 fueron superiores a la temperatura exterior hasta en 4°C, pasadas las horas del mediodía y hasta la noche.
- Se observa una diferencia de temperatura de 4.8°C en la máxima, entre el estar – comedor de la planta baja y el dormitorio orientado al Norte del primer piso. Esto se debe principalmente a dos motivos, por un lado el dormitorio Norte se encuentra expuesto a la radiación solar directa en muro, techo y ventanas, que al no estar aisladas correctamente y no poseer protecciones apropiadas, transmiten el calor al interior, situación que no se presenta en el estar – comedor de planta baja, que al estar orientado al Sur y tener arriba la losa de entrepiso, no está expuesto a la radiación solar directa. Por otro lado al no estar independizada la planta baja del primer piso, por estratificación la temperatura de las plantas superiores es mayor a la de la planta baja, es en parte por esto que el dormitorio orientado al sur presenta 2.8°C mas que el estar – comedor.

- **Mediciones de otoño:**

En el siguiente gráfico (figura 56) se observan las temperaturas exteriores, interiores y la HR (humedad relativa) exterior del periodo de

medición de cuatro días en el mes de Junio durante los días 02/06/2014 al 05/06/2014. Con una franja verde delimitada en línea de punto se representa la zona de confort, entre los 18°C y los 27°C.

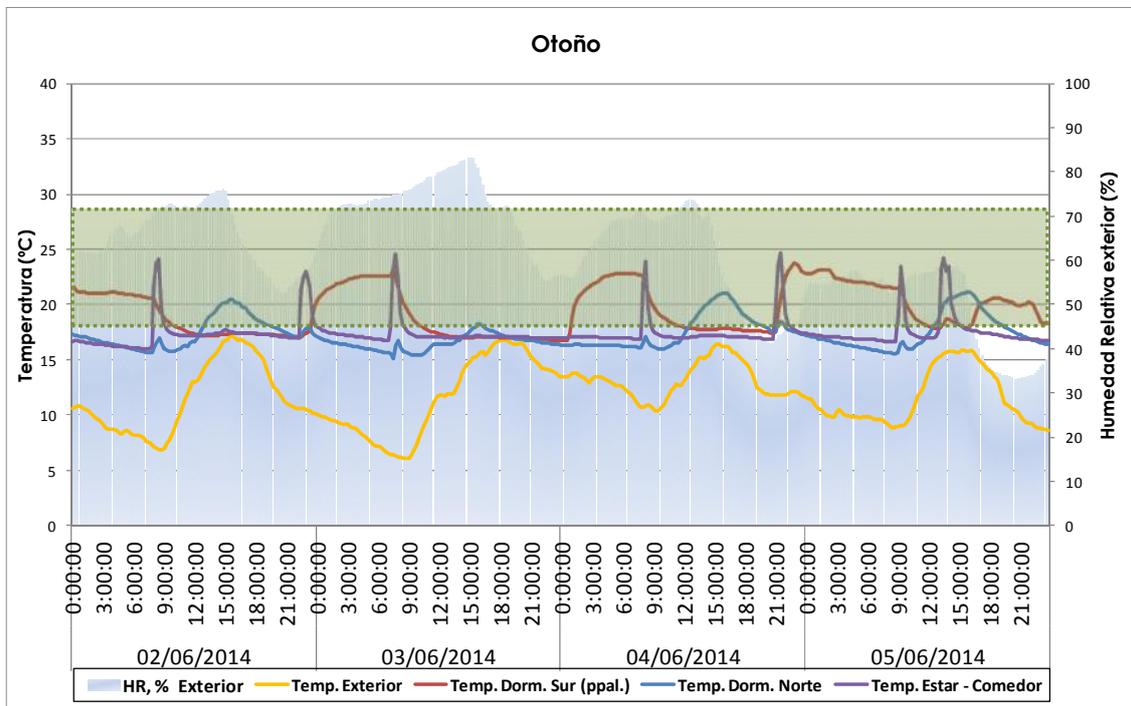


Fig.56: Mediciones de Otoño. Temperatura y humedad. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla (9) se presentan los valores de las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en la medición, y las diferencias de temperaturas entre los locales para este caso. Debe tenerse en cuenta que estos valores se encuentran afectados por el uso de calefacción.

	TEMP. REFERENCIA	TEMPERATURAS MEDICIONES (°C)			
	Exterior	Exterior	Estar-com.	Dorm. Sur	Dorm. Norte
MINIMA	-4.20	6.00	16.20	17.00	15.15
MAXIMA	17.60	16.50	24.50	23.80	21.00

	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (°C)					
	E.C.-Ext.	D.S.-Ext.	D.N.-Ext.	E.C.-D.S.	E.C.-D.N.	D.S.-D.N.
MINIMA	10.20	11.00	9.15	-0.80	1.05	1.85
MAXIMA	8.00	7.30	4.50	0.70	3.50	2.80

Tablas 9a y b: Tablas de valores correspondientes a las mediciones de otoño. Temperatura. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se observa que:

- La temperatura exterior varía entre 6°C Y 16.5°C, con una amplitud térmica promedio de 10°C.

- Las temperaturas interiores se encuentran apenas por debajo de la temperatura mínima de confort (alrededor de 1°C de diferencia), consiguiendo temperaturas por encima de este rango con el uso de calefacción en los horarios donde se encuentran los usuarios en la vivienda.

- En la temperatura del estar – comedor de la planta baja (representado en color violeta en el grafico de la figura 56) se evidencia el uso de calefacción principalmente en las primeras horas del día y ultimas horas de la noche en que la temperatura exterior desciende significativamente. Debido a que el periodo considerado comprende días de semana, los picos más altos de uso de calefacción se detectan en los horarios en que los usuarios se encuentran en la vivienda, durante la mañana temprano (entre las 7hs y las 8:30hs), al medio día (alrededor de las 14hs) y por la noche algunas horas (entre las 21hs y las 24hs), ya que acostumbran a apagar la calefacción de este ambiente antes de subir a los dormitorios. Fuera de estos horarios, cuando la vivienda no está habitada, se observa que el estar - comedor conserva una temperatura prácticamente constante de 17°C. Es de esperar que el consumo energético se incremente los fines de semana, cuando los usuarios permanecen más horas en la vivienda.

- La temperatura del dormitorio orientado al Sur (representado en color rojo en el grafico de la figura 56) presenta características similares a las del estar-comedor, siendo necesario el uso de calefacción durante las horas de la noche, por ser esta la habitación principal donde descansa el matrimonio.

- La temperatura del dormitorio con orientación al Norte (representado en color azul en el grafico de la figura 56) se manifiesta muy diferente a las demás habitaciones. Esto se debe principalmente a dos motivos, en primer lugar este dormitorio se utiliza en pocas ocasiones por los usuarios, por lo que no cuenta con un sistema de calefacción auxiliar. Por otro lado, al estar orientado al Norte, recibe el ingreso de la radiación solar por las ventanas y la influencia del sol también en toda la superficie de uno de sus muros, que al no contar con protección solar, influye en la temperatura interior durante las horas diurnas. Por este motivo, es el único ambiente de la vivienda que consigue una temperatura máxima

interior de 21°C (dentro del rango de confort) sin el uso de calefacción. Es importante considerar que la temperatura conseguida por calentamiento natural del sol no se logra conservar dentro del rango de confort, en parte debido a la falta de aislaciones en techos y muros, y de adecuada protección nocturna para las ventanas, descendiendo a una mínima de 15.15°C, lo que evidencia una alta pérdida térmica.

- **Mediciones de invierno:**

En el siguiente grafico (figura 57) se observan las temperaturas exteriores, interiores y la HR (humedad relativa) exterior del periodo de medición de cuatro días en el mes de Julio durante los días 05/07/2014 al 08/07/2014. Con una franja verde delimitada en línea de punto se representa la zona de confort, entre los 18°C y los 27°C.

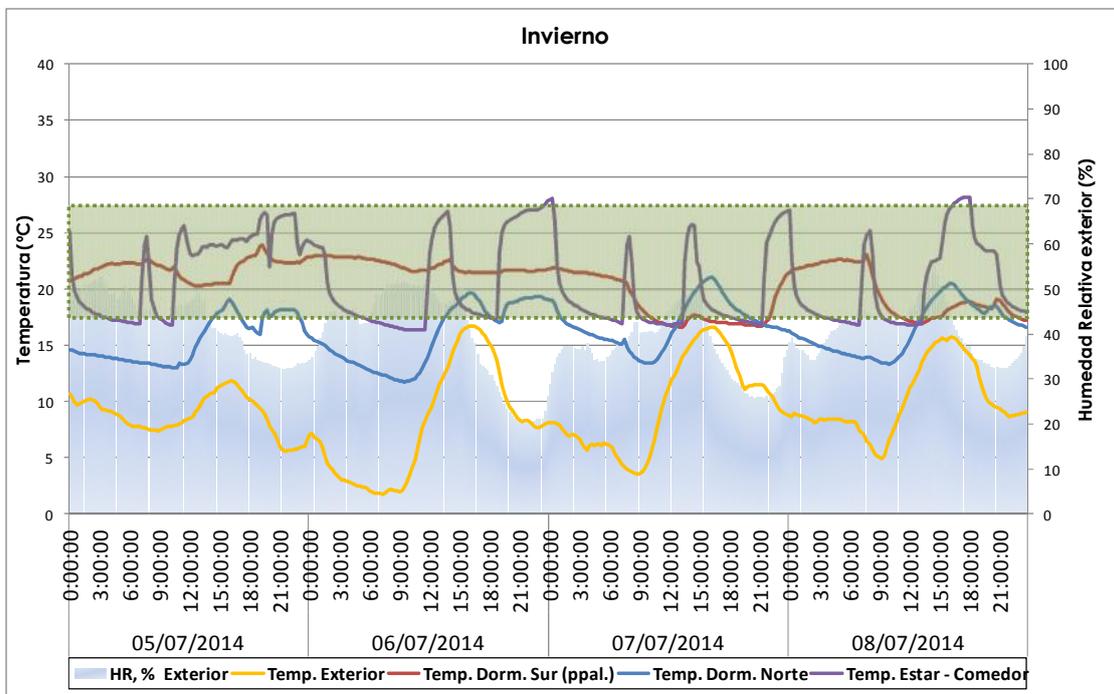


Fig.57: Mediciones de Invierno. Temperatura y humedad. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla (figura 62) se presentan los valores de las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en la medición, y las diferencias de temperaturas entre los locales para este periodo de medición. Debe tenerse en cuenta que estos valores se encuentran afectados por el uso de calefacción.

	TEMP. REFERENCIA	TEMPERATURAS MEDICIONES (°C)			
	Exterior	Exterior	Estar-com.	Dorm. Sur	Dorm. Norte
MINIMA	-4.00	1.75	16.40	16.90	11.75
MAXIMA	18.90	16.70	27.80	23.80	21.00

	DIFERENCIAS DE TEMPERATURA (°C)					
	E.C.-Ext.	D.S.-Ext.	D.N.-Ext.	E.C.-D.S.	E.C.-D.N.	D.S.-D.N.
MINIMA	14.65	15.15	10.00	-0.50	4.65	5.15
MAXIMA	11.10	7.10	4.30	4.00	6.80	2.80

Tablas 10a y b: Tablas de valores correspondientes a las mediciones de invierno. Temperatura.
 Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos se puede observar lo siguiente:

- Si bien el periodo completo de medición se extendió durante más de 30 días en la estación de invierno, no se percibieron temperaturas bajo 0 muy comunes de esta estación para Mendoza. Se considero el periodo de tiempo en que se presento la temperatura más baja, de 1.75°C el día 06/07/2014, desestimando los días restantes. Esta temperatura mínima si bien esta dentro de la media para el mes de Julio siendo 2,4°C, se aleja de la mínima absoluta para el mismo mes de -4°C. Uno de los factores que influye en la medición realizada es el efecto de isla de calor de la ciudad.

- La temperatura exterior varía entre 1.75°C y 16.70°C, con una amplitud térmica promedio de 15°C. Se observa una mayor necesidad de uso de calefacción que en la estación de otoño. Con un mayor uso de la misma los días 05/07 y 06/07 dado que los mismos corresponden a Sábado y Domingo que son los días de mayor ocupación de la vivienda y a su vez fueron días de muy baja amplitud térmica.

- La temperatura interior del estar – comedor se mantiene dentro del rango de confort con el uso de calefacción, pero se observa que los cambios de temperatura son demasiado bruscos en cortos periodos de tiempo, por ejemplo diferencias de 10°C en el transcurso de 2 horas, esto lleva a la falta de confort por los usuarios incluso utilizando energía auxiliar no renovable.

- La temperatura del dormitorio orientado al Sur también se mantiene dentro de los niveles de confort con el uso de calefacción, pero en este caso se observa una temperatura constante durante su ocupación en

el fin de semana y principalmente durante la noche, alrededor de los 23.80°C de máxima, no siendo necesaria mayor temperatura por el uso de ropa de cama de abrigo.

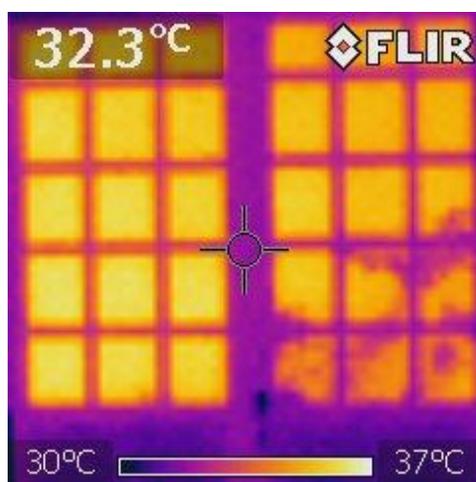
- En el dormitorio orientado al Norte, al igual que en otoño, se puede observar una situación muy diferente. Al carecer de calefacción auxiliar, los cambios de temperatura que se presentan son por influencia de la radiación solar directa y, en menor medida, de la estratificación que se produce por el efecto de la calefacción de la planta baja. En el grafico de la figura 61, se puede observar la influencia de la temperatura exterior en la temperatura interior de este dormitorio, consiguiendo una temperatura máxima de 21°C y mínima de 11.75°C, lo que manifiesta que la necesidad de calefacción de este espacio es muy poca.

4.2.B. Inspección termográfica:

Se realizó una inspección mediante cámara termográfica marca FLIR modelo i3, la misma permite leer intensidades de radiación infrarroja mediante las cuales es posible localizar las principales ineficiencias que presentan los elementos constructivos de la vivienda.

Las capturas termográficas se tomaron el día 20/12/2013 (verano), entre las 18hs y las 18.30hs. En ese momento la temperatura en el exterior de la vivienda era de 32°C y la HR del 31%.

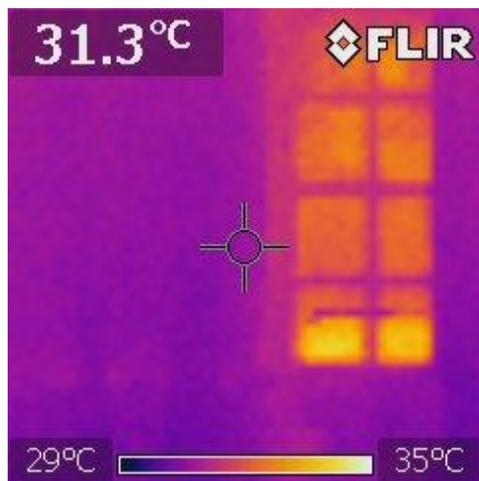
Los resultados obtenidos se presentan a continuación, se muestran a la derecha la imagen fotográfica que corresponde a la termográfica para facilitar la comprensión del elemento de análisis.



[A1]



[A2]

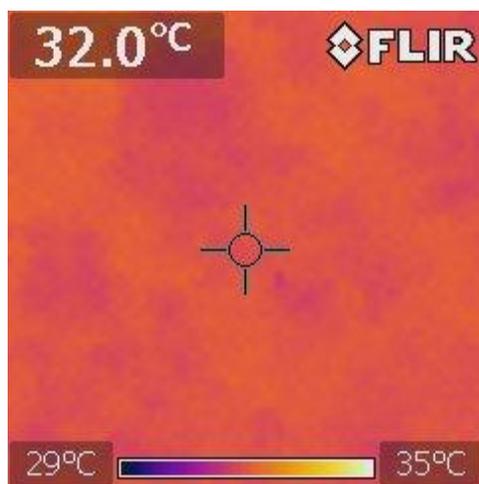


[A3]



[A4]

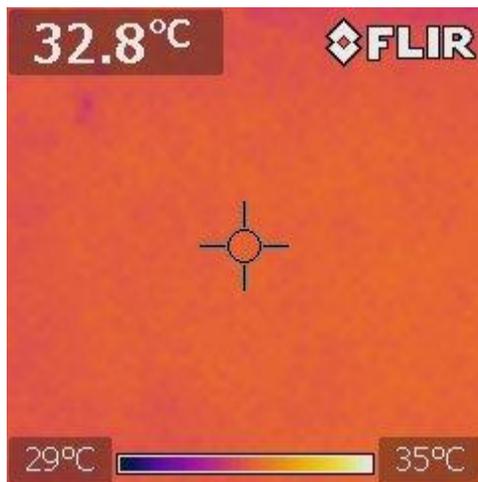
En las imágenes A1 y A2 se observan la alta conductividad térmica del vidrio simple de la puerta ventana del estar – comedor de planta baja y del marco metálico de chapa de la misma puerta, que en el momento de la imagen la temperatura de radiación del mismo era de 32.3°C, la misma temperatura que el exterior. En las imágenes A3 y A4 se observa la protección, aunque baja, que provee la cortina interior en la misma puerta ventana.



[A5]



[A6]

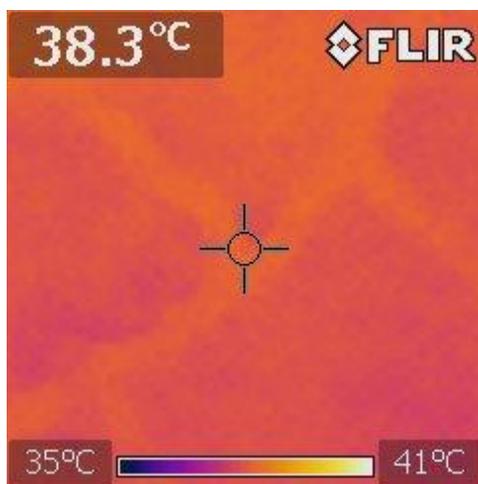


[A7]



[A8]

En las imágenes A5 y A6 en comparación con la A7 y A8, se puede observar la diferencia en la radiación térmica del muro de la cochera debido a la captación térmica que es menor en el sector donde hay enredadera y mayor donde no hay.

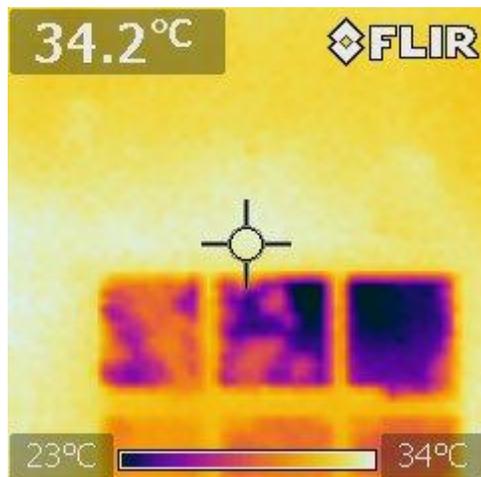


[A9]



[A10]

En las imágenes A9 y A10 se puede observar la alta inercia térmica del piso del acceso a la vivienda.



[A11]



[A12]

En las imágenes A11 y A12 se observa la alta temperatura que irradia el muro en el interior del dormitorio orientado al Norte. Este dato refleja la gran inercia térmica de este muro y evidencia la falta de aislación térmica del mismo, lo que sumado al mismo problema que se detecta en el marco metálico de la ventana, demuestra la problemática de pérdida térmica de esta habitación.

4.2.C. Análisis del consumo energético:

Se obtuvieron los registros de consumo de electricidad y gas de los proveedores de estos servicios. Los datos registrados corresponden a los bimestres comprendidos entre Noviembre – Diciembre del 2013 y Agosto – Septiembre del 2014.

Los datos del consumo de electricidad se muestran en el gráfico a continuación (figura 58). El consumo promedio del periodo registrado es de 207 kWh, siendo de 256 kWh el pico más alto de consumo en el bimestre 01 correspondiente a los meses de Enero-Febrero del 2014, lo que supone un mayor tiempo de ocupación de la vivienda por el periodo de vacaciones (en el que los usuarios permanecieron en la ciudad) y también el uso de ventiladores para intentar amenizar las altas temperaturas de verano.

En base a los datos obtenidos se estima un consumo anual por m² de menos de 20 kWh/m².

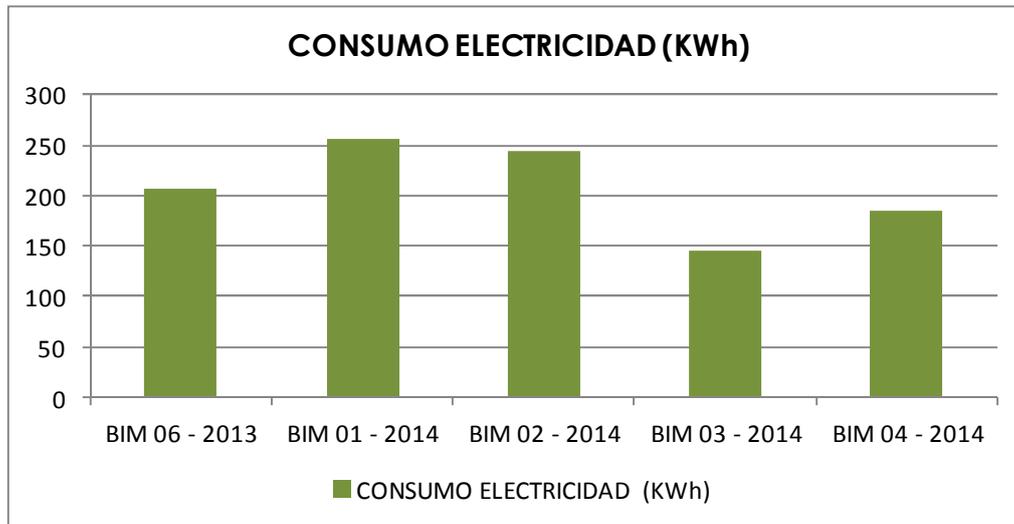


Fig.58: Grafico de consumo de electricidad. Fuente: Elaboración propia a partir de consumos registrados por EDEMSA.

Los datos correspondientes al registro de consumo de gas se pueden observar en el grafico a continuación (figura 64), en el mismo se observa con claridad el considerable aumento que se produce en el consumo durante los bimestres 05 y 07 correspondientes al periodo comprendido entre Mayo y Agosto del 2014. Estos datos se corresponden con los de las mediciones de temperatura detallados en este mismo capítulo, donde se manifiesta el uso casi permanente de calefacción en los meses de otoño y principalmente de invierno, siendo esta la fuente de energía que abastece la misma.

El pico de consumo registrado alcanza los 4.251 kWh en el bimestre 07, llegando casi a quintuplicar la máxima del periodo de primavera – verano, estimando un consumo anual de 40kWh/m².

El consumo energético global (electricidad y gas) de la vivienda es de 60 kWh/m². Si bien el consumo obtenido es relativamente bajo, los usuarios no se encuentran en confort, por lo tanto si lo estuviesen, el consumo seria mayor.

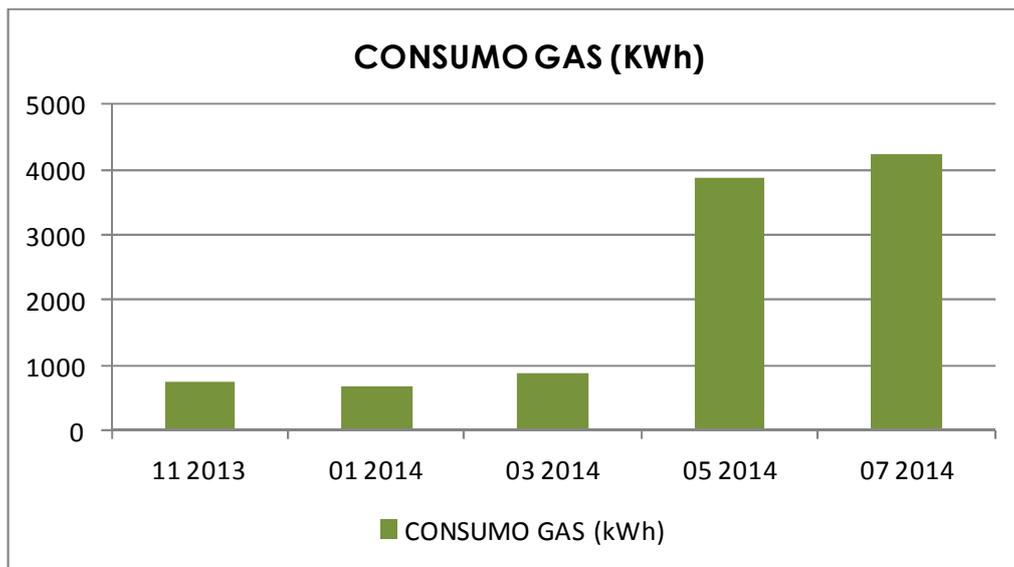


Fig.59: Grafico de consumo de gas. Fuente: Elaboración propia a partir de consumos registrados por ECOGAS.

4.3. Aplicación del modelo de protocolo desarrollado.

Contemplando los datos obtenidos en el análisis de la vivienda en estudio, expuesto en los puntos anteriores de este mismo capítulo, se procede a la aplicación del **Protocolo de Diagnóstico Térmico – Energético para la Rehabilitación Bioclimática de Viviendas** desarrollado y detallado en el capítulo 3, punto 3.2, de la presente tesis. Este caso de aplicación se realiza con motivo de demostrar su factibilidad y ejemplificar su utilización.

La siguiente descripción se realiza siguiendo las etapas correspondientes a la estructura de dicho protocolo (capítulo 3: “Organización del protocolo”).

Etapa 1: Entrevista con los usuarios.

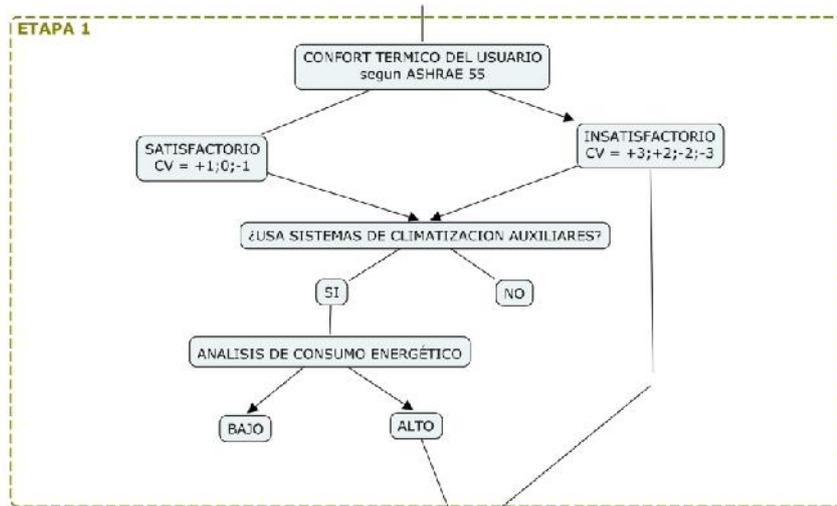


Fig.60: Sub – área "Etapa 1" del mapa conceptual del protocolo desarrollado.

Los conceptos fundamentales que involucra la etapa 1, se resumen en la sub-área del mapa conceptual (fig. 60) del protocolo expuesto en el capítulo 3.

Contemplando estas pautas se procedió a la entrevista informal con los usuarios para la toma de datos acerca de las costumbres, horarios y percepciones de confort de los mismos. Esto se hizo al inicio del diagnóstico y durante las distintas etapas de toma de datos de las mediciones in situ.

Los resultados del estudio de percepción de confort de los usuarios se observan en la siguiente tabla (11):

	VOTO DE CONFORT	ESTACIONES			
		PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
insatisfactorio	-3 (mucho frío)				-3
	-2 (frío)				
satisfactorio	-1 (algo de frío)			-1	
	0 (neutro)				
	+1 (algo de calor)	+1.5			
insatisfactorio	+2 (calor)				
	+3 (mucho calor)		+2.5		

Tabla 11: Tabla de resultados de la percepción de confort de los usuarios.

De los resultados expresados en la tabla anterior (11) se puede observar que los usuarios expresan mayor satisfacción en las estaciones intermedias, siendo la estación más desfavorable la de invierno, expresándose en el grado más alto de insatisfacción para este periodo con un valor de -3 (mucho frío).

Luego se efectúa la pregunta **¿Usa sistemas de climatización auxiliares?** Siendo la respuesta afirmativa. La vivienda cuenta solo con sistema de calefacción a gas (2 estufas) y no posee refrigeración auxiliar, como se comento en puntos anteriores.

Conocidos estos datos se procede al **análisis del consumo energético**, cuyos resultados se detallaron en el punto 4.2.C de este capítulo. El dato más relevante es el alto consumo de gas en invierno de 393m³, quintuplicando el consumo promedio del resto del año.

Reflexiones de la Etapa 1:

Ante los resultados obtenidos se puede concluir que el periodo menos confortable dentro de la vivienda es en invierno coincidiendo con el periodo de mayor consumo energético. Es también importante considerar la falta de confort en verano, lo que manifiesta que el comportamiento de la vivienda ante temperaturas extremas en el exterior de la misma no es favorable.

Se detecta en esta 1er etapa de diagnostico que la vivienda presenta dos problemáticas a tratar: falta de confort para los usuarios e ineficiencia energética.

A partir de la problemática planteada, se procede con la siguiente etapa, por ser imprescindible el análisis físico de la vivienda para detectar las causas.

Etapa 2: Análisis físico de la vivienda: Relevamiento.

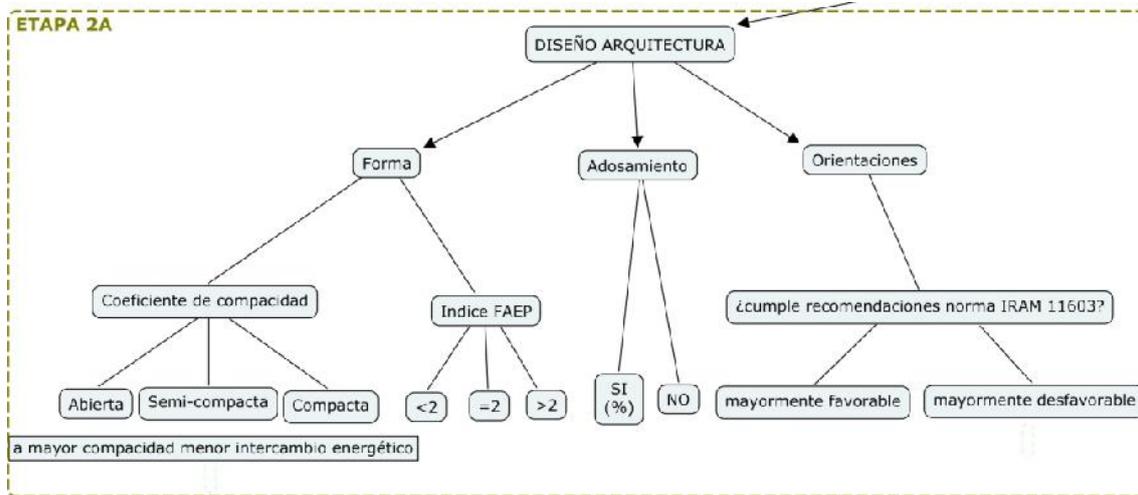


Fig.61: Sub – área “Etapa 2A” del mapa conceptual del protocolo desarrollado.

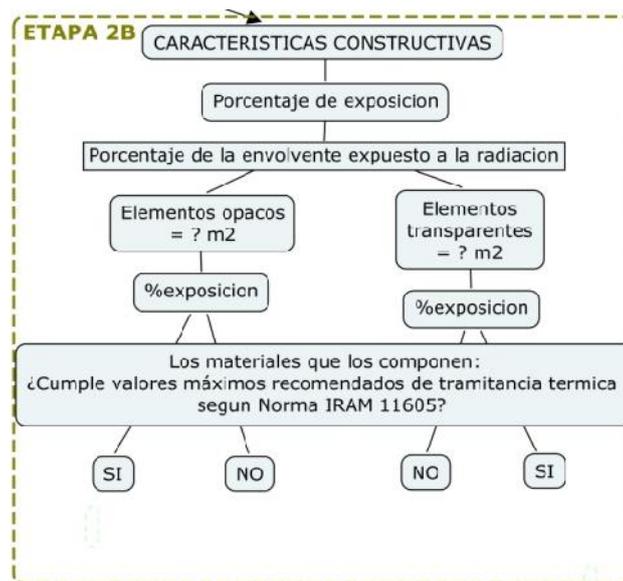


Fig.62: Sub – área “Etapa 2B” del mapa conceptual del protocolo desarrollado.

La etapa 2 del protocolo de diagnóstico (subdividida en 2A y 2B) involucra el análisis físico de la vivienda, como se detalla en el capítulo 3. Habiendo realizado la descripción de la vivienda en el inicio de este capítulo, se tomarán en este punto los datos más relevantes a las exigencias del protocolo.

2A: Diseño de la Arquitectura.

Del relevamiento realizado en la vivienda se obtienen los siguientes resultados:

- **Forma:** La vivienda tiene una superficie de 112,20m², su perímetro es de 31,88m, el volumen de la misma es de 251,46m³ y tiene una superficie de envolvente igual a 297,7m²
 A partir de estos datos se calcula:

- Coeficiente de compacidad = $\frac{SEQ}{SG} = 4,836 \frac{VT^{2/3}}{SG} = \mathbf{0,65}$

- FAEP (Factor de Área Envolvente/Piso)=

$$\frac{\text{SUPERFICIE DE TECHOS} + \text{SUPERFICIE DE MUROS} + \text{SUPERFICIE DE VENTANAS} + \text{SUPERFICIE DE PUERTAS}}{\text{SUPERFICIE CUBIERTA}} = \mathbf{2,25}$$

- **Adosamiento:**

La vivienda posee construcción adosada a lo largo de todo su lado este y prácticamente el total de su lado oeste, con una superficie de envolvente adosa igual a 150,58m², correspondiente al 50,6 %

- **Orientaciones:**

La vivienda se encuentra orientada Norte – Sur, con la fachada principal orientada al Norte y un pequeño patio que abre la fachada posterior al Sur (fig.63).

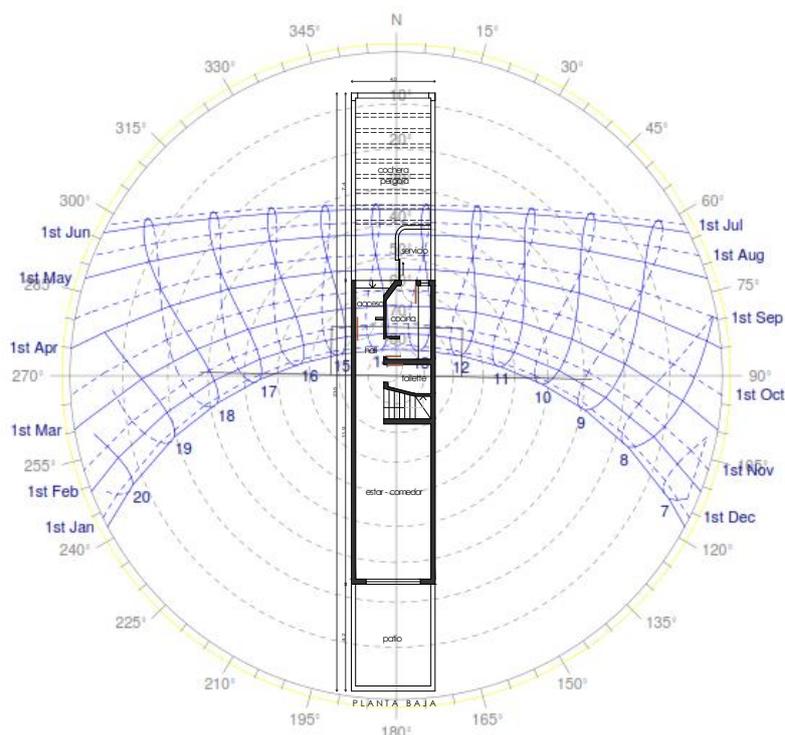


Fig.63: Orientación de la vivienda y recorrido solar. Fuente: Elaboración propia.

2B: Características constructivas.

- **Porcentaje de exposición de la envolvente:**

El porcentaje de envolvente en contacto con el exterior es de 34,5 %, de este un 76,8 % se encuentra expuesto a la incidencia del sol por su orientación Norte, con un 85 % de elementos opacos y un 15 % de elementos transparentes en su mayoría sin protección solar. El porcentaje no expuesto a la incidencia del sol, por su orientación Sur es de 23,2 %, con un 63 % de elementos opacos y un 37 % de elementos transparentes.

Los elementos opacos que componen la vivienda son, muros de ladrillón revocado en ambas caras de 20cm de espesor (transmitancia de 2,41 W/m²) y techos de madera de pino con aislación térmica de 5cm de polietileno expandido y teja cerámica tipo española (0,93 W/m²).

Teniendo en cuenta los requerimientos establecidos por las Normas IRAM 11605, se puede decir que los muros no cumplen con el Kmax adm para verano ni para invierno en ninguno de los niveles aceptables. Los techos, por otro lado, cumplen únicamente para las condiciones de invierno, con un nivel mínimo (C), no cumpliendo con los valores de Kmax adm para las condiciones de verano.

Los elementos transparentes están compuestos de vidrio simple claro de 3mm de espesor y marcos metálicos de chapa plegada n°16 sin rotura de puente térmico, con un valor de transmitancia de 5,7 W/ m², siendo uno de los tipos de carpinterías con mayor coeficiente de pérdida térmica del mercado. Se detecta la existencia de infiltraciones de aire en todos los marcos de puertas y ventanas, principalmente en los contramarcos de las hojas de abrir, y por debajo de las puertas - ventanas. También se evidencia la existencia de huecos en los muros (por la existencia de aires acondicionados en el pasado) sellados de manera incorrecta, posibilitando infiltraciones de aire.

Reflexiones de la Etapa 2:

A partir de los resultados obtenidos se puede observar que la forma de la vivienda es del tipo semi – compacta, lo que permite la incorporación de sistemas de captación solar, pero dejando a su vez muchos espacios interiores aislados de la relación con el exterior. El valor de FAEP

resultante indica que la vivienda se aleja solo un poco del valor óptimo de eficiencia energética, lo que demuestra que con una adecuada rehabilitación, se puede conseguir una mejora significativa de la eficiencia energética de la vivienda y por lo tanto también del confort de sus ambientes.

La orientación de la vivienda es favorable, lo que evidencia oportunidades de aplicación de estrategias bioclimáticas adecuadas para la zona, ya que cuenta con un alto porcentaje de envolvente expuesta a la incidencia del sol, aunque con un bajo porcentaje de aberturas. La existencia, por otro lado, de un alto porcentaje de elementos transparentes en la envolvente se cara al Sur, y conociendo las características constructivas de estos, da indicios de pérdidas de temperatura interior en el periodo de invierno.

Se detecta en esta 2da etapa de diagnostico que la vivienda presenta mayormente falencias del tipo constructivas, lo que ofrece grandes oportunidades de mejora para el incremento de su eficiencia energética: aislación de envolvente opaca y transparente, incorporación de protecciones solares, uso de sistemas de ganancia directa para calefacción, etc.

Etapa 3: Análisis físico de la vivienda: Recolección de datos higrotérmicos *in situ*.

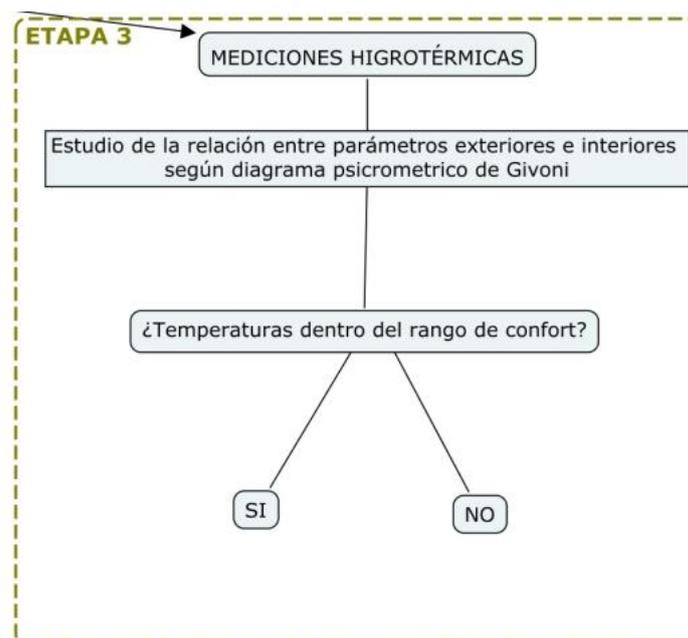


Fig.64: Sub - área "Etapa 3" del mapa conceptual del protocolo desarrollado.

La etapa 3 del *Protocolo de Diagnostico*, propone el análisis mediante mediciones *in situ* de las características higo- térmicas del interior de la vivienda y su relación con las condiciones exteriores. Los resultados de dichas mediciones ya fueron expuestos en el punto 4.2 de este capítulo, por lo que no se desarrollaran nuevamente en este punto los resultados obtenidos.

Reflexiones de la Etapa 3:

Como reflexión de la 3er etapa de diagnostico, y conociendo los resultados obtenidos de las mediciones se puede asegurar que las temperaturas interiores en la mayor parte de los ambientes de la vivienda se encuentran fuera del rango de confort la mayor parte del año, principalmente en las estaciones de invierno y verano. Presentando la estación intermedia dificultades de confort debido a las grandes variaciones diarias.

Etapa 4: Diagnostico.

En las tablas que se observan a continuación (12, 13 y 14), se vuelcan los resultados de análisis realizado a la vivienda de estudio:

DIAGNOSTICO PARA ETAPA 2.A				
DISEÑO ARQUITECTURA	Características	Indicador	Valores de parametro	Resultados obtenidos
	AREA DE PISO (m ² cubiertos)	-	-	112.2
	PERIMETRO (ml)	-	-	31.88
	ALTURA EXTERIOR	-	-	8.30
	ALTURA INTERIOR PLANTA BAJA (m)	-	-	2.45
	ALTURA INTERIOR PRIMER PISO (m)	-	-	3.90
	VOLUMEN (m ³)	-	-	251.46
	AREA DE LA ENVOLVENTE(m ²)	-	-	297.7
	FORMA	eficiente de compacidad	Abierta	
			Semi compacta	0.65
			Compacta	
			FAEP	< 2
		2		
		> 2		
ADOSAMIENTO (m ²)	-	-	150.58	
ORIENTACION	IRAM 11603		N - S	

Tabla 12: Resultados del diagnostico de la etapa 2.A

DIAGNOSTICO PARA ETAPA 2.B				
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	Características	Total	Elementos opacos	Elementos transparentes
	PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN DE LA ENVOLVENTE	34.5%	80%	20%
	MATERIALES	-	Muro de ladrillo macizo + revoque en ambas caras Techos madera+aisl.+tejas	Vidrio simple 3mm + marcos metalico de chapa plegada sin RPT.
	K	-	Muro = 2.41	5.7
	W/m ² k	-	Techo = 0.93	
	¿Tiene proteccion solar?	-	NO	NO

Tabla 13: Resultados del diagnostico de la etapa 2.B

DIAGNOSTICO PARA ETAPA 3					
MEDICIONES HIGROTÉRMICAS	Características	Exterior	Interior		
			Estar - comedor	Dormitorio Sur	Dormitorio Norte
	Temperatura max. Invierno	16.7	27.8	16.9	11.75
	Temperatura min. Invierno	1.75	16.4	23.8	21
	Temperatura max. Otoño	16.5	24.5	23.8	21
	Temperatura min. Otoño	6	16.2	17	15.15
	Temperatura max. Verano	35.95	30	32.95	35.5
	Temperatura min. Verano	22.65	27.2	28.3	25.85

Tabla 14: Resultados del diagnostico de la etapa 3

ETAPA 5 : Propuestas de rehabilitación.

En base al análisis realizado en la vivienda y a las reflexiones planteadas anteriormente, se establecen las siguientes propuestas para la rehabilitación de la vivienda:

Área 1 – Respecto de la relación forma - envoltente - entorno:

- **Establecer las posibilidades de rehabilitación según la Compacidad y FAEP obtenidos en el análisis:**

Los valores de compacidad y FAEP resultantes muestran que la vivienda presenta grandes oportunidades de mejora, sin necesidad de hacer cambios en el diseño de la misma.

- **Incorporación y/o tratamiento de zonas intermedias:**

Considerando el hecho de que la vivienda se encuentra completamente adosada en sus lados Este y Oeste, y teniendo en cuenta que ya posee un tratamiento de la zona intermedia hacia el Norte con la pérgola que cubre la cochera, se propone para este caso extender la superficie de la misma hasta el borde de la fachada Norte, impidiendo el acceso de la radiación solar en verano que calienta el piso bajo el acceso a la vivienda. También se propone suplantar la vegetación de la misma (la cual es perenne) por una de hoja caduca, para favorecer el ingreso del sol en invierno. Para no perder la protección del vehículo se aconseja colocar por debajo tela “antigranizo”.

Área 2 – Respecto a las características de la envolvente:

- **Control de pérdidas y ganancias de calor:**

Siendo que los valores de transmitancia térmica no cumple con los establecidos en Normas IRAM 11605 se propone: aislar los elementos opacos en ambas fachadas (Norte y Sur) para impedir ganancias y pérdidas indeseadas de temperatura. Se deben tapar adecuadamente con material aislante los huecos existentes.

En cuanto a los elementos transparentes se propone modificar, de ser posible, el vidrio simple por doble vidriado. De no ser posible, se deberá colocar por el interior cortinas tipo “blackout” para ayudar a frenar la transmitancia, sobretodo será útil para las pérdidas de temperatura en las aberturas de la fachada Sur. Se deberán sellar los burletes para impedir las infiltraciones.

- **Aprovechamiento de la inercia térmica:**

Los elementos opacos deberán aislarse en la cara exterior, para el aprovechamiento de la inercia térmica de los muros en el interior de la vivienda.

- **Incorporación de sistemas de captación solar:**

La vivienda no cuenta con suficiente superficie de fachada ni de espacio intermedio para la incorporación de sistemas adicionales, contando únicamente con la ganancia directa a través de las ventanas y puertas ventanas. La eficiencia en el resto de las estrategias permitirá el máximo provecho de las aberturas existentes como ganancia directa en invierno.

- **Incorporación de sistemas de protección solar:**

Se deberán proteger todas las aberturas de la fachada Norte con sistemas practicables, ya que actualmente la ganancia solar directa de invierno es favorable pero no así la de verano.

Área 3 – Respecto a los espacios interiores:

- **Favorecer la ventilación natural:**

Esta estrategia ya es aprovechada en la vivienda por los usuarios, como se demostró en el inicio de este capítulo.

- **Consumo responsable de los recursos:**

Los electrodomésticos utilizados en la vivienda son clase B (heladera) y la mayoría de las lámparas son bajo consumo, se aconseja reemplazar paulatinamente las que no lo son hasta lograr la máxima eficiencia disponible en el mercado.

4.4. Análisis y discusión de resultados.

El caso de estudio utilizado para la aplicación del protocolo desarrollado en esta tesis, demuestra algunos de los casos más comunes de falencias constructivas y por lo tanto, de falta de eficiencia energética de las viviendas del parque edificado de la ciudad de Mendoza.

El protocolo aplicado facilita la detección de las falencias así como también de las oportunidades para establecer las soluciones

adecuadas para el caso. Se supone una considerable mejora de los niveles de confort de la vivienda luego de la rehabilitación propuesta.

Se propone la comprobación de resultados de las propuestas de mejora planteadas mediante simulación o la realización de las mismas para próximas investigaciones.

Asimismo se evidencia la importancia en la gestión del usuario por lo que es fundamental que las estrategias que se proponen sean coherentes con la forma de vida de los mismos.

5

CONCLUSIÓN

5. CONCLUSIÓN

En la ciudad de Mendoza, las viviendas unifamiliares de baja altura conforman el mayor porcentaje del parque edilicio, siendo a su vez la mayor parte de las construcciones nuevas que se realizan no solo en la ciudad sino también en la periferia. Es de gran importancia, por lo tanto, tomar conciencia del alto consumo energético y la contaminación que las mismas provocan debido principalmente a la utilización de soluciones inadecuadas a la falta de confort de los usuarios.

El sistema constructivo tradicional de la región utilizado para la construcción de las viviendas existentes, presenta dificultades en la adaptación a las características del clima templado continental de la ciudad de Mendoza, principalmente a la gran amplitud térmica, lo que se refleja en la falta de confort de quienes habitan las mismas.

En la búsqueda de una solución a la problemática planteada, se encuentra que los sistemas de evaluación de la sostenibilidad mundialmente conocidos, pueden ser tomados solo como punto de partida, por ser de aplicación únicamente en el país o ciudad de origen, debido a que las condiciones climatológicas varían de región en región.

Siendo necesaria la incorporación de criterios de sustentabilidad y estrategias bioclimáticas para la solución de los problemas de confort y eficiencia energética de las viviendas de la ciudad de Mendoza mediante su rehabilitación, y al ser necesario establecer pautas que orienten a los profesionales en el diagnóstico y solución de las problemáticas ambientales que presentan dichas construcciones a nivel local, se comprueba la hipótesis establecida al inicio de esta tesis, desarrollando un **Protocolo de Diagnostico Térmico – Energético para la Rehabilitación Bioclimática de Viviendas en la Ciudad de Mendoza.**

El protocolo propuesto, cumple con los objetivos formulados para su desarrollo, contemplando el estudio de las características del clima de Mendoza, ayudando a identificar las fortalezas y debilidades frecuentes en las construcciones de viviendas mediante el análisis de sus características constructivas, involucrando en todo el proceso al usuario contemplando los niveles de confort necesarios. Proponiendo, por último, reformas basadas en criterios bioclimáticos conocidos para la rehabilitación ambiental de la vivienda.

Se comprueba la factibilidad del uso del protocolo desarrollado y los resultados favorables que se obtienen, mediante la aplicación en una vivienda como caso de estudio.

El ejemplo estudiado, demuestra la falta de confort que expresan los usuarios de esta tipología edilicia, lo que se comprueba en las mediciones higrotérmicas realizadas *in situ*. Siendo el periodo de invierno el más desfavorable. Intensificando, durante el mismo, el uso de calefacción para conseguir niveles de confort apropiados.

Se proponen estrategias apropiadas al clima de Mendoza, especialmente aquellas que aprovechan la ganancia solar, contemplando el potencial que presenta la ciudad para esto por su elevado índice de radiación solar y alta heliofanía. Por lo mismo, se enfatiza la utilización de sistemas practicables de protección solar, teniendo en cuenta que son estos los que permiten mejores niveles de confort, sobretodo en climas con una marcada amplitud térmica.

5.1. Prospectiva.

Se propone la aplicación del protocolo a otros casos de estudio, dejando abierta la posibilidad de realizarlo en futuras investigaciones, así como también la comprobación de la puesta en práctica de las soluciones propuestas para la vivienda estudiada. Permitiendo, a su vez adaptar el protocolo propuesto para otras tipologías.

6

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. (ASHRAE), (2004). *Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Atlanta: ASHRAE.
- BOCHACA, FABIÁN; PULIAFITO, ENRIQUE. *El efecto de isla seca en ciudades intermedias. El caso de ciudad de Mendoza*. (Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina. IAI, INE, UNEP. Brasil, 2007)
- CERDA, JUAN MANUEL. *Características de la vivienda Mendocina en la primera mitad del siglo XX*. (Poblacion y sociedad n° 14 y 15. 2007, 2008, pp. 37-70.)
- COMISIÓN MUNDIAL SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO. *Nuestro futuro común*. (Informe Brundtland. 1987)
- CORTELLEZZI, MÓNICA; KARAKE, NESRIN ROSA. *Atlas de la energía de Mendoza*. (Mendoza: Ediciones Usillal, 2012.)
- CUCHÍ, ALBERT. *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. (Informe para el Ministerio de vivienda del gobierno de España. 2007)
- DOMINGUEZ, LLUIS ANGEL; SORIA, FRANCISCO JAVIER. *Pautas de diseño para una arquitectura sostenible*. (Barcelona: Ediciones UPC, 2004.)
- EDWARDS, BRIAN. *Guía básica de la sostenibilidad*. (Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2009.)
- ESTEVES, GELARDI. *Docencia en arquitectura sustentable: programa de optimización de proyectos de arquitectura basado en el balance térmico*.
- ESTEVES; MORILLON; GELARDI. *Relación entre las pérdidas térmicas y la forma edilicia y evaluación de costos en climas templado continentales*. (Argentina, ASADES, 2013)
- EVANS, JHON MARTIN; SCHILLER, SILVIA. *Rol de la envolvente en la edificación sustentable*. (Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Revista de la construcción. vol.4 n°1 Agosto 2005.)
- EVANS, JHON MARTIN; SCHILLER, SILVIA. *Nuevas normas de eficiencia energética en edificios. Experiencias y lecciones en Argentina*. (Centro de Investigación Hábitat y Energía. Facultad de Arquitectura, Diseño y urbanismo. Universidad de Buenos Aires.)
- EVANS, JULIÁN. *Sustentabilidad en Arquitectura. Compilación de antecedentes de manuales de buenas prácticas ambientales para las obras de arquitectura, junto a indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética*. (Buenos Aires: Ediciones CPAU, 2010.)
- FUENTES, VICTOR. *Estrategias de diseño bioclimático*.

- GANEM KARLEN, CAROLINA. *Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza.* (Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.)
- GANEM, CAROLINA; ESTEVES, ALFREDO. *La integración fotovoltaica en la rehabilitación ambiental edilicia.*
- GANEM, CAROLINA; ESTEVES, ALFREDO; COCH HELENA. *El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental.*
- IHOBE. *Edificación y Rehabilitación ambientalmente sostenible en Euskadi. y Guía de edificación y rehabilitación sostenible para la vivienda.* (Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. País Vasco. 2014) www.ihobe.net
- IHOBE. *Evaluación de sostenibilidad en la edificación.* (Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. País Vasco. 2014) www.ihobe.net
- LÓPEZ DE ASIAIN ALBERICH, MARÍA. *Estrategias bioclimáticas en la arquitectura.* Diplomado internacional. (Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutierrez. 2003.)
- LÓPEZ DE ASIAIN ALBERICH, MARÍA. *Sistema de indicadores de sostenibilidad en arquitectura y urbanismo para Andalucía.* (Artículo. SAMA. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/>)
- MERCADO, MARÍA VICTORIA; ESTEVES, ALFREDO; FILIPPÍN, CELINA. *Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina.* (Ambiente Construido, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 87-100, abr./jun. 2010.)
- MESA, NESTOR et. al. *La eficiencia energética de la alta densidad edilicia en ciudades de trama ortogonal.* (IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES), Cusco, 1 -5.11.2010. INCIHUSA, CCT Mendoza, CONICET, Argentina.)
- MORETTI, GRACIELA. *Mendoza, la ciudad con dos centros históricos.* (Universidad de Mendoza – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Instituto de Cultura Arquitectónica y Urbana.)
- OLGAYAY, VICTOR. *Arquitectura y clima. Manual de arquitectura bioclimática para arquitectos.* (Ed. Gustavo Gili. Barcelona, España. 1998)
- SERRA, RAFAEL. *Arquitectura y climas.* (Barcelona: Ed. Gustavo Gili. 2004)
- SERRA, RAFAEL; COCH, HELENA. *Arquitectura y energía natural.* Barcelona: Ediciones UPC, 1995.
- SEVILLA, ALFONSO et. al. *Parque Científico Tecnológico de Almería. Guía de procedimientos para la sostenibilidad.* (Almería. 2008.)

6.1. Páginas web.

- www.casabioclimatica.com. Artículo periodístico: *Bioclimateam. Reformas y Rehabilitaciones bioclimáticas.*
- www.bioclimateam.com. *Diagnóstico ambiental y de eficiencia energética para la reforma de vivienda en calle Viladomat.*
- www.fovisee.com Artículo periodístico: *Sustentabilizar hogares – Argentina.*
- www.arqa.com Artículo periodístico: *Ruiz Larrea, Cesar. Algunas reflexiones sobre la arquitectura bioclimática.*