



# CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

---

y ley N°13059

**Jorge Daniel Czajkowski**

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP / CIC  
Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación

La Plata  
2018



# **Construcciones Sustentables y la Ley 13059**

# **1**

Jorge Daniel Czajkowski

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP / CIC

y

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación

La Plata  
2018

Jorge Daniel Czajkowski es arquitecto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Especialista en Ingeniería de Fuentes no Convencionales de Energía. Especialista en Ambiente y Patología Ambiental y Doctor en Ingeniería de la UNLP.

Es Profesor Titular de Instalaciones I y II en la FAU-UNLP. Investigador Independiente del CONICET. Director del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable FAU UNLP. Director de las Carreras de Maestría y Especialización en Arquitectura y Hábitat Sustentable en la FAU UNLP.

Ha publicado más de 200 artículos, capítulos de libros y libros desde 1986 al presente.

Desde 2016 se unió a la gestión de Cambiemos en el Ministerio de Producción primero y en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación luego ambos bajo la dirección del Ministro Ing Jorge Elustondo.

Czajkowski, Jorge Daniel

Construcciones sustentables y la Ley 13059 / Jorge Daniel Czajkowski; contribuciones de Analía Fernanda Gómez y María de la paz Diulio; ilustrado Jorge D. Czajkowski ... [et al.]. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable; La Plata: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. GBA, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-34-1732-4

1. Edificios. 2. Arquitectura Sustentable. I. Analía F. Gómez, colab. II. María de la P. Diulio. Jorge D. Czajkowski, Ferreyra, Marina A., Elias Rosenfeld, Carolina S. Vagge, Ana Ottavianelli, Maria de la P. Diulio, María N. Alonso, ilus. IV. Título.

CDD 720.47

Fecha de catalogación: 14/02/2019

(CC BY-NC-ND) Jorge Daniel Czajkowski, 2019.

Editado por LAYHS – FAU – UNLP / CIC y MCTI. Calle 47 Nro 162 | 1900 | La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA Tel. +54 221 5236587/90 int. 255 | [layhs@fau.unlp.edu.ar](mailto:layhs@fau.unlp.edu.ar)

Diseño de portada: Graciana Molteni.

1ª edición, 2019.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Libro de edición Argentina.

ISBN: 978-950-34-1732-4 (Versión digital y descargable)



Se publica bajo licencia Creative Commons BY: El beneficiario de la licencia tiene el derecho de copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite la obra de la forma especificada por el autor o el licenciante; NC: El beneficiario de la licencia tiene el derecho de copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales; ND: El beneficiario de la licencia solamente tiene el derecho de copiar, distribuir, exhibir y representar copias literales de la obra y no tiene el derecho de producir obras derivadas.



# INDICE

	Prólogo	9
1	Fundamentos	11
	<i>Las construcciones sustentables.</i>	12
	<i>Los materiales de construcción.</i>	13
	<i>La Ley 13059.</i>	17
2	Situación energética nacional y mundial	19
3	El cambio climático, su mitigación y adaptación	23
	<i>Mitigación.</i>	25
	<i>Adaptación.</i>	28
	<i>El costo de abatir el cambio climático.</i>	28
4	Diferencias entre construcciones tradicionales, bioclimáticas, eficientes y sustentables	34
	<i>Diseño sustentable</i>	34
	<i>La construcción sustentable</i>	36
	<i>Técnicas del Diseño Ambientalmente Consciente</i>	37
5	Situación de la calidad de las construcciones en la provincia	41
6	El problema de la educación	43
7	Aporte de la Ley 13059 a la eficiencia energética edilicia	45
8	Pautas para cumplir con la ley	49
9	Casos de estudio	53
	<i>Vivienda unifamiliar privada en La Plata (2007)</i>	53
	<i>Sistema industrializado de viviendas para sectores vulnerables – aCasaBA (2018)</i>	58
	<i>Edificio de oficinas en Llavallol (2009)</i>	67
10	Debate y propuestas de ideas para emprendedores	79
--	Bibliografía	81
--	Anexos	81
--	Menciones	85





## Prólogo

El presente documento fue preparado a partir de numerosas publicaciones previas como aporte a la difusión de los conceptos y técnicas de las construcciones sustentables en el hábitat construido de la Provincia de Buenos Aires. La experiencia en el tema arranca en 1985 cuando me incorporo al equipo del Proyecto “*Audibaires*” financiado por la Secretaría de Energía de la Nación. En este proyecto se auditaron 3500 viviendas del área metropolitana de Buenos Aires. Se continuó con financiamiento del CONICET la realización de auditorías en la Provincia de Buenos Aires en 1989 y así siguieron de forma continua hasta el presente.

Se busca sintetizar lo impartido en el Curso organizado por la Subsecretaría de Tecnología e Innovación sobre “Construcciones Sustentables y la Ley 13059”. Curso que se dicta en tres módulos orientado a los profesionales de la construcción del ámbito público o privado en un momento donde 15 años después de aprobada la ley provincial y 8 año después de reglamentada solo tres municipios presentaron proyectos de ordenanza para su implementación. Estos municipios encabezados por Olavarría a los que siguieron Junín y Pergamino.

He impulsado todo tipo de iniciativas mediante cursos y capacitaciones en el ámbito académico y con el Colegio de Arquitectos. Pero hasta este momento no se ha podido implementar y sigue construyéndose un hábitat con creciente ineficiencia energética. Ineficiencia que ya se hace sentir en el presupuesto de las familias bonaerenses.

Estas acciones de docencia, investigación y extensión forman parte de las actividades y líneas de trabajo del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable, de las carreras de posgrado y la cátedra de instalaciones N°1 en el grado, en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.

Acciones que se amplifican a partir de la incorporación, primero al Ministerio de Producción en la Subsecretaría de Ciencia y Tecnología en marzo de 2016, y pocos meses después al flamante Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

J.D.C.



# 1

## Fundamentos

Para comprender la importancia y necesidad de abandonar o adecuar modos constructivos establecidos a mediados del siglo XX en la Ley de Obras Públicas y conocido como “Construcción tradicional”, o “Construido según las reglas del arte de la construcción”, donde la energía no era una variable a tener en cuenta, debemos plantear el contexto actual.

El 30% del consumo mundial de combustibles fósiles se destina a la construcción y funcionamiento de nuestras ciudades y pueblos. En el caso de la Argentina, el consumo de combustibles fósiles (principalmente gas natural y derivados de petróleo) alcanza el 80% de la energía total generada por todo concepto.

Además del grave deterioro ambiental que produce la utilización intensiva de derivados del petróleo, debemos asumir que se van a acabar tarde o temprano.

Pero, aún antes de eso, debemos adaptarnos a usar racionalmente la energía o a ser muy eficientes y consumir lo menos posible. Esto implica cambios en los hábitos de los usuarios, pero si habitamos un edificio muy ineficiente es muy poco lo que se puede ahorrar y esto ya quedó demostrado en la ineficacia de los programas gubernamentales ¿Por qué? Es sencillo. Los programas apuntan a cambiar hábitos de cocción, uso de electrodomésticos e iluminación artificial y éstos representan algo menos del 12 % de la energía anual consumida por un edificio residencial. Aunque hagamos un gran esfuerzo por ahorrar un 10 % en nuestro consumo doméstico, esto va a representar solo el 1,2 % en el balance total.

Para conseguir un ahorro significativo de consumo energético de un edificio, debemos:

- Elegir correctamente los materiales.
- Optimizar su implantación y orientación.
- Mejorar la eficiencia energética del edificio.
- Usar en forma racional el agua.
- Evaluar el consumo energético anual del edificio durante toda su vida útil.
- Priorizar el costo de construcción y mantenimiento del edificio en toda su vida útil y no sólo su costo inicial.
- Reciclar edificios y materiales.
- Minimizar las emisiones y los residuos.
- Agregar sistemas de generación de energía propia mediante fuentes renovables.

## **Las construcciones sustentables**

También conocida como Arquitectura sostenible, Arquitectura Verde, Eco-arquitectura; es un modo de concebir la arquitectura y sus productos las construcciones edilicias, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que se minimice el impacto ambiental de estas sobre el ambiente natural y sobre los habitantes. La construcción sustentable intenta reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente realzando en los edificios la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, la energía, y el espacio construido.

Dado que arquitectura sustentable busca explicar un concepto o enfoque del modo de hacer arquitectura, suele utilizarse el término Diseño Ambientalmente Consciente (DAC), para describir el procedimiento y método por el cual se puede alcanzar una arquitectura o construcción sustentable.

Los principales elementos que se tienen en cuenta para considerar a un edificio sustentable son:

1. Implantación y emplazamiento del edificio.
2. Materiales.
3. Diseño pasivo y activo de conservación energética.
4. Eficiencia energética.
5. Generación de energía por fuentes renovables.
6. Emisiones y residuos.
7. Reciclado de estructuras y materiales.
8. Economía y sociedad.

En las fases iniciales del proyecto, en particular cuando se tienen las primeras ideas, es cuando se pueden tomar las decisiones más trascendentes y de mayor impacto ambiental positivo. No tan así en la fase de construcción del edificio. Por otra parte, en la fase de ideación se tiene la mayor libertad en la toma de decisiones y a costo cero. Corregir un edificio con un proyecto avanzado o en la fase de construcción, puede resultar muy costoso y, a veces, resulta difícil y costoso conseguir que sea sustentable.

El proceso es exactamente inverso al convencional donde el arquitecto concibe un edificio y luego convoca a los asesores, estos asesores (eléctricos, térmicos, sanitarios, iluminación, paisajistas, etc) dan su opinión y el proyectista decide que

aplicar y que no. Es bastante improbable que el proyectista se preocupe por el impacto ambiental relativo que pueda causar su obra en todas sus fases desde la imaginación hasta su demolición.

En un enfoque desde las construcciones sustentables, lo mejor, más razonable y económico es que el proyectista posea un bagaje de conocimientos básicos y generales sobre el tema para afrontar con soltura la fase de la ideación del edificio.

## **Los materiales de construcción**

Al momento de elegir los materiales de construcción para un edificio es importante optar por los que sean más respetuosos del medio ambiente. Esto implica analizar tres factores: si es o puede ser reciclado, cuál es su valor ecológico y su contenido energético.

El reciclado es un proceso mediante el cual los materiales son recuperados de la corriente de los residuos sólidos, separados, procesados y reusados en forma de materia prima para fabricar otro producto. Por otro lado, se considera que un material es ecológico cuando no contribuye a la degradación del medio local a global (destrucción de la capa de ozono, el calentamiento global, la lluvia ácida, la contaminación del aire, del suelo y de las aguas, la explotación de recursos no renovables) o cuando no es nocivo para personas y animales. Un material energético es aquel cuya fabricación supone un ahorro energético o de combustibles fósiles.

Como podemos ver, no es sencillo dividir los materiales entre malos, neutrales y buenos. Cada uno posee características y cualidades que debemos ponderar.

## **Energía y construcción**

Los materiales de construcción, al momento de puesta en obra, poseen un contenido energético debido a los procesos de extracción de la materia prima, fabricación, transformación, transporte, puesta en obra, mantenimiento y eliminación. Este es un tema en desarrollo, denominado "ciclo de vida" de los materiales.

Los datos de la tabla adjunta son valores medios de diversas fuentes, sin especificar la tecnología de los procesos. Es necesario aclarar que la fiabilidad del dato depende de la posibilidad de acceder a los valores de energía consumida en la obtención de un kilo de material de construcción. Por otra parte, hay variaciones en el conjunto de los ámbitos de aplicación (local, provincial, nacional o internacional). Estos valores podrán ir cambiando en el transcurso del tiempo a medida que se implemente un sistema de etiquetado energético que indique el impacto ambiental relativo de cada material de construcción. Es un proceso que se ha iniciado en varios países.

## **Contaminación**

Ciertos materiales de construcción y equipamiento tienen la capacidad de “enfermar” un edificio alterando la calidad del aire interior. Generan en sus ocupantes una patología llamada “*síndrome del cansancio crónico*” provocada por una intoxicación de ciertos componentes químicos. Es un problema menos frecuente en viviendas, sí en edificios con mala ventilación natural y aire acondicionado, como centros comerciales y oficinas.

Los principales y más frecuentes contaminantes químicos son: formaldehído, tolueno, xileno, tricloroetileno, percloroetileno, óxidos nítricos, ozono, monóxido y dióxido de carbono, polvo, alcanos, hexanos y otros hidrocarburos. Una combinación de estos se pueden encontrar en: alfombras, pisos y mobiliario a base de vinilos (PVC), aislantes termo-acústicos (poliestireno, polipropileno, polietileno, poliuretano, etc.), pinturas, madera enchapada, cielorrasos, plásticos en general, telas sintéticas, elementos de limpieza, ceras, solventes y aceites, colas para muebles, copiadoras, impresoras y computadoras, entre la multitud de objetos cotidianos. Por otro lado, los edificios generan contaminación electromagnética y, sin la debida puesta a tierra, acumulan electricidad electrostática que provoca problemas en sus ocupantes.

Otro problema es la humedad. Cualquier superficie que esté entre los 15 a 25 °C y 65 a 100% HR, es hábitat de contaminantes biológicos como hongos y bacterias que se concentran en sistemas de aire acondicionado, muros y techos donde haya condensación, tapizados, alfombras húmedas, maderas, etc. Debido a que no podemos prescindir de todos estos materiales, es necesario elegir los menos agresivos. Prever una buena ventilación en viviendas, edificios comerciales y administrativos, sin que implique bajar su eficiencia energética con el fin de reducir la carga química. En particular donde mayor cantidad de tiempo permanezcan las personas.

No trataremos los síntomas que causan cada uno de estos contaminantes, por cuestiones de espacio, de competencia y dado que existe la Ley N° 19.587 de Seguridad e higiene del trabajo, que regula este tema y debe ser tratado gremialmente. Según esta ley, la responsabilidad recae sobre el comitente, y hace solidarios a los contratistas de obra material e intelectual. Así, los arquitectos no solo poseemos la incumbencia, sino que somos los principales responsables en la elección de materiales y terminaciones.

## **Contenido energético de materiales**

Cada material desde el suelo de relleno hasta las carpinterías de aluminio pasando por hormigones, mampuestos, revoques o revestimientos requieren de energía para fabricar una unidad de masa de cada uno de ellos. A su vez estos generan emisiones de gases de efecto invernadero – GEI que variará con la matriz energética del país. De allí

la importancia de conocer y utilizar con prudencia cada material aprovechando las mayores virtudes de cada uno.

Así para elegir materiales respetuosos del medio ambiente es importante conocer sus características intrínsecas y las de su fabricación:

**Madera:** Se deben usar maderas de cultivo. Pero, para evitar su rápida descomposición, se requiere un tratamiento químico. Los menos agresivos se realizan en base a boro, zinc, diclofuanida y permetrín, este último resulta algo irritante. No son recomendados por su toxicidad los tratamientos con arsénico, cromo, dieldrín, creosota, lindano y pentaclorofenol. Este último ya ha sido prohibido en nuestro país.

**Vidrio:** Si bien es un material de alto contenido energético y contaminante en su elaboración, resulta totalmente reciclable. Dado que posee una resistencia térmica baja en comparación con los cerramientos opacos, hay que multiplicar las capas con cámaras de aire, o se tienen que diseñar fachadas dobles, o dobles carpinterías que no sólo mejoran su comportamiento térmico sino también el acústico. El doble vidriado hermético DVH ( $R= 0,35 \text{ m}^2\text{C/W}$ ) es la mejor opción. Debe tener protección solar adecuada a cada orientación. Con el doble vidriado es importante que al menos una de sus caras sea de baja emisividad y que las láminas de vidrio sean de diferente espesor para maximizar su comportamiento termo acústico.

**Hormigón:** Posee un bajo contenido energético y es químicamente poco agresivo. El mayor impacto ambiental lo causa la extracción de áridos y por eso es conveniente incorporar en el hormigón elaborado parte de hormigón reciclado.

**Mampostería:** Las soluciones constructivas con mayor nivel ambiental cumplen con el siguiente orden decreciente:

- El tapial y el adobe. Se trata de dos compuestos de tierra con algún aditivo como paja o la crin de caballo (para estabilizarlo) o pequeñas piedras (para conseguir un resultado más resistente). Se diferencian por la forma de construcción y se recomienda que ambos estén estabilizados con cal o cemento.
- Ladrillos huecos o macizos a base de arcillas.
- Bloques de cerámica alivianada.
- Bloques de hormigón celular liviano.

Como vemos, los mejores materiales desde el punto de vista ambiental se encuentran prácticamente en desuso. Sin embargo, más allá del prejuicio que evita utilizarlos hoy en día, se debe analizar seriamente si se desea construir edificios con contenido energético bajo o ultra bajo. Hay buenas experiencias en el país que deben ser puestas en valor.

Con los mampuestos elaborados industrialmente, el principal problema es su baja masa superficial que impide conseguir una inercia térmica adecuada. Para lograr un edificio sustentable se hace necesaria una alta resistencia térmica que implica el uso de aislantes térmicos de masa protegidos de la intemperie. En este caso, la mejor opción es el doble muro u otras como el EIFS (*Exterior Insulation and Finish Systems*) que es rápido y barato.

**Metales:** Los diversos metales usados en construcción, desde su extracción hasta su puesta en obra, tienen un alto efecto contaminante, dependiendo de cada metal y la tecnología utilizada en su elaboración. El principal problema de contaminación aparece cuando los metales deben ser protegidos para evitar su corrosión, en particular en el caso del acero. Su mayor ventaja es que son casi totalmente reciclables. Inclusive las escorias de altos hornos se utilizan para elaborar cementos especiales.

- Acero: Cuanto más durable se hace al acero (galvanizado, inoxidable) más energía consume.

- Aluminio: Es el de mayor contenido energético, pero de muy alta durabilidad. En nuestro país no se usa aluminio primario, el comercializado contiene hasta el 30 % de material reciclado.

- Otros metales: El plomo y el zinc se encuentran casi agotados. El cobre es noble pero de muy alto contenido energético.

**Aislantes térmicos:** La norma IRAM 11601 considera como aislante térmico a todo material que tenga una conductividad térmica por debajo de 0,30 W/m.K. Esto incluye a:

- Lana de vidrio (0,033 a 0,045 W/m.K)

- Lana mineral (0,038 a 0,042 W/m.K)

- Perlita (0,088 a 0,018 W/m.K)

- Poliestireno expandido EPS (0,032 a 0,041 W/m.K)

- Poliuretano o PUR (0,022 a 0,027 W/m.K)

- Vermiculita (0,07 a 0,34 W/m.K).

No se encuentran contemplados el polietileno expandido normal, el hormigón celular y otros. El problema es cuánto espesor hay que colocar, de unos y otros, para conseguir la misma resistencia térmica. Por ejemplo: si requerimos una resistencia térmica de 1 m<sup>2</sup>.K/W vamos a necesitar (promedio): 39 mm lana vidrio, 40 mm lana mineral, 53 mm perlita, 36 mm EPS, 24 mm PUR o 300 mm vermiculita.

De estos materiales, los de mayor contenido energético son el poliestireno expandido seguido del poliuretano. La lana de vidrio y la lana mineral son las de contenido energético más bajo y resultan menos contaminantes. El PUR es probablemente el



mejor aislante térmico, pero de muy alto contenido energético, tóxico durante su colocación y muy tóxico al quemarse.

## La Ley 13059

En el año 2003 se sanciona la ley 13059 que busca regular la calidad térmica y energética de todo edificio para habitación humana. Es el primer intento de legislar en el país en este tema buscando hacer cumplir un conjunto de Normas IRAM que van desde regular el nivel de aislamiento de muros, techos y ventanas hasta regular la demanda de energía en calefacción. Da recomendaciones para asolear bien los ambientes en invierno y protegerlos del sol en verano. Muestra una regionalización bioclimática de la Provincia de Buenos Aires en dos grandes zonas y cuatro subzonas para adecuar los edificios a cada clima (ver figuras 1 y 2).

LEY 13059
<p><b>EL SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES SANCIONAN CON FUERZA DE LEY</b></p>
<p><b>ARTÍCULO 1.-</b> La finalidad de la presente Ley es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía.</p>
<p><b>ARTICULO 2.-</b> Todas las construcciones públicas y privadas destinadas al uso humano (viviendas, escuelas, industrias, hospitales, entre otras) que se construyan en el territorio de la provincia de Buenos Aires deberán garantizar un correcto aislamiento térmico, acorde a las diversas variables climatológicas, a las características de los materiales a utilizar, a la orientación geográfica de la construcción u otras condiciones que se determinen por vía reglamentaria.</p>
<p><b>ARTÍCULO 3.-</b> A los efectos indicados en la presente Ley serán de aplicación obligatoria las normas técnicas del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM) referidas a acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, en su edición más reciente.</p>
<p><b>ARTÍCULO 4.-</b> Las Municipalidades serán Autoridad de Aplicación de la presente Ley, debiendo ejercer cada una, el poder de policía en su respectivo territorio. El Poder Ejecutivo Provincial determinará el área de contralor de las obras públicas provinciales.</p>
<p><b>ARTICULO 5.-</b> En todos los casos, la Autoridad de Aplicación deberá exigir previo a la expedición del permiso de inicio de la obra, la presentación de la documentación técnica respectiva, acorde con las normas IRAM, que como mínimo contenga: cálculo justificado de los valores de transmitancia térmica y lista de los materiales que demande la envolvente de la vivienda, con la indicación de los valores de conductividad térmica y espesor. Los organismos competentes deberán exigir al momento de aprobación de la documentación técnica de la obra todos los elementos que acrediten el cumplimiento de la presente.</p>
<p><b>ARTICULO 6.-</b> El incumplimiento de la presente, facultará al Municipio a no extender el certificado de final de obra, así como la aplicación de otras sanciones (que correspondan) al titular del proyecto. Los profesionales que suscriban los proyectos de obra serán responsables de dar cumplimiento a la presente, pudiendo ser sancionados por el incumplimiento con apercibimiento, multa o inhabilitación por parte de la autoridad de aplicación, quien asimismo deberá comunicarlo al colegio profesional respectivo para la aplicación de las medidas disciplinarias que en su caso pudieren corresponder.</p>
<p><b>ARTICULO 7.-</b> Comuníquese al Poder Ejecutivo.</p>
<p>Dada en la Sala de Sesiones de la Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires, en la ciudad de La Plata, a los nueve días del mes de abril del año dos mil tres.</p>

Mientras se sostuvieron fuertes subsidios al consumo de energía residencial en el Área Metropolitana de Buenos Aires el tema carecía de sensibilidad socioeconómica. Pero el

interior provincial tenía un costo de energía hasta 10 veces superior sea en Gas Natural, GLP o Energía Eléctrica. En 2015 las facturas aparecen con un cartel “Con subsidio del Gobierno Nacional” y comienza una adecuación tarifaria que al 2018 se hace insostenible por la mayor parte de la sociedad. Adecuación que se anuncia no ha finalizado. En este escenario en una Cooperación entre el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se ofrece esta capacitación a los profesionales de la construcción.

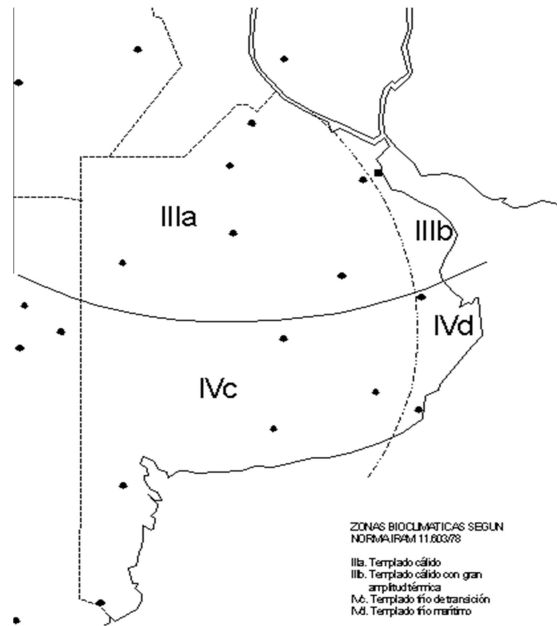


Figura 1.1: Regionalización bioambiental de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Propia.

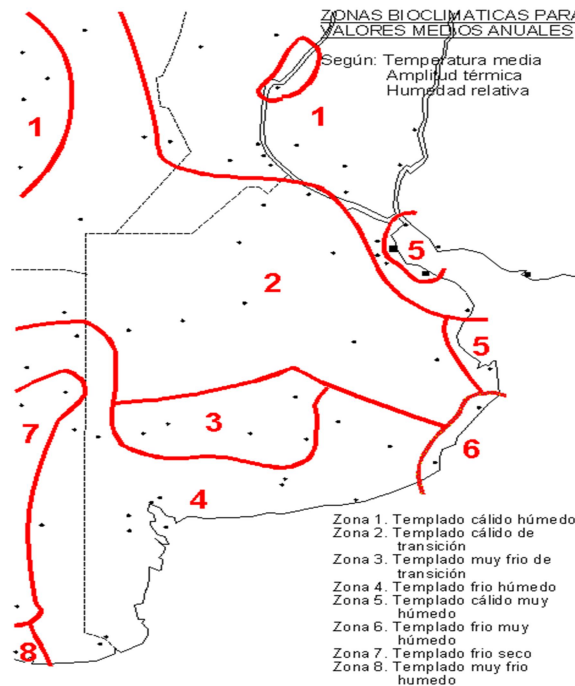


Figura 1.2: Regionalización bioambiental alternativa de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Propia.

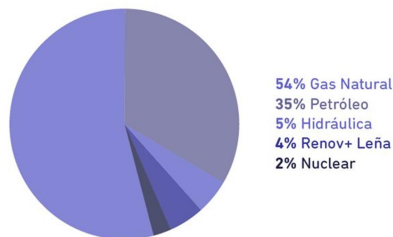
# 2

## Situación energética nacional y mundial

Actualmente, alrededor de 18% de la población mundial, todavía no tiene acceso a la electricidad, y se estima que cerca del 40% de la población mundial todavía usa leña o carbón para cocinar, es decir fuentes de difícil acceso, que generan deforestación, son muy costosas y contaminantes para los habitantes de esas viviendas. En un intento de buscar respuesta a estos desafíos globales, las Naciones Unidas y el Banco Mundial lanzaron la iniciativa “Energía sostenible para todos” (*Sustainable Energy for all o SE4all*). Esta iniciativa es un intento de lograr el acceso universal a la energía, mejorar la eficiencia energética y aumentar el uso de energías renovables en el mundo.

Argentina depende fuertemente de los combustibles fósiles para su aprovisionamiento energético. El petróleo y el gas contabilizan casi el 90% de la energía consumida, siendo el gas natural la componente más importante de la matriz energética, ya que aporta más de la mitad de toda la energía primaria, ver Figura 1. Análogamente, el mundo, también depende en 87% de los combustibles fósiles, pero con una participación mayor del carbón mineral, que en Argentina es mínima, inferior al 0,3%.

Matriz primaria - R. A. año 2013



Matriz energética mundial - año 2013

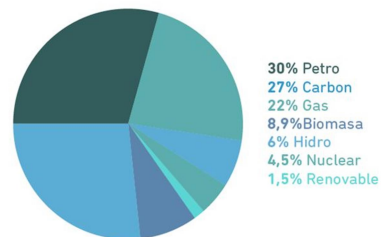


Figura 2.1: Matriz energética de Argentina (izquierda) y del mundo (derecha) para el año 2013. Fuente International Energy Agency (IEA) [4] y Ministerio de Energía y Minería de la Nación. [10] En el caso argentino, la biomasa representan el 4%, de las cuales 1,8% son las nuevas renovables y 2,2% de leña, bagazo, etc.

Implica que desde un punto de vista ambiental nos venimos desarrollando con tecnologías altamente emisoras de gases de efecto invernadero. Mostrando la necesidad y prioridad de reducir la demanda de energía a la vez que se produce una reconversión hacia las energías renovables (eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, geotérmica, undimotriz, entre otras). Todas de gran prevalencia y fácil disponibilidad en la Argentina.

Si vemos como se distribuye el uso de la energía por subsectores: transporte, industria y agro, residencial y servicios y no energético, notamos que sea en Argentina o en el mundo, cerca del 40% de la energía que se consume en edificios (de viviendas y servicios) es para su funcionamiento, ver Figura 2.

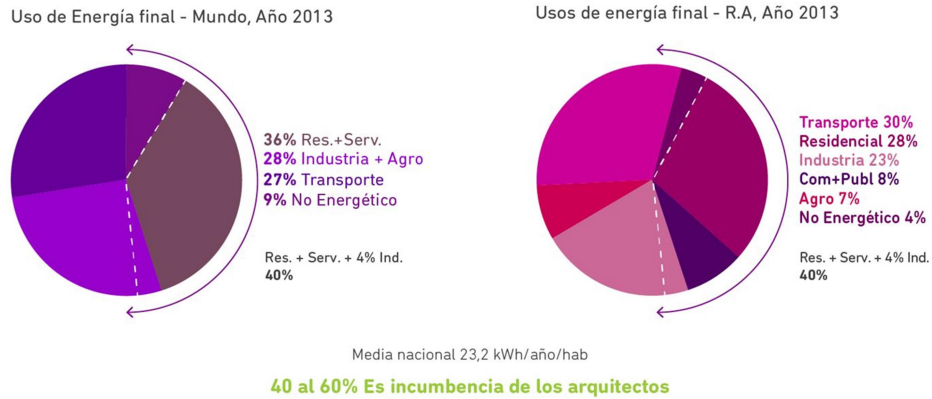


Figura 2.2: Consumo de energía por sectores para el año 2012, a la izquierda para mundo y a la derecha para Argentina. El sector residencial y de servicio (comercial y oficial) consume 34% para el primer caso y el 33% en el segundo. Sin embargo, se estima que del orden del 5% del consumo industrial se hace en sus edificios, de modo en ambos casos el consumo total en edificios es del orden del 40%.

Sector	Estados Unidos	Europa	Argentina
Edificio (viviendas y comercio)	34 %	45 %	33 %
Transporte	35 %	18 %	25 %
Industria	41 %	37 %	32 %

Tabla 2.1: Discriminación del uso de energía por sectores en EEUU, Europa y Argentina.

Si comparamos nuestro país con EEUU y Europa nos encontramos que no hay diferencia significativa entre EEUU y Argentina en el consumo de energía en edificios pero en Europa es un 10% superior.

Por otra parte, el consumo de energía de los edificios a lo largo de su ciclo de vida útil, es decir desde la fabricación de los materiales, el diseño, el acarreo de materiales, la construcción, implica que parte de la energía usada en la industria como en el transporte, también están asociadas a los edificios, ver Figura 3.

Ciclo de vida de los edificios

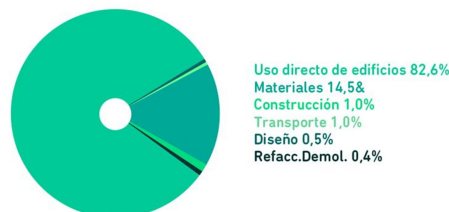


Figura 2.3: Consumo de energía de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, es decir desde la fabricación de los materiales, el diseño, el acarreo de materiales, la construcción. Este estudio en particular fue realizado para edificios de Gran Bretaña en el año 2010.

Si se tiene en cuenta estos efectos, vemos que la industria de la construcción agrega al consumo de energía relacionada con los edificios una contribución adicional del 10% al 15%. Así la energía total usada en edificios (destinados a vivienda, comerciales, entes oficiales y aquellos destinados a la producción industrial) y producción de materiales para la construcción, es del orden del 50% del total. Por lo tanto el sector de la construcción juega un rol muy importante en la sostenibilidad energética y las emisiones de gases de efecto de invernadero.

## La Energía en la Argentina

Nuestro país posee abundantes recursos naturales provenientes de diversas fuentes. Aprendamos de dónde viene, cómo se genera y distribuye y a usarla más responsable y eficientemente.



Figura 2.4: La energía en la Argentina. Consumo de energía. Fuente: www.shaleenargentina.com.ar



# 3

## El cambio climático, su mitigación y adaptación

En la actualidad se habla de cambio climático o de calentamiento global y se refiere al aumento que se viene observando en el sistema climático de la Tierra en el último siglo. Múltiples líneas de pruebas científicas demuestran que el sistema climático se está calentando. Muchos de los cambios observados desde los años 1950 no tienen precedentes en el registro instrumental de temperaturas que se extiende a mediados del siglo XIX ni en los registros proxy paleo-climáticos que cubren miles de años.

Las primeras inquietudes surgen cuando notan la variación de CO<sub>2</sub> en el observatorio del volcán Mauna Loa (Hawaii) comparados con registros de la isla de Amsterdam (Francia) y resultó extraño que la concentración se correspondiera. Esto llevó a dedicar recursos y equipos científicos de varios campos del conocimiento a verificar la hipótesis que la atmósfera se estaba calentando. Ver figura 3.2.

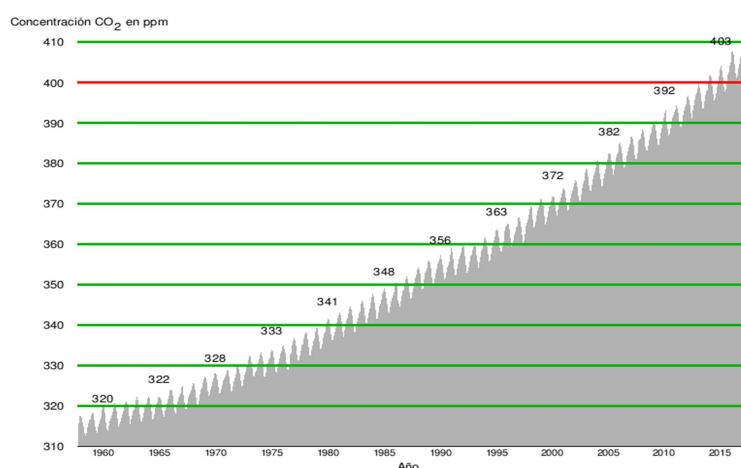


Figura 3.1: Crecimiento de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico de 1958 a 2018 en Mauna Loa (Hawaii - H.N.). Fuente: Scripps Institution of Oceanography. (En [http://es.wikipedia.org/wiki/Curva\\_de\\_Keeling](http://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_Keeling))

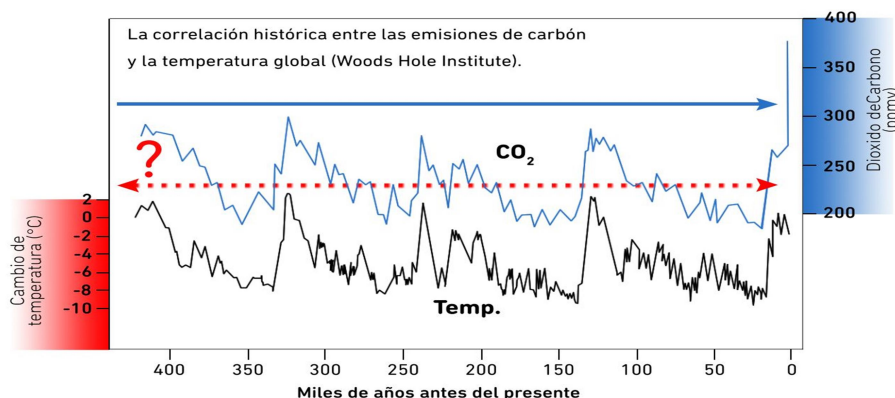


Figura 3.2: Variación de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico en los últimos 400 mil años. Fuente: Woods Hole Institute.

Buscando formas de regresar el tiempo en el clima se hicieron perforaciones en los hielos de Groenlandia y la Antártida que guardan en las burbujas en el hielo una suerte de paleo-historia del clima (Figura 3.2). Así se retrocedió hasta 400 mil años encontrando una variación periódica sin mayores diferencias hasta el ciclo que inicia en 1880 con la revolución industrial. Mientras el último pico de concentración de 300 ppm se dio cerca de 320 mil años atrás en la actualidad se está en 410,31ppm (04/2018). Implica la posibilidad que se dispare la temperatura media mundial.

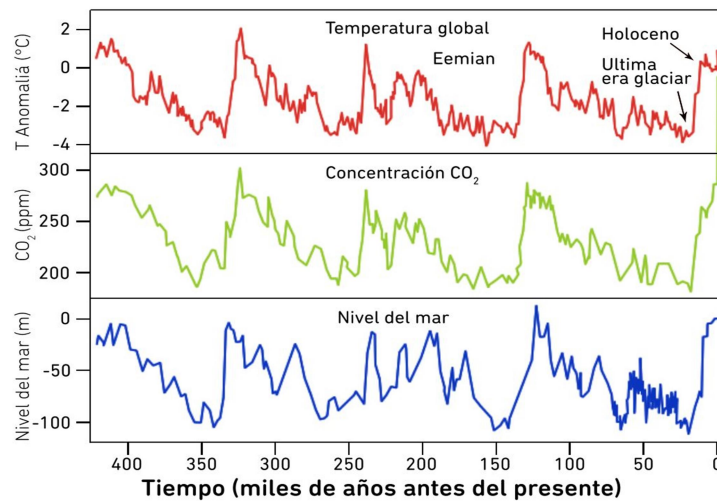


Figura 3.3: Variación de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, el nivel del mar y la temperatura global en los últimos 400 mil años. Fuente: Jeffrey A. Glassman, 2013.

Con 2°C de suba se compromete la alimentación de la humanidad por la gran desertificación que prevé el IPCC y con 4°C se pone en riesgo la supervivencia de la humanidad (figura 3.3). De allí que numerosos gobiernos junto al IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) trabajan en tratar de moderar el calentamiento global conteniendo las emisiones de GEI.

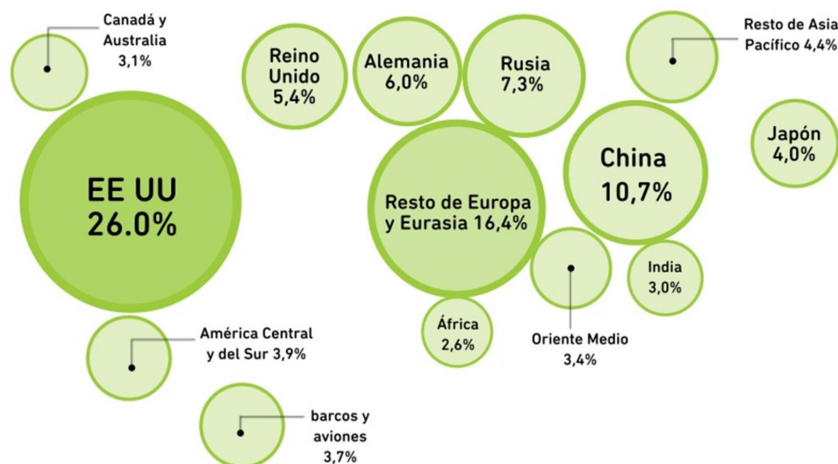


Figura 3.4: Emisiones de CO<sub>2</sub> por países y zonas en período 1751 a 2012 (Wikipedia).

La Figura 3.4 muestra la participación en las emisiones que encabezan EEUU, Europa y China con el 53% y donde Argentina solo representa el 0.7%. Pero los efectos del



cambio climático afectan a todos en la forma de inundaciones, sequías y suba del nivel del mar.

Se requiere de políticas activas de mitigación junto a estrategias de adaptación al cambio climático para sobrellevar los próximos 100 años hasta estabilizar el clima. Estas políticas se debaten en las sucesivas Convenciones de Cambio Climático que se vienen realizando desde 1995, en la primera convención realizada en Berlín. Las reuniones son impulsadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (Ver: <https://unfccc.int/es/news/la-onu-alerta-que-el-cambio-climatico-esta-impulsando-el-hambre-en-el-mundo>). Se elaboró un sistema para mostrar la evolución del hambre en el mundo en el futuro (<https://www.metoffice.gov.uk/food-insecurity-index/>)

## MITIGACIÓN

Cuando se habla de mitigación del cambio climático buscamos referirnos a las acciones que se emprendan para reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. El acto de mitigar, se ocupa de atacar las causas del cambio climático para reducir la emisión de múltiples gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (NH<sub>4</sub>), clorofluorocarbonos (CFC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), entre otros.

El CO<sub>2</sub> se produce mayoritariamente por la combustión de combustibles fósiles, maderas y vegetales en incendios, volcanes, etc. Donde vemos naturales y antropogénicos, siendo los debidos a la acción del hombre, los prevalentes desde la revolución industrial, como ya hemos visto.

El metano (NH<sub>4</sub>) se emite en lagos artificiales en climas templados y cálidos, por gases entéricos de la ganadería, arrozales, calentamiento de fondo oceánico, derretimiento de la tundra ártica, entre otros. Como puede verse todos de difícil manejo.

Los CFC que consiguieron reducirse al combatir el debilitamiento de la protectora capa de ozono de la alta atmósfera sigue teniendo alta prevalencia en los gases caloportadores de sistemas de refrigeración, en solventes industriales y si es posible seguir reduciendo su uso por suplantación con otros gases menos eficientes.

Los óxidos de nitrógeno y el ozono son mayoritariamente generados por el transporte en general y la industria. Son posibles de ser reducidos.

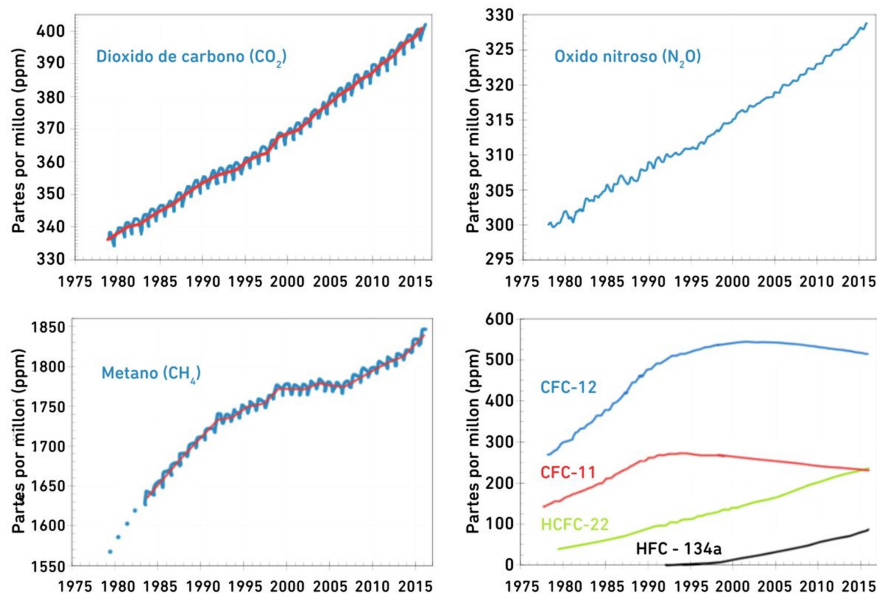


Figura 3.5: Evolución en el tiempo de los principales gases de efecto invernadero (Wikipedia).

A nivel mundial se han consensuado medidas de mitigación que a su vez cada país con sus posibilidades viene implementando. Entre otras podemos mencionar:

- Practicar la eficiencia energética.
- Mayor uso de energías renovables.
- Electrificación de procesos industriales.
- Implementación de medios de transporte eficientes: transporte público eléctrico, bicicleta, coches compartidos, entre otras.
- Impuesto sobre el carbono y mercados de emisiones.

La Argentina en la última convención de cambio climático realizada en París en diciembre de 2015 se propuso una serie de medidas de acción:

*“...Los sectores en los que se pueden realizar acciones de mitigación son muchos, entre ellos se destacan el transporte, la industria, el sector agropecuario, el manejo de residuos domiciliarios e industriales, y el energético.*

*Transporte: Este sector es uno de los grandes emisores de GEI a través del uso de combustibles fósiles. Medidas efectivas para la mitigación podrían ser una mayor utilización del transporte público, el reemplazo de los combustibles líquidos por el gas natural comprimido, el uso de bicicletas, como así también la implementación de reglas de organización del tránsito y de mejoras técnicas en los vehículos. Muchas de estas medidas no sólo contribuyen a disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero sino que producen también menores impactos en salud.*

*Industria: El empleo de tecnologías más limpias en el sector industrial provoca no sólo una reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, sino también de otros tipos de contaminantes no necesariamente ligados con el cambio climático. El uso de residuos para reemplazar a los combustibles fósiles en los procesos industriales, una fuerte política de*

*reciclado, la modificación de los procesos industriales y el aumento de la eficiencia energética pueden generar una disminución de las emisiones.*

*Agropecuaria: El sector agropecuario es un importante emisor de GEI, tanto en la ganadería (por el contenido de metano en los gases de fermentación entérica), como en las diversas actividades de la agricultura. Es posible lograr una disminución notable de las emisiones de gases de efecto invernadero en la actividad agrícola mediante el cambio en los hábitos de labranza o la reutilización de los subproductos y desperdicios de la cosecha. Una adecuada gestión del riego y un uso más eficiente de fertilizantes, como así también el empleo de mejores tecnologías por parte de los agricultores, son opciones que se deben tener en cuenta si se quiere lograr una reducción en las emisiones de GEI.*

*Gestión de los residuos domiciliarios e industriales: Los rellenos sanitarios utilizados en centros urbanos para la disposición de los residuos domiciliarios son también grandes fuentes de GEI, principalmente metano. Este gas puede ser recolectado por medio de tuberías y utilizado para la generación de energía eléctrica o de calor. También puede optarse por su combustión directa, liberando dióxido de carbono cuyo potencial de efecto invernadero es mucho menor que el de este gas.*

*Energético: Las acciones de mitigación no implican necesariamente un “dejar de usar”, sino que, muchas de ellas están ligadas al ahorro energético a través del uso eficiente de la energía, lo que produce además, menores costos para las personas, las empresas o los gobiernos.*

*Otra acción de mitigación que implica un cambio radical en la elección de los modelos de desarrollo es la transición desde el uso de fuentes de energía convencionales hacia el uso de fuentes de energías renovables...”*

*Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable 06092018.  
(<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/mitigacion>)*

En el ámbito legal solo la Ciudad Autónoma de Buenos Aires promulgó la Ley 3871/11 sobre “Adaptación y mitigación del cambio climático” que a lo largo de 21 artículos busca establecer y renovar cada 5 años un Plan de mitigación y adaptación al cambio climático priorizando acciones. En el artículo 18 establece medidas que afectan al sector urbanismo, espacios verdes y construcción. Lamentablemente esto “aún” no se refleja en el nuevo Código de Edificación. A pesar de mencionar en la citada ley que debe realizarse una: “Revisión del marco relativo a las normas básicas de construcción y edificación con el objeto de maximizar la eficiencia energética y reducir la emisión gases de efecto invernadero.” e “Implementación de normas de construcción sustentable, especialmente en los edificios de la Administración Pública de la Ciudad.”. Fuente: (<http://argentinambiental.com/legislacion/ciudad-bs-aires/ley-3871-ley-adaptacion-mitigacion-al-cambio-climatico/>)

No solo no se reglamentó la Ley 4458/12 sobre “Normas IRAM de acondicionamiento térmico para construcciones” que el entonces Jefe de Gobierno le impuso un veto parcial, sino que se eliminó un Manual de buenas prácticas en la edificación sustentable elaborado por expertos de la ciudad. Esta ley estaba inspirada en la Ley 13059/03 de la Provincia de Buenos Aires. Se supone que primó la presión de las Cámaras Inmobiliarias, a la vocación sustentable de un sector de la ciudadanía.

## ADAPTACIÓN

Cada día los medios de comunicación muestran los catastróficos eventos climáticos que se presentan en todo el mundo junto a los cada vez mayores daños que causan las mareas altas extremas debidas a la todavía incipiente subida del nivel del mar.

Edificios y ciudades aunque también extensos territorios están sometidos al fuerte impacto de estos eventos que sean naturales o antropogénico hacen colapsar las economías sometiendo a la sociedad a un serio estado de vulnerabilidad. Debido al incremento de estos eventos hoy se habla de que los países con menores emisiones solo deben dedicarse a adaptarse a sequías e incendios, tornados e inundaciones, destrucción de edificios e infraestructuras, más que a mitigar. Así son varias las medidas de adaptación y varias las acciones que ayudan a reducir la vulnerabilidad ante las consecuencias del cambio climático

- *“... Construcción de instalaciones y obras de infraestructuras más seguras*
- *Restauración paisajística -paisaje natural- y reforestación de bosques*
- *Creación de un cultivo flexible y variado para estar preparados ante catástrofes naturales que amenacen las cosechas*
- *Investigación y desarrollo sobre posibles catástrofes, comportamiento de la temperatura, etc.*
- *Medidas de prevención y precaución (planes de evacuación, cuestiones sanitarias, etc.) ...“*

Fuente: Sostenibilidad.com (<https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/mitigacion-adaptacion-cambio-climatico/>)

Varias de estas acciones se implementaron en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para crear repositorios que minimicen las inundaciones, sistemas de esclusas y bombas para contener las crecidas del Río de La Plata ante sudestadas. Junto a las costosas obras de adaptación hidráulica en la Ciudad de La Plata entre muchas otras. Se aprobaron ordenanzas para fomentar las cubiertas verdes en edificios, aunque se sabe que solo disminuye levemente la escorrentía. Y no hay mayor innovación en aumento de espacios verdes, reducción de la inercia térmica de ciudades, aumento del albedo en pavimentos, entre muchas otras medidas para reducir el efecto del calor urbano.

## El costo de abatir el cambio climático

El Instituto McKinsey y la empresa Vattenfall elaboraron un estudio que se viene actualizando (Figura 3.6). Aquí se toma como base o cero el costo de abatir el cambio climático mediante centrales nucleares y a partir de este cero hay medidas más o menos costosas de implementar.

Las medidas más económicas corresponden a la eficiencia energética de edificios y más en particular el aislamiento de la envolvente. Le siguen los vehículos comerciales eficientes, el sistema de alumbrado e iluminación, luego el calentamiento de agua y los vehículos eficientes. Sea el hábitat construido fijo o lo correspondiente a movilidad corresponden al campo de incumbencia de los profesionales de la construcción. Ver: (<https://www.centerforcarbonremoval.org/blog-posts/2014/09/24/what-the-mckinsey-ghg-abatement-curve-tells-us-about-cdr>)

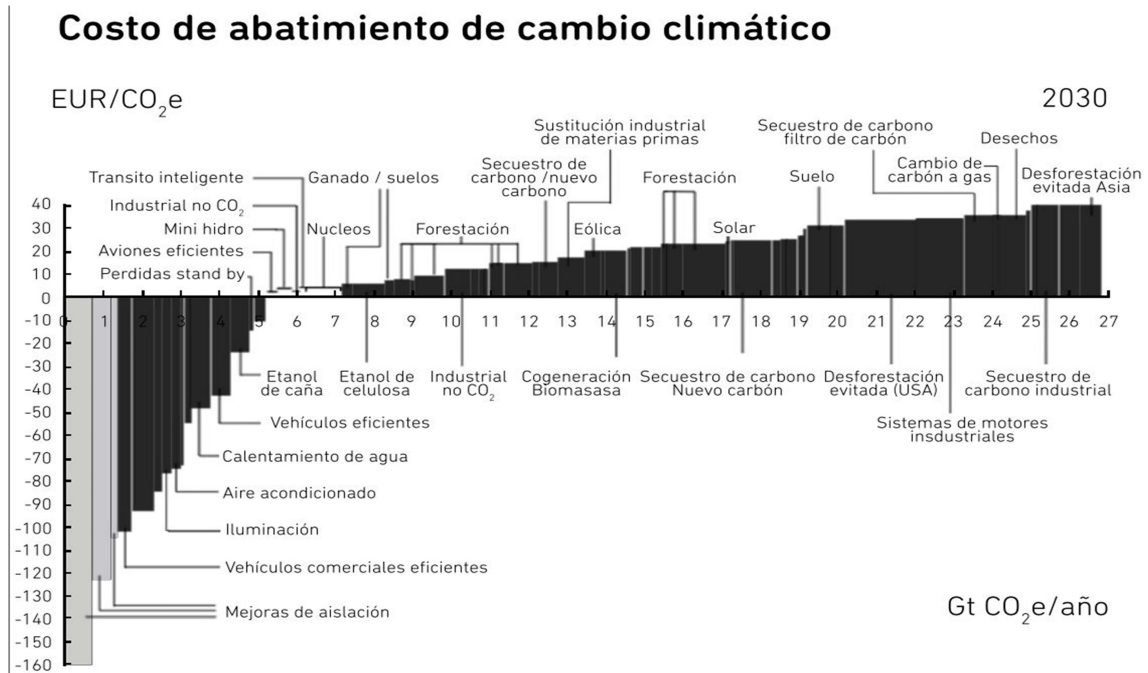


Figura 3.6: Costo de mitigación de cambio climático. En el eje horizontal se muestra la cantidad estimada de emisiones evitadas al año 2030 en Gigatoneladas de carbono equivalente, y en el eje vertical el costo en euros por tonelada de carbono equivalente mitigado. Fuente: McKinsey y Vattenfall analisis, 2009

Lamentablemente no hay una gráfica o estudio realizado para la República Argentina y cada país debe elaborar el modelo de abatimiento propio.



# 4

## **Diferencias entre construcciones tradicionales, bioclimáticas, eficientes y sustentables**

Los edificios vienen construyéndose en el mundo en los últimos 5000 a 7000 años desde que la humanidad alcanzó el nivel de desarrollo y organización para agruparse en pueblos y ciudades. Usualmente utilizando los materiales disponibles en el sitio en mayor medida naturales y biodegradables. Normalmente vegetales como madera y tejidos orgánicos, suelo crudo o piedra. Se dejaban los materiales duraderos para los edificios públicos (palacios, templos, fortalezas, etc).

La situación cambia hacia el inicio de la revolución industrial y la disponibilidad de recursos para expandir los intercambios económicos junto con la mayor disponibilidad de energía fósil para fabricar materiales de construcción más duraderos. Se recuperan técnicas del imperio romano y actualizadas permiten la fabricación del cemento portland. Pero se unen la fabricación del acero de construcción (1856), el vidrio plano (1848), la explotación de bosques en EEUU (c. 1870) y se produce una explosión del mercado internacional de materiales de construcción. Esta se incrementa con el desarrollo del hormigón armado a partir de los desarrollos de Joseph-Louis Lambot, que en 1848 que se consolidan con los métodos de resistencia de materiales y dimensionamiento de estructuras por Joseph Monier en la década de 1860. Así para fines del siglo XIX ya se disponía de toda la tecnología para construir el hábitat moderno junto a sistemas de saneamiento, electricidad por redes, telecomunicaciones, sistemas de transporte, etc. Todo en coincidencia con el inicio del crecimiento exponencial del CO2 atmosférico.

En este mismo campo se consolida en cada país un modo de construcción en base a la composición cultural de base de cada país en función de sus tradiciones. En el caso de Argentina la composición mayormente mediterránea de la matriz étnica del poblamiento urbano consolida la construcción con mampuestos cocidos y abandona las técnicas de construcción en tierra cruda. Se suman los severos sismos de San Juan y Mendoza que hacen que hacia mediados del siglo XX se prohíban estos sistemas hasta el presente. Así la “Construcción según las reglas del arte” o “construcción tradicional” queda fijada por la Ley de Obras Públicas y pasan a ser de enseñanza obligatoria en la currícula de Arquitectos e Ingenieros.

Todo lo que no sea “construcción tradicional” requiere de un trámite especial ante los Ministerios de Obras Públicas para obtener el CAT o Certificado de Aptitud Técnica. Las

variables principales son brindar seguridad, garantizar la estabilidad y la duración de la obra construida.

Todo sistema que cuente con CAT y se sostenga 30 años de forma ininterrumpida en el mercado puede optar por ser considerada “construcción tradicional”.

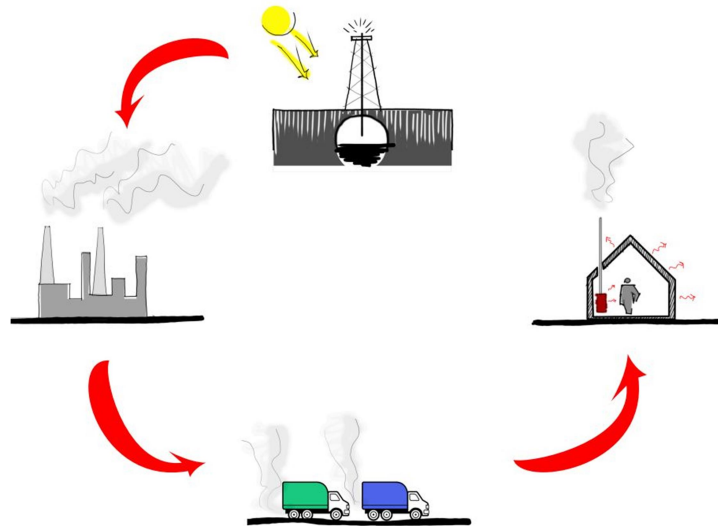


Figura 4.1: Hábitat construido convencional. Fuente: Propia

En la siguiente tabla puede verse una comparativa de las principales variables tenidas en cuenta en las diferentes formas y conceptos en el diseño y construcción de edificios.

Construcción tipo	Tradicional (Arg: ~1954)	Bioclimático (EEUU: ~1964)	Eficiente (OCDE: ~1974)	Sustentable (EEUU: ~1998)
Variables				
Implantación y clima	-	Si	-	Si
Emplazamiento y entorno	-	Si	-	Si
Asoleamiento	-	Si	-	Si
Control solar	-	Si	+/-	Si
Ciclo vida de materiales	-	+/-	-	Si
Sistemas climatización pasiva	-	Si	-	+/-
Sistemas climatización activa	-	Si	-	+/-
Envolvente eficiente	-	Si	Si	Si
Equipamiento eficiente	-	-	Si	Si
Energías renovables	-	+/-	+/-	Si
Emisiones GEI	-	-	-	Si
Gestión residuos	-	-	-	Si
Reciclado estructuras	-	+/-	-	Si
Reciclado materiales	-	+/-	-	Si
Materiales naturales	-	Si	-	+/-
Calidad aire interior	-	-	+/-	Si
Uso eficiente del agua	-	+/-	Si	Si
Paisaje	-	-	-	Si
Transporte público	-	-	-	Si
Eco-toxicidad	-	-	-	Si
Innovación	-	-	-	Si
Certificación	-	-	Si	Si

Tabla 4.1: Variables contempladas en las diversas corrientes de pensamiento para la concepción y materialización de edificios. Fuente: Elaboración propia.



Puede afirmarse que prácticamente todo lo construido en el país no contempla variables de tipo energético o ambiental. La concepción ambiental más antigua fue postulada en diversos artículos y libros por los hermanos arqs. Victor y Oladar Olgyay y es la del “diseño bioclimático” hacia 1964 en EEUU. De hecho pueden encontrarse referencias mucho más antiguas desde fines del siglo XIX y ya tratadas desde 1935 a 1938 por el arq. George Fred Keck en Chicago o el arq. Wladimiro (*Konstantinowski*) Acosta con el Sistema Helios (1932) en Buenos Aires, pero no proponiendo un método de diseño. Si, conceptos varios acerca de la necesidad de una concepción que tenga en cuenta el sol y el clima.

El aporte de V.Olgyay impacto en Argentina, luego de su visita, al aprobarse hacia fines de los ´60 las primeras Normas IRAM sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios. Hacia fines de los ´70 se crean laboratorios en la Universidad de Marsella en Francia y Maestrías en Diseño Bioclimático.

La necesidad de un diseño eficiente se consolida luego de la crisis del petróleo en 1974 en diversas partes del planeta. En el caso de Argentina se crea la Asociación Argentina de Energía Solar donde físicos, ingenieros y arquitectos impulsan estas ideas. Así surgen pioneros como Enrico Tedeschi en Mendoza, Elio Di Bernardo en Rosario y Elias Rosenfeld en La Plata que crean Institutos de investigación y construyen las primeras casas solares – bioclimáticas. Desarrollan modelos de cálculo, proponen métodos de diseño y comienzan a formar a la primera generación de jóvenes.

Mientras el equipo de Rosario tiende a desaparecer, en Mendoza y La Plata se consolidan y formalizan instituciones a las que luego se unen en otros puntos del país. Caso Instituto de Arquitectura Solar La Plata (f. 1974) que en 1986 pasa al Instituto de Estudios del Hábitat y en 2009 se divide en el IIPAC y el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. En el último caso, el LAYHS, crea en 2011 las Carreras de Maestría y Especialización en Arquitectura y Hábitat Sustentable de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.

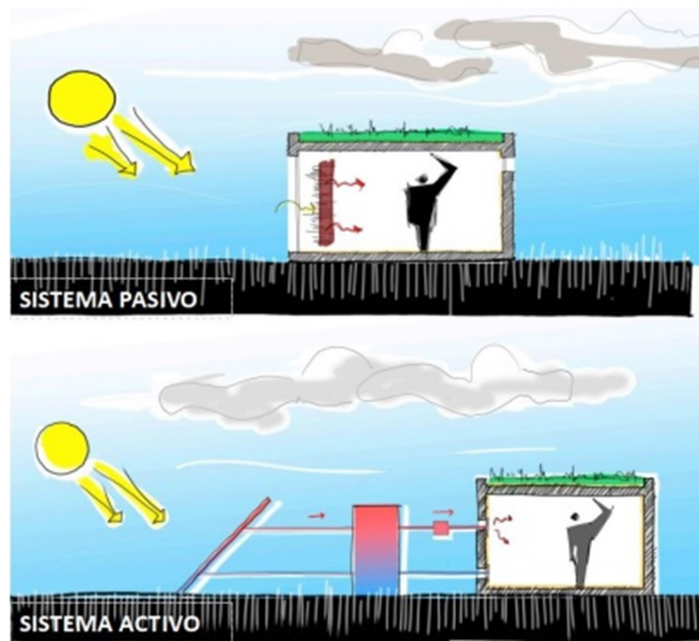


Figura 4.2: El diseño pasivo y activo en el diseño de edificios. Fuente: Propia

## Diseño Sustentable

El diseño sustentable o sostenible deviene de las discusiones de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro llamada oficialmente *Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sustentable*- se celebró del 20 al 22 de junio de 2012 en Río de Janeiro. De esta devino las Convenciones de Cambio Climático – COP.

Los primeros escritos académicos formalizando el problema y proponiendo un método claro surgen en 1998 la Escuela de Arquitectura y Planeamiento Urbano de la Universidad de Michigan, que publicó el documento *“An Introduction to Sustainable Architecture”* donde se sintetizan los principios de la Arquitectura Sustentable.

Pero estas ideas ya se venían elaborando desde 1988 en Inglaterra por el BRE - Building Research Establishment que en 1990 lanza el sistema de certificación BREEAM (Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method) que a la fecha a certificado cerca de 300 mil edificios.

Así y debido principalmente a la gran cantidad de variables que intervienen para que un edificio sea considerado eficiente y/o sustentable debe poder ser evaluado, medido y valorado. Sea con una etiqueta de eficiencia o un certificado de sustentabilidad.

*El Certificado más “popular” en el mundo es el LEED del Green Building Council de EEUU.*

En la Argentina el Colegio de Arquitectos de Córdoba elaboró el primer sistema de certificación de edificios sustentables. La Provincia de Santa Fe elaboró el primer sistema de etiquetado de eficiencia energética integral que sirvió para actualizar la

Norma IRAM 11900 que originalmente se había aprobado en 2010 y solo consideraba la calidad térmica de la envolvente para ahorro de energía en calefacción. El 20 de diciembre de 2017 se aprueba la versión actualizada y ampliada de la Norma IRAM 11900 que incluye todo lo que pueda esperarse de un edificio eficiente.

En la certificación LEED intervienen aspectos tales como: Ubicación y Transporte (16 puntos), Sitios sustentables (10), Uso Eficiente del Agua (10), Energía y Atmósfera (35), Materiales y Recursos (14), Calidad Ambiental Interior (15), Innovación en el diseño (6) y Prioridad Regional (4). Podría suceder que se alcance una certificación LEED Plata (60 a 79 puntos) u Oro (80 o más puntos) con mínimas mejoras en la eficiencia energética, siempre en obra nueva. Un paso intermedio es gestionar una certificación C&S (Core & Shell o núcleo y envolvente) donde se le dará más peso a la eficiencia energética considerando 3 a 23 puntos.

En la certificación BREEAM de Inglaterra los aspectos energéticos representan el 18%, ligeramente superior a LEED. Es un sistema maduro con más de 25 años y 110 mil edificios certificados, mayoritariamente en Inglaterra. Hasta 2008 no contaba con un sistema de matriculación profesional y llevó a que se demore su internacionalización. Recién en 2016 hizo su presentación en Argentina.

En esta certificación intervienen aspectos tales como: Gestión (11.5), Salud y bienestar (14), Energía (18), Transporte (8), Agua (10.5), Materiales (12), Residuos (7), Uso del suelo y ecología (9.5), Contaminación (9.5) e Innovación (10). El principal objetivo apunta a reducir las emisiones GEI principalmente CO<sub>2</sub>. Así como un edificio LEED Platino podría reducir en un 25% el consumo de energía, el nivel superior de BREEAM busca edificios de energía y emisiones cero.

Para hacerse internacional y competir con LEED, tanto BREEAM como HQE optaron por admitir el uso de los estándares propuestos por ASHRAE 90.1/2010 y 90.2/2014 y así aprovechar el software y protocolos asociados. Estos tres casos, tienen similitud en las variables involucradas aunque con diferencias en los pesos a cada variable ambiental o uso de indicadores absolutos en unos o relativos en otros. Cabe mencionar que se adaptan a sus culturas constructivas o buscan una globalización de sus culturas nacionales.

En este momento y buscando la necesidad de un modelo Argentino de certificación hay que debatir acerca de que peso le damos a la eficiencia energética y a cada una de las otras variables ambientales. Si los componentes constructivos que se fabrican y/o comercializan no siempre conocemos su comportamiento físico y energético, Ciclo de vida, ¿cómo debiéramos proponer una primera versión de certificación y calificación? ¿Buscamos solo un modelo nacional o debemos buscar un modelo regional o sub-continental?

## La Construcción Sustentable

Podemos definir **construcción sustentable o ambientalmente consciente**, como:

*"la creación y manejo responsable de un ambiente construido saludable, basados en principios ecológicos y uso eficiente de los recursos".*

El diseño sustentable de edificios apunta a disminuir su impacto en nuestro ambiente a través de un uso eficiente de recursos y energía. Incluye los siguientes principios:

- la minimización del consumo de recursos no-renovables
- fortalecimiento del ambiente natural
- eliminación y minimización en el uso de toxinas

Como podemos ver hay varios términos o adjetivos que se van agregando a palabras como "casa", "edificio" o "arquitectura" como "sustentable, ecológico, sostenible, ambientalmente consciente, etc pero todos apuntan en el mismo sentido y es tender a que concibamos "casas", "edificios", "ciudades", "arquitectura" o una civilización post-industrial y post-globalización que no nos auto-destruya. Desde esta cátedra creemos que el arquitecto puede tener un rol importante en la construcción del futuro y eso conlleva deberes y obligaciones que deberemos asumir.

### Edificio Ecológico

<b>Ecología</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• ciencia que estudia la relación e interacción de organismos vivos con su inanimado (por ejemplo el clima, tierra) y su ambiente animado, así como el estudio del recurso y dirección de energía en la biosfera y sus categorías.</li><li>• el estudio de los efectos perjudiciales de la civilización moderna en el ambiente, con una vista hacia la prevención o inversión a través de la conservación.</li></ul>	<b>Economía</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• la dirección cuidadosa y económica de recursos, como el dinero, los materiales, o el trabajo.</li><li>• ordenamiento funcional de las partes en un sistema organizado.</li><li>• eficacia, ahorro, o uso conservador.</li></ul>
<b>El Edificio ecológico</b> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Un movimiento en la arquitectura contemporánea.</li><li>✓ Este movimiento apunta para crear edificios amistosos, energéticamente eficientes y eficaces en el manejo de los recursos naturales.</li><li>✓ Incluye la energía solar pasiva y activa, uso de materiales de bajo contenido energético, materiales que en su fabricación, aplicación y disposición, minimice los daños al agua, la tierra y el aire.</li></ul>	

Principales áreas:

<p><b>Ambiente</b></p> <p><b>Aire</b> Aire libre - Ventilación Natural - Fuerza viento - Contenido energético Efecto apilado - Energía Solar, radiación difusa - Energía Solar, radiación directa</p> <p><b>Suelo</b> Acuíferos Almacenamiento de calor Almacenamiento de frío Agua subterránea Energía calor Energía frío Tierra/rocas calefacción geotérmico - enfriamiento geotérmico</p> <p><b>Aguas superficiales</b> Lagos, Ríos y Mar - Bomba agua o aguas grises - Energía calor - Energía frío</p>	<p><b>Construcción edilicia</b></p> <p><b>Fachada y techo</b> Materiales de aislación transparentes Paneles fotovoltaicos Superficies absorbentes Masa para almacenamiento Áreas de jardines Agua de lluvia Elementos iluminación natural Colectores Cubiertas verdes</p> <p><b>Construcción</b> Masa almacenamiento Absorción solar pasiva Elementos intercambiadores de calor Refrescamiento nocturno por aire exterior</p> <p><b>Atrio</b> Zonas verdes Enfriamiento evaporativo Energía solar pasiva Amortiguamiento calor</p>	<p><b>Tecnología Edilicia</b></p> <p><b>Energía para enfriamiento</b></p> <p><i>Directo</i> Electricidad en el manejo de enfriadores de agua enfriadores de agua por absorción enfriadores de agua por motores a gas Torres de enfriamiento Sistemas Tandem</p> <p><i>Indirecto</i> Almacenamiento de frío en edificios Almacenamiento de frío en suelo Perforaciones</p> <p><b>Energía para calefacción</b></p> <p><i>Directa</i> Calefacción distrital, Calderas (gas, petróleo, carbón, biogás, condensado) Calderas eléctricas (con almacenamiento)</p> <p><i>Indirecta</i> Sist solares térmicos, Generadores combinados energía y calor (CHP), Bombas de calor, Intercambio de calor en el flujo de gas</p> <p><b>Energía Eléctrica</b></p> <p><i>Suministro principal</i> Generación comercial <i>Auto generación</i> Generadores combinados energía y calor (CHP) Generador de emergencia Generación fotovoltaica Sistemas tándem Generación eólica Pilas de combustible</p> <p><b>Agua</b> Agua potable Suministro de red (bebida, cocción) Aguas grises Desechos de agua (condensador agua, vaciado, limpieza) Agua de lluvia Vaciado, limpieza, enfriamiento</p>
---	--	---

## Técnicas del diseño energéticamente consciente

### 1. Localización: emplazamiento y orientación.

- Correcto sombreado en el período cálido.
- Correcta ganancia solar en el período frío.
- Favorecer ventilación natural en el período cálido.
- Protección de vientos en período frío.
- Planeamiento del uso del espacio.
- Optimizar las orientaciones.

### 2. Compacidad edilicia.

- Minimizar la relación entre área envolvente y superficie habitable.
- Minimizar la relación entre área envolvente y volumen habitable.
- Minimizar espacios residuales.
- Favorecer los espacios multiuso.
- Minimizar aristas agudas que provoquen puentes térmicos geométricos.

### 3. Diseño de la envolvente.

- a. Optimizar el aislamiento térmico.
- b. Controlar las infiltraciones.
- c. Generar una relación opaco/ vidrio adecuada a los requerimientos del local o edificio que considere pérdidas en invierno, ganancias en verano, iluminación natural, comportamiento acústico, visuales.
- d. Adecuado uso de la capacidad e inercia térmica en la envolvente.

### 4. Diseño de subsistemas y controles.

- a. Seleccionar el equipamiento energético de mayor eficiencia y comportamiento ambiental adecuado.
- b. Usar la administración energética.
- c. Reducir las pérdidas en los sistemas de distribución.
- d. Recuperar pérdidas y calor residual.

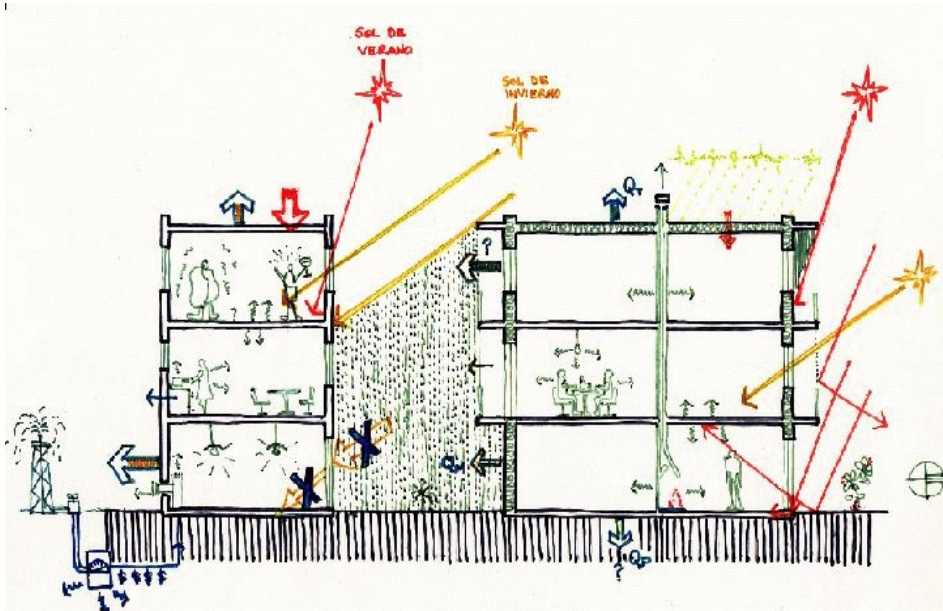


Figura 4.3: Edificio energéticamente ineficiente, inconfortable y derrochador Vs. Edificio energéticamente eficiente, confortable, y ahorrador de recursos. Fuente: E. Rosenfeld, 1984.

## Uso de energías alternativas

### 1. Técnicas solares pasivas.

- a. Técnicas del retraso térmico.
- b. Colección por ganancia directa.
- c. Colección por ganancia indirecta.
- d. Colección solar aislada.
- e. Técnicas de refrescamiento pasivo.

### 2. Técnicas solares activas.

- a. Calefacción solar.
- b. Enfriamiento y refrigeración solar.
- c. Aire acondicionado solar.
- d. Agua caliente doméstica colectiva.

- e. Calentamiento activo de piscinas.
- f. Generación propia de electricidad y fuerza motriz.

### Administración de la energía

1. Análisis de costos.
2. Auditoria y evaluación energética.
3. Programación del mantenimiento.

Sea un edificio, un barrio, una ciudad o la provincia de Buenos Aires es importante determinar que *yacimiento potencial de ahorro de energía* hay a fin de poder prever medidas de acción y recursos necesarios para poder cumplirlas. Con esto se pueden establecer políticas de eficiencia energética en el hábitat construido.

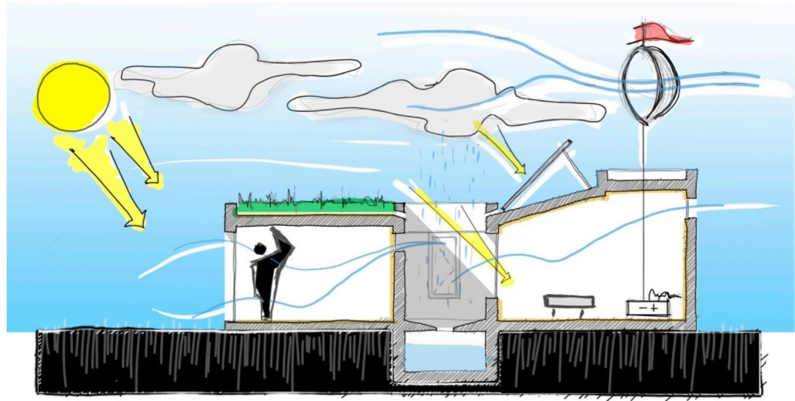


Figura 4.4: El diseño sustentable de edificios. Fuente: adaptado de David Wright, 2017.





# 5

## Situación de la calidad energética de las construcciones en la provincia

Desde 1980 el equipo que encabezaba el Dr. Elías Rosenfed fue realizando auditorías energéticas en diversas locaciones de la Provincia de Buenos Aires. Dado que la mayor parte de la población se concentra en el área metropolitana de Buenos Aires más Gran La Plata se muestran algunos resultados.

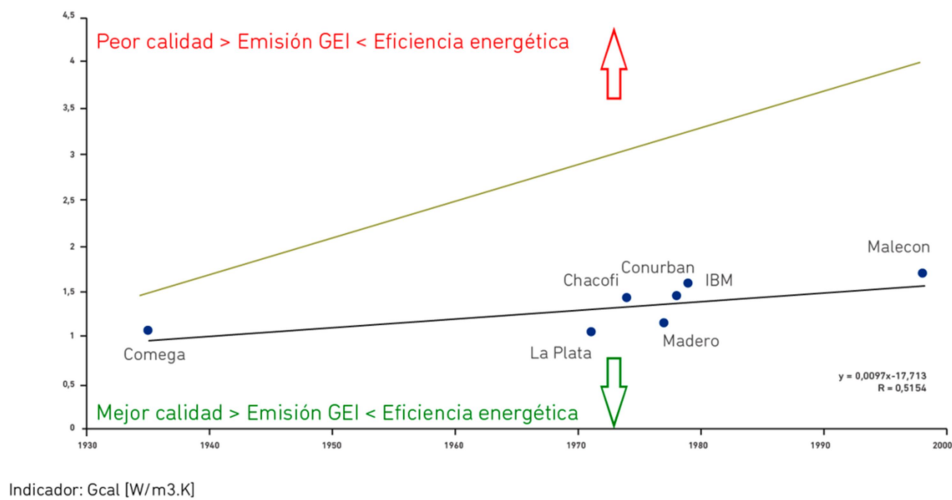


Figura 5.1: Eficiencia energética de viviendas y edificios de oficinas en el AMBA. Fuente: Propia

En la Figura 15 se muestran dos correlaciones donde la línea en trazo muestra el crecimiento progresivo en el tiempo de la ineficiencia energética de viviendas entre 1930 y el 2000 en el área metropolitana de Buenos Aires. Como indicador se utiliza el Coeficiente Global de Pérdidas Térmicas  $G_{cal}$  ( $W/m^3K$ ) de la IRAM 11604 exigido en la Ley 13059/03. En línea continua los edificios en altura para oficinas desde el Edificio Omega en Av Corrientes y Av Leandro N Alem de CABA y la torre Malecón en la cabecera sur de Puerto Madero. Se ve que aunque menor, el decrecimiento de la eficiencia energética, es notorio. Estos estudios permiten afirmar que con el correr de los años la construcción de edificios solo empeoró a la vez que se desregulaba y eliminaban restricciones en los Códigos de Edificación. A la fecha esta situación se mantiene en CABA, el Gran Buenos Aires y el Gran La Plata.

La Figura 5.2 expone una muestra de viviendas auditadas en el Gran La Plata donde salvo tres casos de viviendas bioclimáticas la totalidad de las viviendas de construcción tradicional no cumplen con la Norma IRAM 11604 y exceden la carga térmica en calefacción establecida en la Ley 13059. Se muestra el caso de una vivienda rehabilitada que pasa de un  $G_{cal}$  de  $3.29 W/m^3K$  a  $1.26 W/m^3K$ . Esto ha pedido del comitente que deseaba una vivienda eficiente.

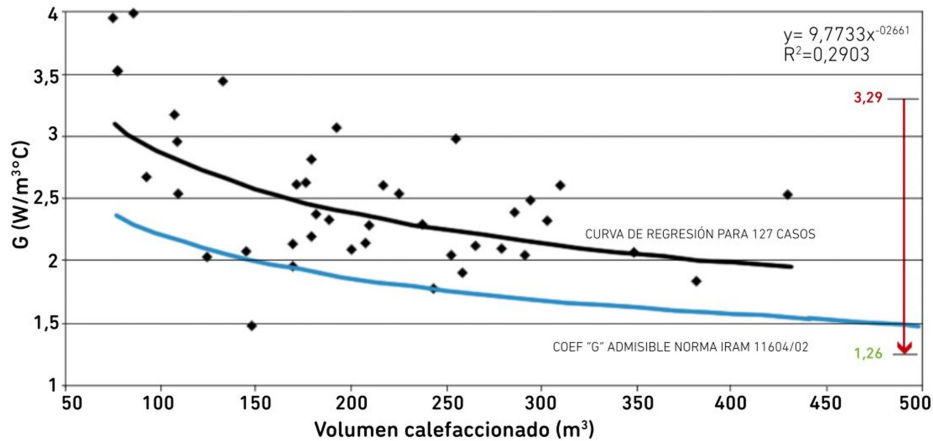


Figura 5.2: Nivel de eficiencia energética en el Gran La Plata en relación al límite establecido por el Decreto 1030/10 de la Ley 13059/03. A la derecha en rojo la rehabilitación de una vivienda en 57 e/29 y 30. Fuente: Propia

La Figura 5.3 muestra el resultado de una monitorización simultánea de 7 viviendas de clase media donde ninguna puede sostener valores razonables de confort higrotérmico. Esto es previo a la eliminación de los subsidios al gas natural en la región y a pesar de que los propietarios podían afrontar las facturas no se alcanzaba el confort.

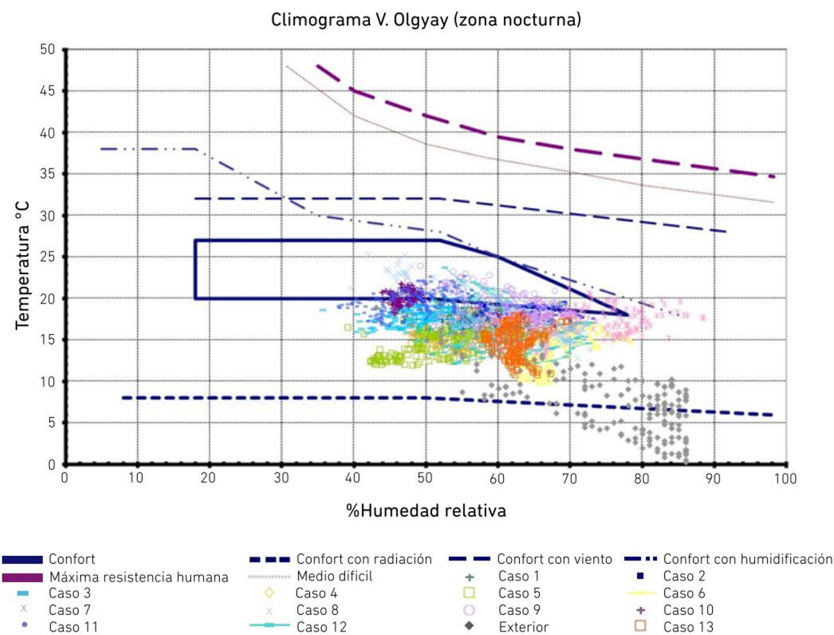


Figura 5.3: Nivel de desconfort higrotérmico en viviendas de clase media de La Plata con diversos sistemas de calefacción. Fuente: Propia

Se demuestra que la sociedad desconoce la necesidad de una envolvente eficiente y soporta condiciones de desconfort. Hecho que es probable empeore al haberse quitado los subsidios. Lamentablemente no hay políticas desde el estado para esta situación, los Colegios Profesionales no buscan responsabilizarse y gestionar la implementación de la Ley 13059/03, no hay créditos de bancos oficiales para eficiencia energética, entre otros.

# 6

## El problema de la educación

Uno de los problemas en el país que se suma a la escasa acción de políticas activas hacia la eficiencia energética es el casi nulo tratamiento de estos temas en la formación de arquitectos e ingenieros.

Las escasas excepciones en diversas casas de estudios son impulsadas por profesores o cátedras interesadas en el tema y en otros por asignaturas electivas. Pueden encontrarse estos nodos de militancia ambiental en las facultades de arquitectura de La Plata, Buenos Aires, Rosario, Resistencia, Mar del Plata y de forma oscilante en Córdoba. Siempre en Universidades Nacionales. En el caso de las ingenierías son destacables Buenos Aires, Rosario, Resistencia, Santa Fe, Río Cuarto, Villa María, Mendoza, Bahía Blanca, entre otros.

El caso más triste es la creación de la carrera de Arquitectura Sustentable en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mendoza hace seis años y de la cual a la fecha no hay graduados. Una vez sustanciados los concursos los profesores que asumieron con la propuesta pedagógica sustentable renegaron de ella y se convirtió en una formación convencional formalista más.

Si existen carreras de posgrado en varias casas de estudios con diversa intensidad en el tema de las construcciones sustentables. La más antigua es en la Universidad Nacional de Salta orientada hacia las *Energías Renovables* pero cuenta con seminarios de arquitectura solar, creada por el Dr. Luis Saravia Mathon y la Dra Graciela Lesino. Le sigue una maestría *Desarrollo sustentable y hábitat humano* en la UTN regional Mendoza, creada por los Drs. Carlos de Rosa y Pablo Arena. Esta basa su estructura curricular en el diseño bioclimático y el ambiente. Luego en la Universidad Nacional de La Plata en 2011 el que suscribe junto a la Arq. Analía F. Gómez crean las carreras de especialización y maestría en Arquitectura y Hábitat Sustentable dedicada específicamente al tema. En 2018 se crean sendas carreras en la Universidad de Buenos Aires y en la de Tucumán por parte de antiguos bioclimáticos como los Dres Martin Evans y Silvia de Schiller en la UBA y el Dr. Guillermo Gonzalo en la UNT.

Con la creación de la Subsecretaría de Eficiencia Energética en 2015, en el pionero Ministerio de Energía de la Nación se jerarquiza la temática. Se crea una Dirección Nacional de enseñanza y se implementan acciones desde el nivel inicial al universitario con relativo éxito.

Como era de esperarse no se logran resultados con modificar y actualizar la formación de arquitectos e ingenieros.

Para el momento que se escriben estas líneas ha desaparecido el Ministerio de Energía y se desconoce la suerte que tendrán las políticas en este tema.

Maestrías en Universidades Nacionales relacionadas con aspectos de sustentabilidad en arquitectura y urbanismo, energías renovables, y uso eficiente de energía en edificios:

- *Maestría en Arquitectura y Hábitat Sustentable*. Universidad Nacional de La Plata. Director: Doctor Jorge D. Czajkowski. Acreditada por CONEAU Resolución N° 11.219/12. <http://www.fau.unlp.edu.ar/contenidos/graduados/carreras-de-posgrado/maestria-y-especializacion-en-arquitectura-y-habitat-sustentable-ayhs/>
- *Maestría en Energías Renovables*. Universidad Nacional de Salta. Acreditada por CONEAU Resolución N° 1067/10. <http://exactas.unsa.edu.ar/web2/index.php/postgrado/maestrias>
- *Maestría en Desarrollo Sustentable*. Universidad Nacional de Lanús. Director: Arquitecto Ruben Pesci. Acreditada por CONEAU Resolución. N° 693/99; y 466/13. <http://www.unla.edu.ar/index.php/maestria-en-desarrollo-sustentable>
- *Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano, MGADU*. Universidad Nacional de Córdoba. Acreditación CONEAU Resolución N° 1051/11. Director: Magister Arquitecto Edgardo Venturini. <http://www.faudj.unc.edu.ar/graduados/2014-carreras-posgrado/maestria-engestion-ambiental-del-desarrollo-urbano>.
- *Maestría en Gestión y Desarrollo Habitacional, MGyDH*. Universidad Nacional de Córdoba. Directora: Profesora Doctora Arquitecta Ana Falú. <http://faud.unc.edu.ar/files/Res1092-11C30079acreditacion-CONEAU.pdf>
- *Maestría en Gestión de la Energía*. Universidad Nacional de Lanús. Directora: Doctora Laura Giumelli. <http://www.unla.edu.ar/index.php/gestion-de-la-energia>
- *Maestría en Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo*. Universidad de Buenos Aires. Director: Doctor Martin Evans. <http://www.fadu.uba.ar/post/1032-67-sustentabilidad-en-arquitectura-y-urbanismo>

# 7

## Aporte de la Ley 13059 a la eficiencia energética edilicia

El decreto 1030/10 de la ley 13059 establece que normas IRAM deberán cumplirse y en el caso de alguna norma como la 11605 que trata del nivel de aislamiento térmico en muros y techos opta por el Nivel B. La adopción de este Nivel de aislamiento es el que equilibra ahorro de energía en calefacción, eliminación de paramentos emmohecidos e inversión requerida.

Si lo aplicamos a la región del área metropolitana de Buenos Aires y Gran La Plata encontraremos que para superficies vidriadas se exige un  $K= 3 \text{ W/m}^2\text{K}$  que se corresponde con carpinterías de marcos de madera o de PVC con doble vidriado hermético o DVH. De contarse con cortinas de enrollar plásticas es posible seguir utilizando vidrios sencillos. En el caso de muros se exige un  $K= 1 \text{ W/m}^2\text{K}$  que deja fuera a la mayor parte de las soluciones constructivas usuales hoy en día como ladrillos huecos de 12 a 18 cm revocados, de ladrillos comunes de 12 a 30 cm de espesor revocados o el hormigón armado visto de 10 a 20 cm de espesor. Tampoco cumpliría el doble muro con cámara de aire o construcciones naturales con tierra cruda o estabilizada. Siempre habrá que agregar un aislante liviano sea natural o artificial. Ver figuras 17 y 18.

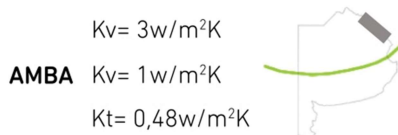


Figura 7.1: Valores de transmitancia térmica K admisibles para el AMBA. Fuente: Propia

Elemento	Invierno		Verano		Color
	$\geq 0^\circ\text{C}$	$-5^\circ\text{C}$	Zona III y IV		
Muros	1,00	0,83	1,25	1,06	-15%
Techos	0,83	0,69	0,48	0,38	-20%

Tabla 7.1: Valoración en la adopción de las transmitancias térmicas para el Nivel B de muros y techos en el AMBA. Fuente: Propia

	GLP+B+E	Espesor de cálculo			Espesor práctico		
		LV	EPS	PUR	LV	EPS	PUR
Muro *	*	1,96	1,68	1,15	5	2	1,2
Techo chapa*	*	3,68	3,15	2,16	5	3,5	2,2
Techo losa H°A**	*	6,36	5,43	3,72	7	6	4

\*Soluciones constructivas usuales en la actualidad sin aislamiento térmico de masa. Ladrillo hueco de 12x18x33 (9 orificios) revocado en ambas caras  $R=0,58 \text{ m}^2\text{K/W}$ ; chapa sobre entablonado y cielorraso suspendido tabla yeso roca; losa H° A° lleno con contrapiso pendiente capeta concreto y membrana cielorraso aplicado.

Tabla 7.2: Espesores de aislante térmico teórico y práctico a agregar a soluciones usuales de muro de ladrillos huecos y cubiertas.

Fuente: Propia

En la tabla 7.2 en particular se ven los espesores de los tres tipos de aislantes usuales (lana de vidrio, poliestireno expandido y poliuretano expandido) admisibles para ser agregados a muros, techos livianos y pesados. Pero dado que estos espesores de cálculo no existen en el mercado hay que pasar a espesores prácticos. Si usamos lana de vidrio que es el más liviano y con mayor conductividad térmica relativa deberemos usar 5 cm en muros, 5 cm en techos de chapa y 7 cm en cubiertas de hormigón armado lleno. Si por el contrario usáramos el aislante con menor conductividad térmica (PUR) los espesores se reducirían a 1.2 cm, 2.2 cm y 4.0 cm respectivamente.

Podemos notar que el nivel de exigencia es moderado y se ha determinado que la inversión adicional se recupera en *condiciones normales* en 1 a 1.5 años respecto de colocar en plazo fijo. En el “caso Argentino” es muy difícil establecer la condición de normalidad debido a la volatilidad casi permanente de la economía. Lo importante es que la inversión es recuperable en tiempo corto y luego durante 30 años tendremos los beneficios de un edificio confortable en lo termo-acústico, saludable en cuanto a calidad del aire interior y lo más importante reduciremos entre un 35 al 50% el gasto de energía en climatización.

Si fijamos el termostato a 20°C los muros y techos se mantendrán en una temperatura cercana a 17 a 18°C sin humedecimientos y formación de mohos como el *Aspergillus Niger* o *Nigra*. En locales muy enmohecidos como se ve en la actualidad en la región puede ser causante de *aspergillosis*, *onicomicosis*, *otomicosis*, *sinusitis alérgica* y *asma*. En particular en personas sensibles o inmunodeprimidas.

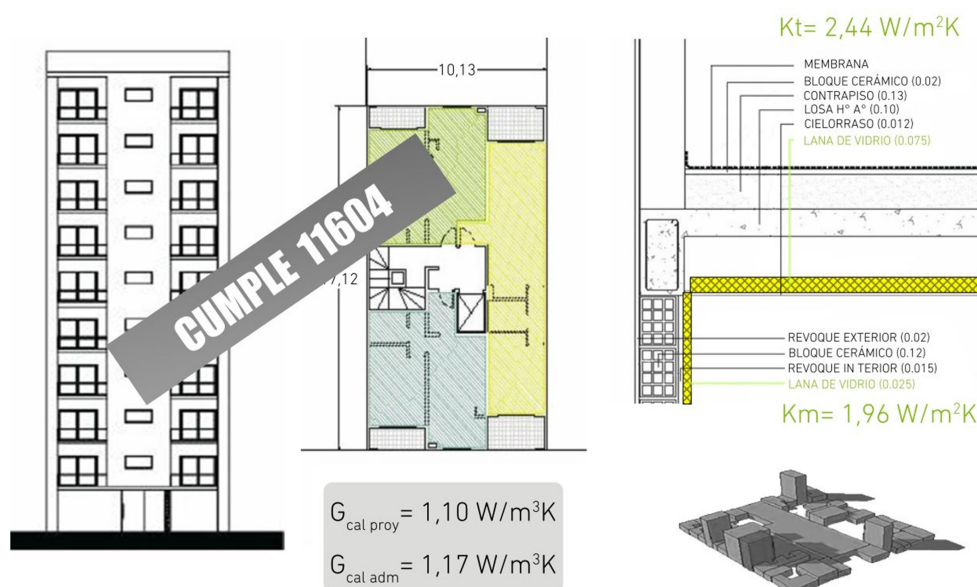


Figura 7.2: Nivel de desconfort higrotérmico en viviendas de clase media de La Plata con diversos sistemas de calefacción. Fuente: Propia

Dado que el decreto 1030 contiene varias normas que hay que ir cumpliendo de lo particular a lo general en el punto más alto se encuentra la Norma IRAM 11604 que regula la eficiencia energética global de la envolvente exigiendo una carga térmica admisible en calefacción. La figura 7.2 muestra la aplicación al caso de un edificio de departamentos en La Plata en contexto urbano. En este caso se combina el aislamiento térmico de muros, techos y vidriados con las infiltraciones de aire por rendijas y rejillas. Y dependiendo de la relación vidriado/opaco es posible poder cumplir o no con el coeficiente  $G_{cal}$ .

La ventaja del  $G_{cal}$  es que se abstrae del tamaño del edificio o de la localidad donde lo implantemos. Así este ejemplo podrá cumplir el  $G_{cal}$  en La Plata pero no en Ezeiza y mucho menos en Benito Juárez. La siguiente tabla muestra los consumos de energía que tendrá en diversas localidades.

Localidades	GD20	Carga térmica anual $Q_{año}$ (kW/año)	Consumo gas natural ( $m^3/año$ )	Consumo anual unitario de gas natural ( $m^3/m^2.año$ )
PERGAMINO (INTA)	1605	155460	22352	16.4
PEHUAJÓ (AERO)	1853	179481	25806	18.9
JUNÍN (AERO)	1672	161950	23285	17.1
NUEVE DE JULIO	1674	162143	23313	17.1
SAN FERNANDO	1382	133860	19247	14.1
DON TORCUATO (AERO)	1436	139091	19999	14.7
SAN MIGUEL	1441	139575	20068	14.7
EL PALOMAR (AERO)	1575	152554	21934	16.1
EZEIZA (AERO)	1583	153329	22046	16.8
LA PLATA (AERO)	1678	162531	23369	17.2
PUNTA INDIO B.A.	1657	160497	23076	16.9
CORONEL SUÁREZ (AERO)	2472	239437	34427	25.3
TANDIL (AERO)	2409	239438	34427	25.3
BENITO JUÁREZ (AERO)	2344	227040	32644	24.0
PIGÜÉ (AERO)	2405	232948	33494	24.6
LAPRIDA	2362	228783	32895	24.2
TRES ARROYOS	2163	209508	30123	22.1
MAR DEL PLATA (AERO)	2277	220550	31711	23.3
BAHÍA BLANCA (AERO)	1966	190427	27380	20.1

Tabla 7.3: Variación de las cargas térmicas y consumo anual de gas natural en calefacción para un edificio de  $1361m^2$  y  $3669m^3$  de área y volumen respectivamente con un  $G_{cal}$  de  $1.10 W/m^3K$ . Fuente: Propia





# 8

## Pautas para cumplir con la ley

El decreto reglamentario 1030/10 exige el cumplimiento de una serie de Normas IRAM y la elaboración de un Informe Técnico que el proyectista de un edificio para habitación humana debe entregar junto con el plano municipal para su consideración y aprobación. Luego de lo cual se obtiene el permiso de obra.

Deberán cumplirse las siguientes Normas IRAM:

- Norma IRAM Nº 11549. Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario.
- Norma IRAM Nº 11601. Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
- Norma IRAM Nº 11603. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Norma IRAM Nº 11604. Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor.
- Norma IRAM Nº 11605. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica "K" (como máximo los valores correspondientes a Nivel B).
- Norma IRAM Nº 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en paños centrales.
- Norma IRAM Nº 11630. Aislamiento térmico de edificios. Verificación riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares.
- Norma IRAM Nº 11507-1. Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.
- Norma IRAM Nº 11507-4. Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica.

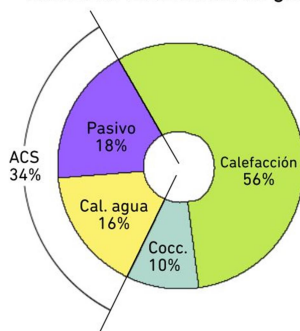
Fuente: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/10-1030.html>

Cada Norma apunta a tratar de lo particular a lo general cada parte y subsistema que componen a los edificios. Desde las características de cada material de construcción y con la combinación de estos en capas a soluciones constructivas de muros, cubiertas, forjados y pisos. A las aberturas y sus características de aislamiento térmico y permeabilidad al aire. De los puentes térmicos que se puedan generar y los riesgos de condensación que conllevan.

Todo esto ya verificado se evalúa globalmente con la Norma IRAM 11604 para la condición de invierno y el gasto de energía en calefacción que como vemos en la Figura 20 es la que mayor impacto tiene en el consumo de energía de una vivienda media con un 56% respecto del 16% de los pilotos (consumo pasivo), el 16% para calentamiento de agua y el 10% para cocción.

Esto muestra la importancia y prioridad de implementar la ley 13059 sea para la economía de los consumidores como para la economía del país.

Consumo residencial de gas



Zona GBA	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /año	kWh/año
Base	Cocc.	0,30	110
	Cal. agua	0,50	183
	Pasivo	0,55	201
Calefacción	1.70	621	6710
<b>TOTAL</b>	<b>3.05</b>	<b>1113</b>	<b>12038</b>

Figura 8.1: En el cuadro se observa la distribución de los consumos específicos residenciales de gas para usuarios del Gran Buenos Aires (GBA). En el gráfico, la distribución del consumo de gas en el sector residencial en el GBA. El consumo medio para calentar 185 litros de agua, equivalente a 56 litros/día x persona, de la temperatura media anual (17 °C) a la temperatura de confort, Tc=42 °C, es de unos 0,5 m<sup>3</sup> /día. Si a este consumo agregamos los consumos pasivos, resulta que en el calentamiento de agua se emplean unos 1,15 m<sup>3</sup> / día, equivalentes a 12,4 kWh. El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 1.154 m<sup>3</sup> /año y equivale a 12.479 kWh/año. Fuente: S. Gil y otros, 2017.

Dado que el decreto 1030/10 de la Ley 13059 dice...: *“ARTÍCULO 3°: La normativa técnica vigente a cumplimentar, emanada del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) es la que surge del Anexo I que forma parte integrante del presente. Las normas técnicas futuras que de cualquier forma revisen, modifiquen, corrijan o innoven sobre acondicionamiento térmico de edificios y ventanas, serán de aplicación obligatoria y automática a partir de los 90 días de su publicación y sólo para los proyectos a aprobarse por la Autoridad de Aplicación.”*

Y dado que con posterioridad al decreto reglamentario se aprobaron otras Normas relacionadas debemos sumar a:

- Norma IRAM 11659-1: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración. Vigente desde 29/11/2004
- Norma IRAM 11659-2: Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. Vigente desde 05/10/2007
- Norma IRAM 11900: Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Vigente desde 20/12/2017.

Para facilitar la interpretación y aplicación del decreto se propone una serie de medidas de diseño para la materialización de edificios nuevos o la rehabilitación de edificios existentes:

- Aislar muros con 3 a 5 cm de LV – EPS – PUR
- Aislar techos con 5 a 10 cm de LV – EPS - PUR.
- Uso DVH en ventanas con cortinas enrollar u otra protección solar.
- Usar un % de vidriado < 15%.
- Evitar techos o lucernas vidriadas.

- Eliminar los puentes térmicos.
- Usar iluminación LED.
- Usar sistemas conservación de alimentos, calefacción y refrigeración eficiente – Nivel A o superior.
- Verificar riesgo de condensación intersticial y usar barreras de vapor.
- Recomendado: Orientar bien al N-NE-NO evitando otros cuadrantes (es gratis)
- Opcional: tratar de agregar un calentador solar de agua y un generador fotovoltaico off-grid u on-grid si existe la posibilidad y marco regulatorio en la localidad.
- Y lo más importante y de costo cero orientar bien las aberturas vidriadas con criterio bioclimático diseñar protecciones solares adecuadas.

Sin considerar el agregado de energías renovables el sobre costo respecto de una construcción convencional no superará el 1,5 al 3,5%. Y obtendremos una reducción del 35 al 50% de consumo de gas y electricidad anual.

La aplicación de la Norma IRAM 11900/17 nos permitirá conocer con sumo detalle los ingresos y egresos de energía al edificio siendo recomendable alcanzar valores que no superen los 150 kWh/m<sup>2</sup>.año y preferentemente tender a la energía cero o menos de 15 kWh/m<sup>2</sup>.año.



# 9

## CASOS DE ESTUDIO

Se muestra el estudio de algunos casos del país proyectados o construidos en los que se tuvo algún grado de participación.

- Vivienda unifamiliar privada en La Plata (2007)
- Sistema industrializado para viviendas para sectores vulnerables (2017)
- Edificio de oficinas en Llavallol (2009)

Cada uno de los casos muestra diferencias en el tipo de medidas de sustentabilización que se implementaron.

### **Vivienda unifamiliar en La Plata (2007)**

La vivienda se localiza en el casco urbano de La Plata (lat: -35,55° long: 57,56°) a orillas del Río de La Plata sobre la margen occidental. El clima está clasificado según normas argentinas como templado cálido húmedo - subzona IIIb. El comportamiento respecto del confort higrotérmico puede verse en la figura xx. Del análisis de los datos climáticos, surge que posee veranos suaves ( $t_{\text{máxmed}} = 28,5^{\circ}\text{C}$ ) e inviernos poco rigurosos ( $t_{\text{mínmed}} = 6,7^{\circ}\text{C}$ ) con alta humedad ambiente (HR= 71 y 86%) y vientos predominantes desde el NE a SE. La temperatura de diseño máxima para el verano es  $34,5^{\circ}\text{C}$  y la mínima de invierno  $2,4^{\circ}\text{C}$ . El 71% de los días de un año estadístico las temperaturas medias del sitio se encuentran por debajo del nivel de confort. Esto implica garantizar el acceso al sol en los ambientes principales y prever un adecuado nivel de aislamiento térmico.

Solamente durante el 16% de los días del año las temperaturas máximas del sitio superan el confort aunque con temperaturas medias dentro del confort. Según el climograma de Givoni deberá preverse sombreado adecuado, posibilidad de ventilación nocturna y mínima ventilación diurna, inercia térmica y aislamiento térmico, principalmente en techos. Es una vivienda para un matrimonio que solicita a sus arquitectos que sea energéticamente eficiente. Inicialmente se realizaron recomendaciones de diseño referidas a cuestiones relacionadas con sistemas constructivos, ventanas, iluminación eficiente, sistema fotovoltaico y agua caliente solar. Un año después de ocupada se realiza una auditoría detallada. En este contexto se expone una evaluación de la eficiencia energética de la vivienda, en el contexto del parque habitacional de la región, mejoras en sistemas constructivos.



Figura 9.1: Vista exterior de la vivienda.

La vivienda unifamiliar de 186 m<sup>2</sup> cubiertos, se encuentra sobre un terreno de 12 m x 60 m con una centenaria arboleda existente donde se buscó adecuar la arquitectura al terreno. El partido es tipo U con patio central seco hacia el cual dan todos los locales principales. La planta alta con forma de L se orienta hacia el norte. La vivienda cuenta con dos soluciones constructivas de techo. Una compuesta por estructura metálica, chapa de acero galvanizada sobre la que se proyectó apróx 25 mm PUR 30 kg/m<sup>3</sup>, una cámara de aire, lana de vidrio 50mm 11 kg/m con foil aluminio y terminación placa yeso de roca 12 mm.

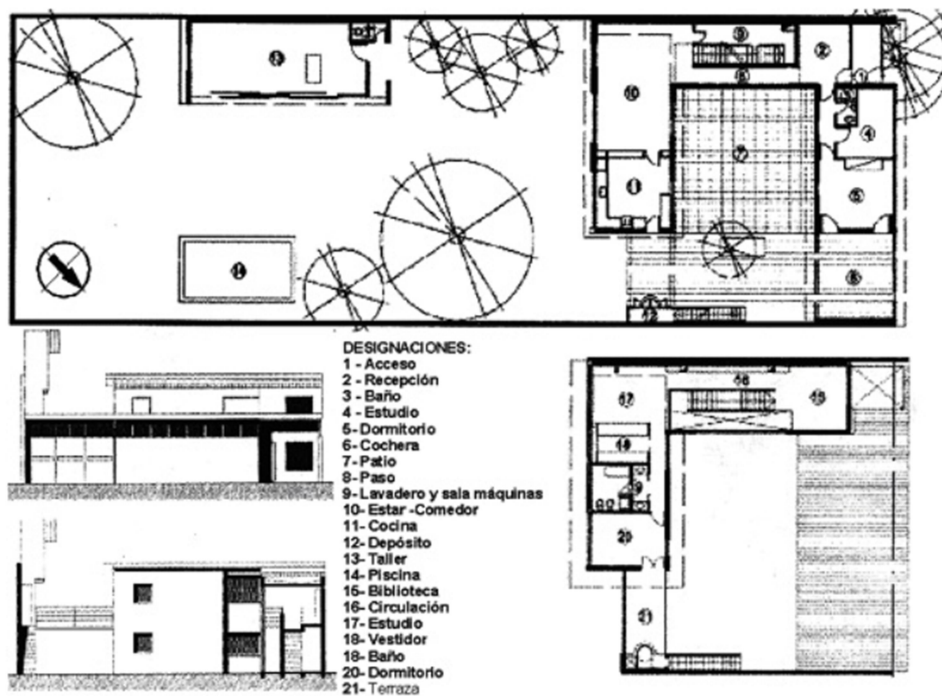


Figura 9.2: Plantas y vistas.

Posee un  $K = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (Figura 6-14). Otra compuesta por una losa de H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> con cielorraso aplicado con contrapiso de pendiente y membrana hidráulica. Se implementó un techo invertido con una capa de 80 mm de EPS 30 kg/m<sup>3</sup> sobre la membrana hidráulica y una protección superior con una capa de 60 mm de arcilla expandida ( $K = 0,33 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ). Esto garantiza la protección de la membrana y dilataciones de la losa. Se propuso un sistema de climatización por piso radiante, adecuado para una vivienda en dúplex con doubles alturas y gran continuidad espacial; que funciona a baja temperatura y en verano permite la

refrigeración con una máquina enfriadora de agua compacta. Esta solución no se implementó prefiriendo un sistema centralizado pero con unidades terminales compuestas por radiadores de aluminio y zócalos radiantes.

#### Análisis demanda en calefacción y ahorro energía

El análisis de la demanda de calefacción se realizó mediante el EnergoCAD que muestra los siguientes resultados para un escenario sin mejoras térmicas y con las mejoras propuestas.

$$Q_c = G \times \Delta t \times V \text{ [Eq. 01]}$$

Donde:

Q<sub>c</sub>: Carga térmica calefacción en W

G: Coeficiente global de pérdidas de calor en [W/m<sup>3</sup>°C]

Δt: Diferencia temperaturas exterior e interior [°C]

V: Volumen a calefaccionar [m<sup>3</sup>]

Superficie a climatizar [m <sup>2</sup> ]	186	Temp exterior diseño [°C]	2,4
Volumen a climatizar [m <sup>3</sup> ]	486	Temp interior diseño [°C]	20
Sup. Muros [m <sup>2</sup> ]	222	D t [°C]	17,6
Sup. Techos [m <sup>2</sup> ]	111	Coef. G [W/m <sup>3</sup> °C]	1,26
Sup. Puertas [m <sup>2</sup> ]	11	Q <sub>c</sub> (sin mejoras) [W]	35326
Sup. Vidriados [m <sup>2</sup> ]	81	Q <sub>c</sub> (con mejoras) [W]	14070
K muros [W/ m <sup>2</sup> .K]	0,50	. Calefacción (s/m) [W/m <sup>3</sup> ]	72,7
K techos 1 [W/ m <sup>2</sup> .K]	0,40	Coef. Calefacción (c/m) [W/m <sup>3</sup> ]	28,9
K techos 2 [W/ m <sup>2</sup> .K]	0,33	Coef. Calefacción (s/m) [W/m <sup>2</sup> ]	189,9
K vidriados [W/ m <sup>2</sup> .K]	2,86	Coef. Calefacción (c/m) [W/m <sup>2</sup> ]	75,6

**Tabla 9.1:** Resumen de características dimensionales, térmicas y energéticas.

Las mejoras en la envolvente (techos, muros y vidriados) y la reducción de infiltraciones implican un ahorro neto de energía del 61,2 % en la carga térmica.

#### Determinación del gasto anual de gas natural en calefacción

Se determinó el gasto anual de la demanda de energía en calefacción para un sistema compuesto por caldera compacta a gas natural (rendimiento=0,65), distribución del agua caliente con caños de cobre con aislamiento térmico y radiadores de aluminio como unidades terminales. Se compara con el consumo real de gas natural.

$$CECA = \frac{Q_c \text{ año} \times C_c}{P_c \times \rho} \text{ [Eq.02]}$$

Donde:

CECA: Costo energía calefacción anual en U\$S/año

C<sub>c</sub> : costo del combustible en U\$S/kWh; U\$S/m<sup>3</sup>; U\$S/kg.

P<sub>c</sub> : poder calorífico del combustible en kW/m<sup>3</sup>; kW/kg.

ρ : Rendimiento del sistema de calefacción

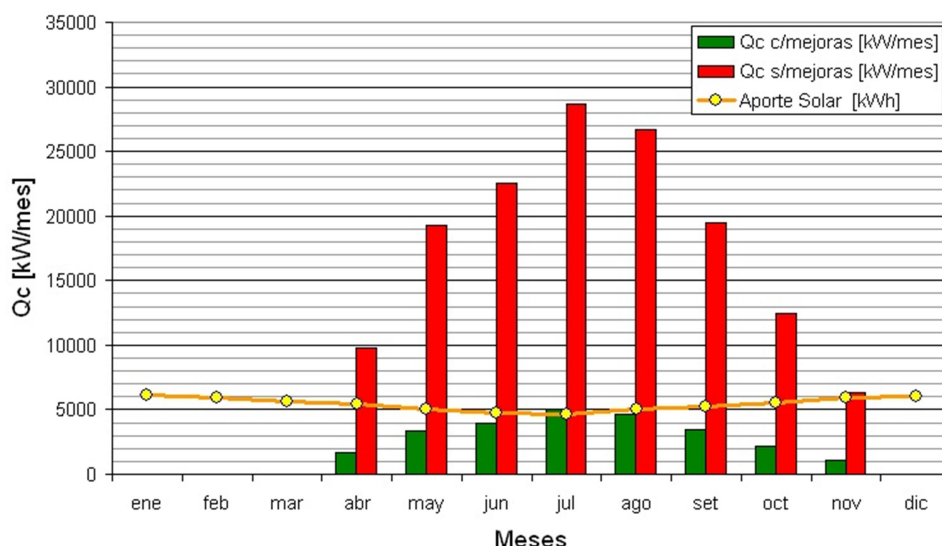


Figura 9.3: Comparación de la demanda de energía para calefacción del escenario sin mejoras y con las mejoras implementadas.

En la Argentina el costo de la energía a nivel domiciliario hasta el momento se encuentra fijo y a valores muy bajos en dólares. No es la misma situación en el gas envasado (propano-butano) que tiene un valor casi diez veces superior al gas natural y su precio está liberado. En la tabla 6-4 se muestra un análisis de los cuatro sistemas usuales en el mercado para calefaccionar viviendas. Los rendimientos varían con cada sistema y se adoptaron los coeficientes más recientes para cada sistema calefacción (caldera + distribución + unidades terminales). El comitente decidió usar un sistema centralizado de caldera con radiadores de aluminio que implica un gasto anual calculado de U\$S 349 con las mejoras en eficiencia energética introducidas a la vivienda. Este gasto se habría elevado a U\$S 1981 sin las mejoras.

Sistema calefacción	Mejoras	Consumo energía		Costo funcionamiento U\$S				
		Kw/año	Energía eléctrica		Gas natural		Gas envasado	
			Anual	Vida útil	Anual	Vida útil	Anual	Vida útil
Piso radiante eléctrico r=0,97	SM	149732	5587	167610	n/c	n/c	n/c	n/c
	CM	26283	981	29430	n/c	n/c	n/c	n/c
Caldera + suelo radiante PER r=0,85	SM	170871	221	6630	1772	53160	14077	422310
	CM	29993	192	5760	313	9390	2471	74130
Caldera + radiadores aluminio r=0,76	SM	226938	221	6630	<b>1981</b>	59440	15744	472330
	CM	39835	192	5760	<b>349</b>	10481	2764	82909
Estufas tiro balanceado r=0,62	SM	234258	n/c	n/c	2426	72780	19300	579000
	CM	41120	n/c	n/c	426	12780	3388	101640

Tabla 9.2: Costo anual calefacción y en la vida útil de un edificio (30 años) para varios sistemas calefacción.

El ahorro a lo largo de una vida útil estimada de 30 años sería de U\$S 48959 y la inversión se amortiza en 3,6 años.

En la región metropolitana de Buenos Aires y en particular en el Gran La Plata la eficiencia energética de las viviendas es baja tal como se ve en la Figura xx donde prácticamente la totalidad de la muestra de casos auditados no cumple con la normativa vigente sobre eficiencia energética en calefacción.

Se indica la eficiencia energética de la vivienda sin mejoras ( $G = 3,29 \text{ W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ) y el aumento en su eficiencia ( $G = 1,26 \text{ W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ) superando los estándares de la Norma



IRAM 11604. Esta mejora hubiera sido superior con una relación vidriado / opaco menor pero implicaría un cambio en la imagen arquitectónica de la vivienda.

### Emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI

Se planteó un cálculo de las emisiones potenciales de gases de efecto invernadero para el proyecto original y con las mejoras implementadas. Se utilizó como combustible gas natural por redes que es el utilizado por la vivienda. El método utilizado para estimar la cantidad de GEI que se producen es el denominado Bottom-Up en el cual se toma a partir de datos específicos sobre el consumo real de gas natural en m<sup>3</sup> en la vivienda.

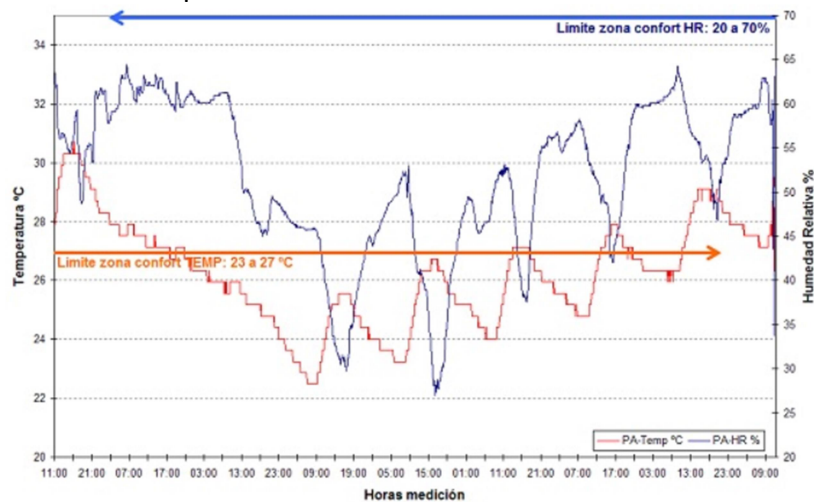
	Consumo energía			Emisiones GEI en Kg/año				
	Kw/año	m /año	Part	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	CO	CO <sub>2</sub>
Proyecto original	191105	17860	3,1715	0,0835	30,0454	6,3429	6,3429	35386,78
con mejoras	33545	3135	0,5567	0,0146	5,2739	1,1134	1,1134	6475,21

Tabla 9.4: Emisiones de GEI debidas al sistema calefacción.

En la Tabla 9.4 se muestra los gases considerados de la totalidad de emisiones producidas por la combustión en los artefactos de calefacción, expresados en Kg/año: material particulado, dióxido de azufre (SO<sub>2x</sub>), óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos volátiles (HC), monóxidos de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### Mediciones de confort en verano

El monitoreo de las condiciones de confort en el interior de la vivienda en el verano (15/02 a 23/02/2007) mostro comportamientos esperables. A lo largo de la semana de medición en la que las figuras 6-19 y 6-20 muestran una baja en la temperatura el 2do día por una lluvia, el resto de la semana la temperatura fue creciendo hasta alcanzar un límite de 30°C con temperaturas exteriores máximas de 34°C a 36°C.



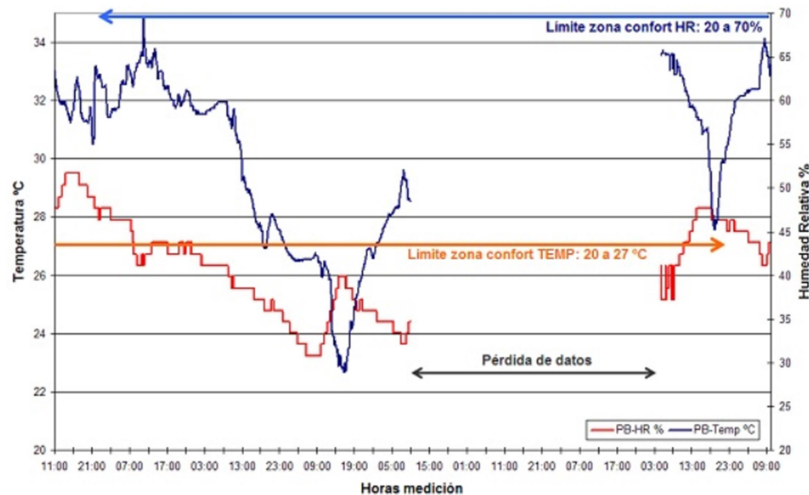


Figura 9.4: Comportamiento higrotérmico en planta alta y baja.

La humedad relativa se mantuvo en niveles de confort ampliado de verano y confort con ventilación. En el penúltimo día de medición vemos que los niveles de confort varían entre un mínimo de 26°C (64%) y un máximo de 29°C (46%) en planta alta. Esto implica una amplitud térmica de 3°C entre el día y la noche. Las mínimas podrían ser más bajas si se hubiera implementado el sistema de ventilación nocturna ya que por el tipo de ventanas utilizadas sin rejas ni mosquiteros hacen que no se dejen abiertas en planta baja. Esto impide aprovechar el fresco nocturno. La baja amplitud térmica muestra el efecto de la masa térmica de 220 kg/m<sup>2</sup> y el aislamiento térmico en muros, techos y vidriados.

## Sistema industrializado de viviendas para sectores vulnerables - aCasaBA

El MCTI viene trabajando desde 2017 en el desarrollo de tecnología innovadora para la construcción industrializada de viviendas con sistemas que sean de propiedad de la Provincia de Buenos Aires y mediante convenios puedan ser licenciadas a Municipios, Cooperativas, Empresas constructoras y ONG diversas.

A la fecha se viene tramitando la Certificación de Aptitud Técnica que emite el Instituto de la Vivienda bonaerense denominado CATIVBA. Se ha pasado la fase documental y resta la realización de ensayos en el LEMIT-CIC y la construcción de un prototipo en el predio de la CIC en Manuel Gonnet (Camino Centenario y 506).

Para la materialización del prototipo se está gestionando un subsidio del COFECYT (Consejo Federal de Ciencia y Tecnología).

Entre las características principales del sistema, pueden mencionarse:

- Componentes de prefabricación pesada de hormigón armado (peso menor a 4 Tn)
- Factibilidad de construirlos con inversión moderada a pie de obra.
- Cumple la LEY 13059/03 y su Decreto 1030/10 implicando confort térmico y eficiencia energética.
- Factibilidad de sostener confort con muy bajo consumo adicional de energía.
- Sistema de componentes o piezas parte que pueden ser producidos por diversos productores y compartidos en red a nivel territorial para optimizar la oferta.

- De rápido montaje y ocupación (menor a 3 meses)
- Equipadas con calentador solar de agua de uso sanitario con opción a provisión eléctrica con paneles FV para iluminación y conservación de alimentos.
- Equipadas con un sistema pasivo de calefacción solar (Muro Trombe-Michel).
- Se prevé accesibilidad para discapacitados.
- Varios modelos de unidades habitacionales: en dúplex, un nivel, apiladas y en bloque; mono-ambientes y de dos y tres dormitorios.
- Sistema sobre-elevado para zonas con riesgo de inundación.
- Tres variedades de techos: de chapa en pendiente, de hormigón en pendiente y planos en pendiente.
- Pensadas para lotes de 4 m de ancho y 8 m de ancho para maximizar el uso del suelo y reducir el costo de la infraestructura urbana (pavimento, alumbrado, agua corriente y desagües)
- Opción de sistema de tratamiento de desagües (requiere autorización autoridad competente)

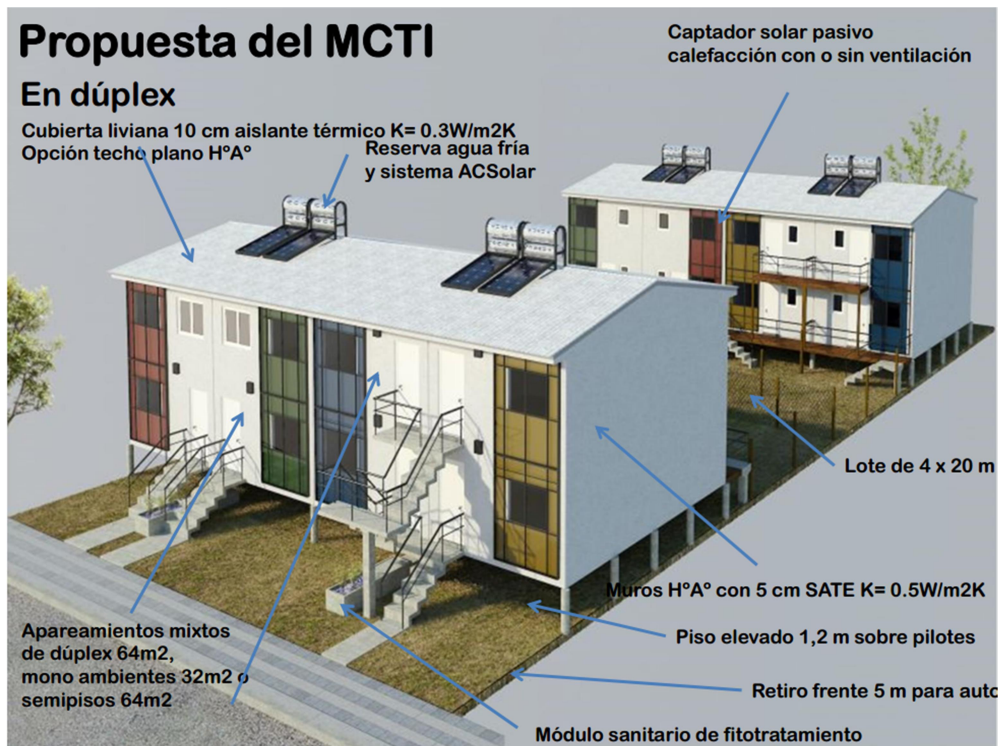


Figura 9.5: Descripción general de prototipos sobre-elevados.



Figura 9.6: Vista norte de agrupamiento de viviendas sobre-elevadas.



Figura 9.7: Vista a vuelo de dron del conjunto habitacional.



Figura 9.8: Vista norte de viviendas apiladas y agrupadas.



Figura 9.9: Vista sur con rampas de acceso a viviendas apiladas.

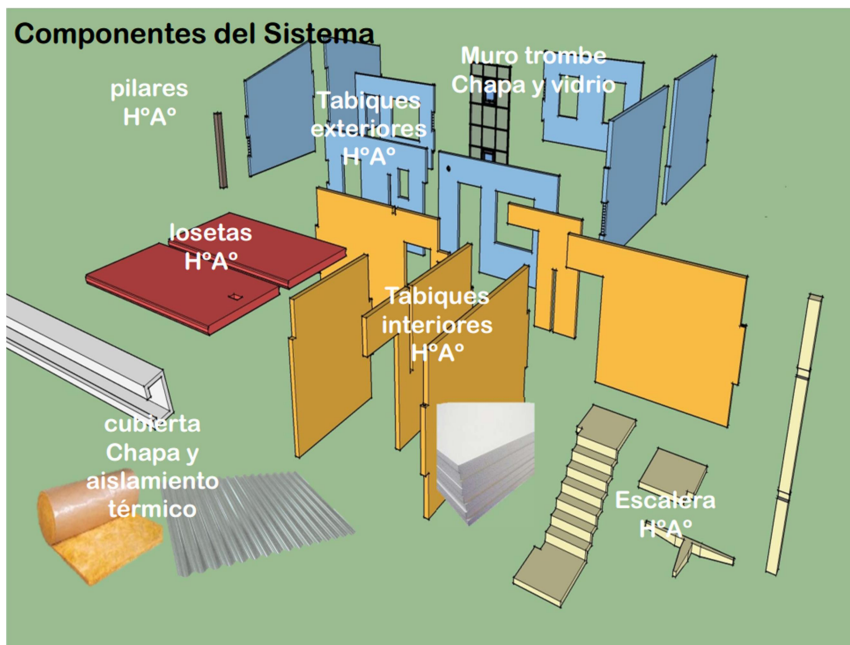


Figura 9.10: Componentes prefabricados del sistema aCASA-BA.



Figura 9.11: Vista a vuelo de dron de dúplex agrupados sobre plateas.

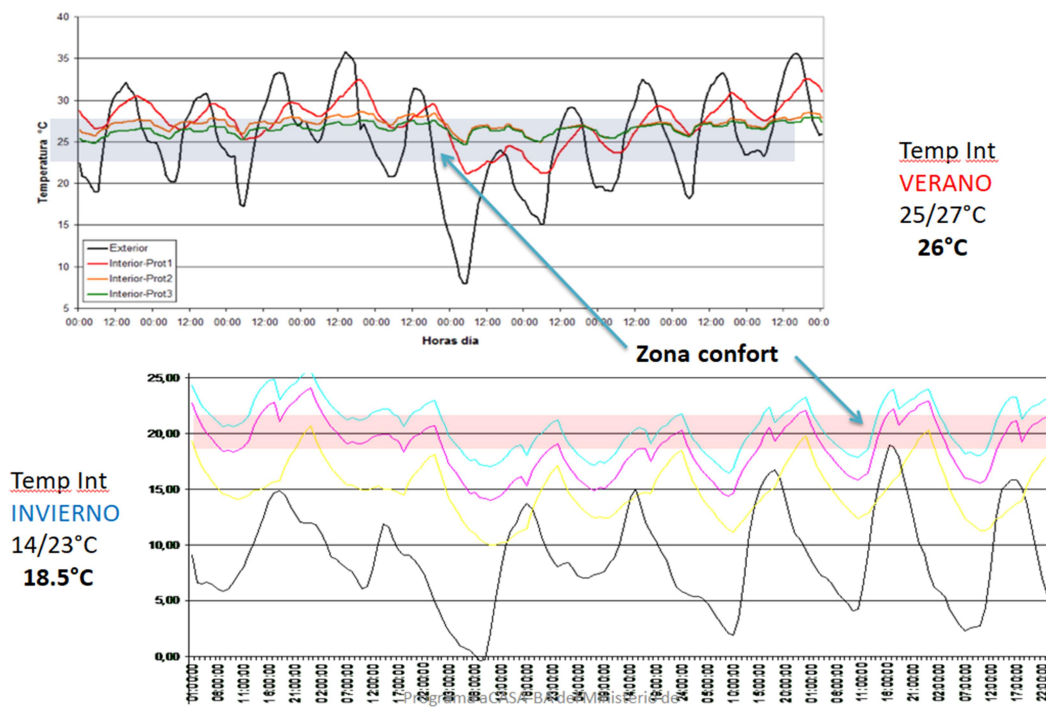


Figura 9.12: Comportamiento higrotérmico simulado de tipo dúplex.

### Características higrotérmicas

Los muros en contacto con el exterior están constituidos por una capa de hormigón armado de  $2000 \text{ kg/m}^3$  y  $0,08\text{m}$  de espesor revocado interiormente con enlucido pre-elaborado de  $1 \text{ cm}$ .

Hacia el exterior va pintado con emulsión asfáltica sobre el que se adhiere una capa de  $0.05\text{m}$  de EPS de  $20\text{kg/m}^3$  o  $0.035\text{m}$  de PUR proyectado de  $30\text{kg/m}^3$  y se termina con un *basecoat* armado con malla de vidrio de  $0.005\text{m}$  espesor. Estas soluciones poseen una transmitancia térmica de  $0.591 \text{ W/m}^2\text{K}$  caso EPS y  $0.581 \text{ W/m}^2\text{K}$  caso PUR. En ambos casos resuelto con la técnica EIFS (External insulation finish system).

En ninguno de los dos casos se presenta condensación superficial o intersticial al verificar la Norma IRAM 11625 para la región del gran La Plata con una temperatura exterior de diseño de -2.4°C. Cumple además lo establecido en el Decreto 1030/10 de la Ley 13059/03. Es importante que la temperatura superficial interior esté en casi 14°C facilitando poder alcanzar 18°C con aporte solar y ocupación sin calefacción adicional.

Las ventanas serán de prestación media y doble vidriado hermético a fin de poder cumplir con lo establecido en la Norma IRAM 11507-4 del decreto 1030/10 que exige una transmitancia térmica igual o menor a 4 W/m<sup>2</sup>K. En el caso de marcos de aluminio será sin ruptor de puente térmico y con DVH de 6+12+6 dará un K= 3.82 W/m<sup>2</sup>K. Como sistema de oscurecimiento fijo se propone un agregado interior con marco de madera y postigos plegables en terciado fenólico de 15mm o similar. Esta solución económica permitiría una mejora a K= 1.85 W/m<sup>2</sup>K.

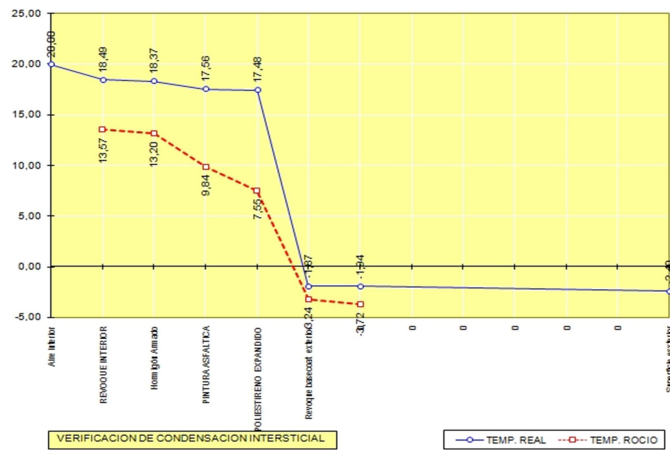


Figura 9.13: Riesgo de condensación intersticial. Fuente: propia

El techo se compone de una cabreada a dos aguas realizada en madera, reticulado de hierro o perfiles estructurales de chapa galvanizada. Se cubre con chapa ondulada zincada sobre correas y 0.05 m de lana de vidrio con foil de aluminio.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT  
**PLANTILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO**

N°	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m <sup>2</sup> .K/W	Peso Espec. Kg/m <sup>3</sup>	Peso Unit. Kg/m <sup>2</sup>	Permeabilidad g/m.h.kPa	Permeancia g/m <sup>2</sup> .h.kPa	Resist. vapor tot. m <sup>2</sup> .h.kPa/g	VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
										MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE										RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.
ECOLOGICO										NO VERIFICA			
Elem.										Presión vapor kN/m <sup>2</sup>	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)	
	AIRE INTERIOR									1,55	20,00		
	R.S.I.		CONDUC	0,130									
1	Tablero Durlock	0,0100	0,370	0,027	800	8,0	0,011		0,31	1,55	18,34	13,57	
2	Foil de aluminio	0,0005	204,000	0,000	2700	1,4	0,0112		83,29	1,54	18,72	13,51	
3	Lana de vidrio	0,0500	0,042	1,190	15	0,8	0,500		0,10	1,00	18,72	7,02	
4	Aireático	0,1500		0,170	2700	405,0		100,0000	0,01	1,00	7,63	7,01	
5	Foil de aluminio	0,0005	204,000	0,000	2700	1,4	0,0112		83,29	0,45	7,63	-3,70	
6	Lana de vidrio	0,0500	0,042	1,190	15	0,8	0,500		0,10	0,45	-2,07	-3,72	
7	Chapa zincada	0,0005	200,000	0,000	3400	1,7	0,300		0,00	0,45	-2,07	-3,72	
8										#N/A	#N/A	#N/A	
9										#N/A	#N/A	#N/A	
10										#N/A	#N/A	#N/A	
11										#N/A	#N/A	#N/A	
	R.S.E.			0,040						0,45	-2,40		
	AIRE EXTERIOR									0,45	-2,40		
		Espesor Total:	0,262		Res.Ter.Tot. 2,748	Kt/VR 0,364	Peso Total 418,30		Resist.paso vapor tot. 173,631				

Figura 9.14: Evaluación higrótérmica de solución de techo con programa CEEMACON.

El ático será ventilado y el cielorraso de tableros de roca de yeso tipo durlock con 0.05m de lana de vidrio. Posee una transmitancia térmica K= 0,364 W/m<sup>2</sup>K.

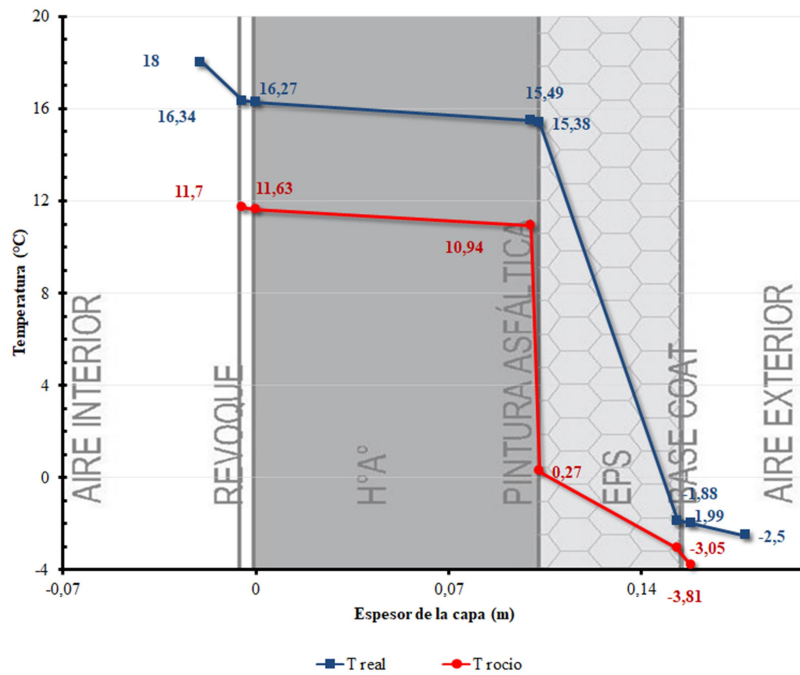


Figura 9.15: Comportamiento higrotérmico simulado de tipo dúplex.

En figura 9.15 se puede ver que la ubicación del aislante térmico en la cara exterior del tabique de H°A° pintado exteriormente con emulsión asfáltica reduce la presión de vapor impidiendo el riesgo de condensación en el tabique o en el aislante. También puede verse que con temperaturas exteriores como la evaluada de  $-2,5^{\circ}\text{C}$  la temperatura superficial interior alcanzará los  $16,27^{\circ}\text{C}$  a poco más de un grado de la temperatura del ambiente interior. Implica paramentos templados y agradable sensación de confort radiante.

### Evaluación energética

Se muestran resultados de una evaluación energética realizada al prototipo para la región del gran La Plata que posee un clima templado cálido húmedo y se encuentra dentro de la región bioambiental IIIb (IRAM 11603). La temperatura de diseño de invierno es de  $-2,4^{\circ}\text{C}$  y según norma corresponde al percentil 1% en 30 años para zonas periurbanas ya que en zonas urbanas puede ser hasta  $3^{\circ}\text{C}$  superior [IRAM 11603, 2012]. En Tabla 1 se ven los datos de cálculo.

Se realiza un análisis energético con el programa *AuditCAD* [Czajkowski, 1999] para dos situaciones de agrupamiento. C1: vivienda exenta con aislamiento térmico homogéneo en las cuatro caras y fachada urbana orientada al norte. C2: vivienda apareada con aislamiento térmico de 0,02m de espesor en medianeras.

Un diagnóstico térmico muestra que la vivienda exenta de  $59,3\text{ m}^2$  y  $148,2\text{ m}^3$  a calefaccionar, tendrá una carga térmica unitaria de  $146\text{ W}/^{\circ}\text{C}$  y un coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas de  $0,98\text{ W}/\text{m}^3\text{K}$ . La discriminación de pérdidas térmicas por envoltorio da 21.2% ( $31\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ ) para muros, 7.3% ( $11\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ ) para techos, 22.2% ( $32\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ ) para ventanas, 8.1% ( $12\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ ) para puertas, 5.6% ( $8\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ ) para pisos y 35.6% ( $52\text{ W}/^{\circ}\text{C}$ ) para 1 renovación de aire por hora.

Una simulación horaria de 7 días, con ocupación para 4 personas ( $108,86\text{ MJ}$ ), determina un consumo de  $10\text{ kWh}$  ( $931,09\text{ MJ}$ ) en energía eléctrica y  $45\text{ m}^3$  ( $36,00\text{ MJ}$ ) de gas natural en las 168 horas de uso para una temperatura exterior media de  $5,5^{\circ}\text{C}$  para sostener  $18^{\circ}\text{C}$  de



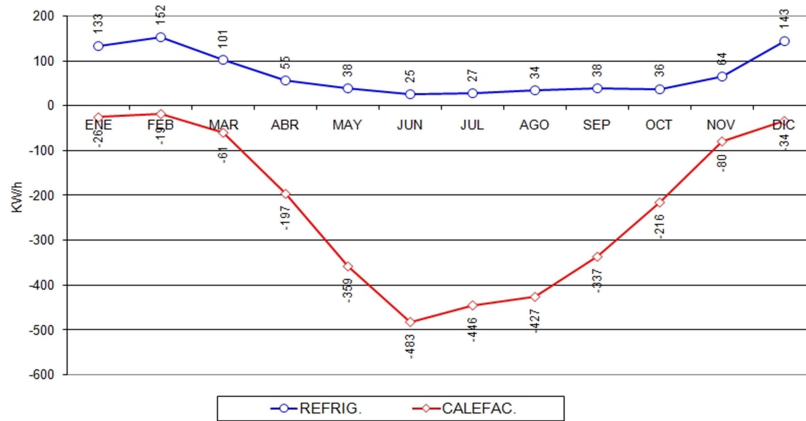


Figura 9.16: Cargas térmicas mensuales en kW/h para cielo claro. Fuente: propia

temperatura de confort interior. El aporte solar es de (72.33 MJ) por ganancia directa por ventanas.

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
GD (18°C)	-	-	-	60	164	246	267	242	162	93	-	-	1234
Perdidas kWh/mes	-	-	-	200	600	900	900	800	600	300	-	-	4300
Ganancias kWh/mes	-	-	-	400	500	400	400	500	400	400	-	-	5500
Balance %	-	-	-	211	80	51	47	54	76	145	-	-	127
Sin sol	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
GN (m3/mes)	-	-	-	20	50	80	90	80	50	30	-	-	400
GLP (Kg/mes)	-	-	-	10	40	60	70	60	40	20	-	-	310
Con sol	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
GN (m3/mes)	-	-	-	-	10	40	50	40	10	-	-	-	140
GLP (Kg/mes)	-	-	-	-	10	30	40	30	10	-	-	-	110

Tabla 9.2: Síntesis de pérdidas y ganancias energéticas mensuales y consumo calculado de gas natural y GLP.

En Tabla 9.2 y figura 9.16 puede verse la evolución de la demanda y aportes mensuales de energía y los grados día de calefacción. La expresión de "con sol" corresponde a incluir al aporte solar por ganancia directa por vidriados y "sin sol" a las pérdidas térmicas únicamente. Puede verse que prácticamente la mitad de las necesidades de energía podrían obtenerse por ganancia solar directa en ventanas. Esto puede mejorarse con el agregado de un captador solar pasivo y/o compensar parcialmente los días sin sol.

La demanda de energía bruta anual es de 4300 kWh/año que implica 72.5 kWh/m<sup>2</sup>año. Esto representa un consumo potencial bruto de 400 m<sup>3</sup>/año de gas natural o 6.74 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>año. En caso de considerar el aporte del sol este valor se reduce a 140 m<sup>3</sup>/año o 2.36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>año.

Para el cálculo de las necesidades de combustibles para calefacción se utilizó el calefactor usual en el país denominado de "tiro balanceado" con un rendimiento medio de 0.65.

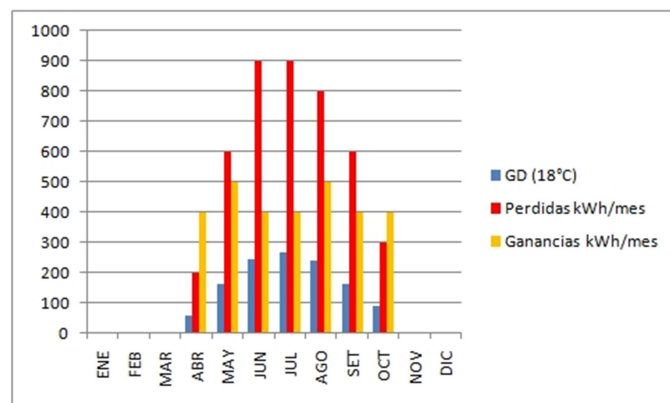
Al agruparse las viviendas, se mantiene el nivel de aislamiento térmico exterior pero se reduce en un 60% el aislamiento térmico de los muros medianeros.

Esto hace que en caso de que las casas linderas no estén calefaccionadas el consumo de energía va a aumentar en la vivienda ocupada. Así la demanda bruta de energía aumentará a 5500 kWh/año o 92.7 kWh/m<sup>2</sup>año.

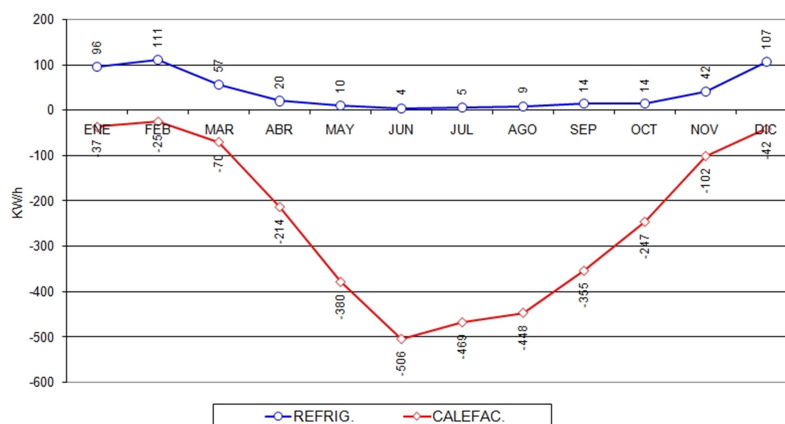
En caso que las viviendas se calefaccionen con garrafas de 10kg de GLP la vivienda requerirá 9 unidades/mes en el mes más frío (julio) sin aporte solar y 5 unidades/mes con el aporte del sol.

Suponiendo el uso de calefactores tipo tiro balanceado de 65% de rendimiento. Es una cantidad que puede exceder las posibilidades de los grupos familiares de estos *asentamientos*. A esto debiera agregarse una garrafa para cocción y dos para agua caliente sanitaria. Esto hace necesario profundizar el análisis para aprovechar de manera más eficiente el sol. Un segundo análisis de cargas térmicas de refrigeración y calefacción para la vivienda considerada muestra una baja necesidad de climatización en verano y lo contrario en invierno. Esto responde a las particulares características del clima templado de la región del gran La Plata. Se realizaron dos análisis correspondientes a cielo claro y a cielo promedio dado que en el período frío se dan solo 30% de días con cielo claro y 70% con cielos cubiertos o semi-cubiertos según valores de 30 años del Servicio Meteorológico Nacional. Esto se representa en las figuras 8 y 9.

Si consideramos el período usual en que la calefacción se enciende en la región va de abril a octubre para parte de la población de mayores recursos y de mayo a septiembre para el resto de los hogares. Si consideramos el período extenso tendremos una demanda de energía 2464 kWh/año para mantener las viviendas a termostato a 18°C en condición de días claros y 2617 kWh/año para días nublados. Si consideramos la relación 30/70 entre días claros y nublados tendremos una demanda de energía ponderada de 2571 kWh/año bruta. Para estimar un consumo de energía deberemos considerar un combustible y el rendimiento del sistema de calefacción.



**Figura 9.17:** Demanda de energía respecto del aporte solar potencial y los grados día en calefacción (18°C), en la vivienda. Fuente: propia.



**Figura 9.18:** Cargas térmicas mensuales en kWh para cielo medio. Fuente: propia

Como ya mencionamos previamente, los combustibles usuales son el gas natural en caso de existir red pública o GLP caso se usen garrafas. En el primer caso tendremos  $481 \text{ m}^3/\text{año}$  y en el segundo  $370 \text{ kg/año}$ . Implica un consumo anual de  $7,51 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{año}$  a calefaccionar o  $40,18 \text{ kWh/m}^2.\text{año}$ . Este valor está cerca de los  $20$  a  $30 \text{ kWh/m}^2.\text{año}$  recomendado para viviendas de baja energía. El muro Trombe-Michel adosado se espera tenga un rendimiento del  $45$  a  $48\%$  para un valor medio de  $7.6 \text{ MJ/m}^2.\text{día}$  en el mes de julio.

## Conclusiones

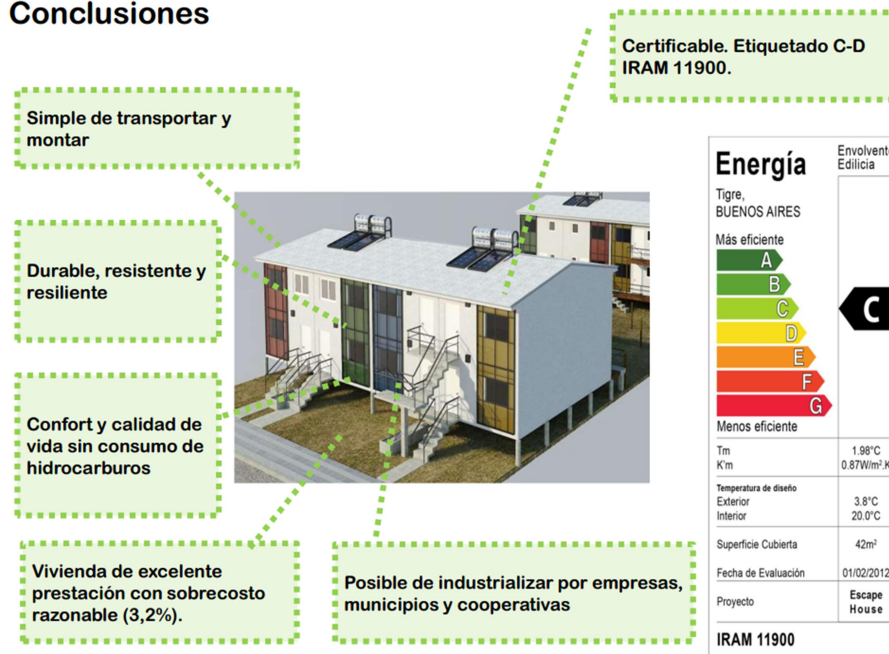


Figura 9.19: Síntesis de características del Sistema aCASA-BA.

## Edificio de oficinas en Llavallol (2009)

En 2009 se celebra un Convenio entre el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable y la Empresa Sain Gobain para producir un edificio administrativo conceptual con la principal característica de ser de baja energía a energía plus y resiliente al cambio climático. El modelo edilicio debía ubicarse en medio de un predio fabril en la localidad de Llavallol, partido de Lomas de Zamora en el AMBA. El modelo conceptual debía ser elaborado por docentes y alumnos universitarios de la misma forma que los modelos edilicios de la empresa en ciudades europeas. La empresa comenzó la construcción de una versión adaptada en 2014 que no se terminó.

El Modelo edilicio debía cumplir la normativa Multi Comfort House de la empresa y paralelamente alcanzar un nivel de aislamiento en muros y techos Nivel A (IRAM 11605) y un etiquetado A de la Norma IRAM 11900 que se debatía en ese entonces.

Debía reducir en un 90% el consumo de agua potable reciclando y tratando efluentes, resistir las frecuentes inundaciones en el sitio a la vera del arroyo del Rey, minimizando el uso de energía para operar.



Figura 9.20: Render de la imagen exterior propuesta.

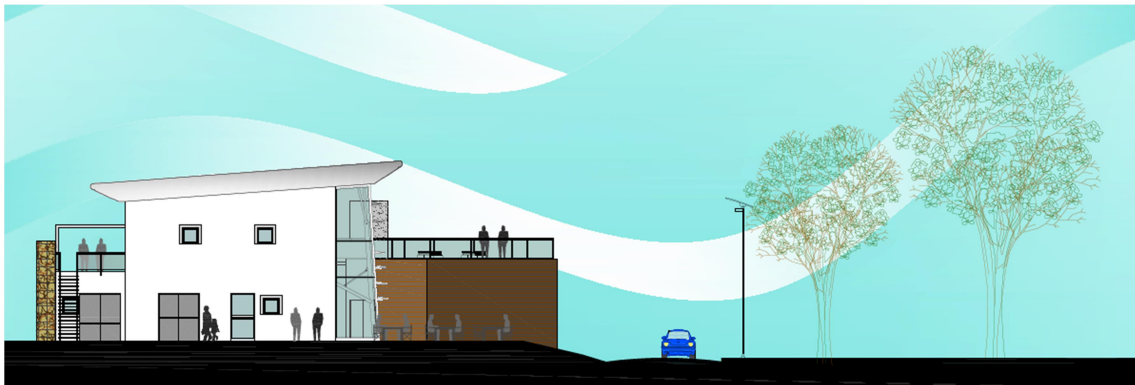


Figura 9.21: Vista sur del edificio.

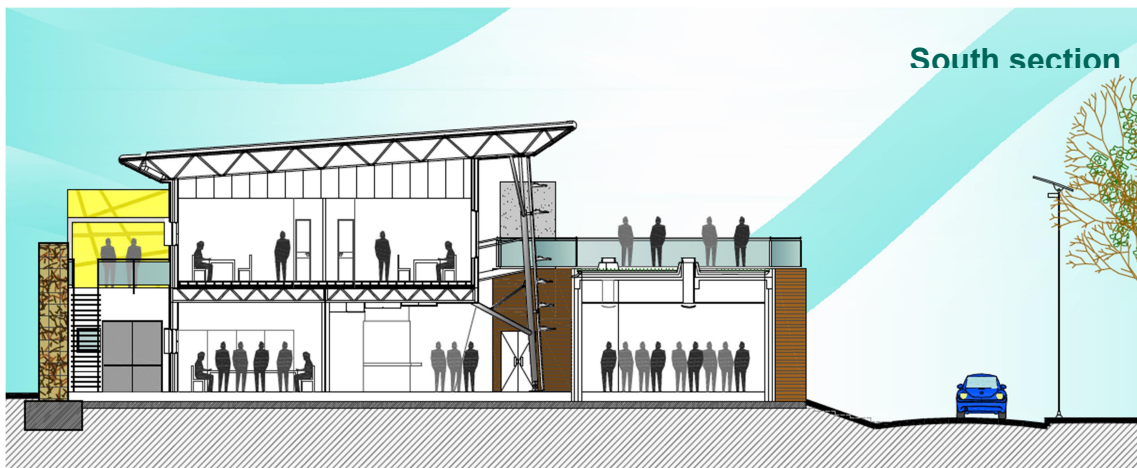


Figura 9.22: Sección transversal del edificio

### El edificio y sus requerimientos

Los requerimientos originales del edificio implicaban entre 750 y 900 m<sup>2</sup> para ser utilizados en oficinas administrativas y gerencias, un área de exposición de productos de la empresa, un aula de conferencias junto a talleres de capacitación, sanitarios y anexos. Solicitaron una imagen ambigua que remitiera a varias funciones edilicias pero que impacte visualmente. Debía tomarse los principales sistemas constructivos utilizados en el país y se los mejorarlos higrotérmicamente, brindando una satisfactoria calidad de vida a los trabajadores.

Inicialmente se exigió el uso del sistema Steel framing para ser utilizado junto a los sistemas tradicionales mejorados.

El edificio debía tender a demandar energía anual al nivel de la convención de edificio de baja energía (20 a 30 kWh/m<sup>2</sup>.año) a energía cero (< 15 kWh/m<sup>2</sup>.año). El estándar MINERGIE® (42 kWh/m<sup>2</sup>.año o 13.300 Btu/ft<sup>2</sup>/yr) aplicable a casas de baja energía en Alemania utiliza solamente para calefacción valores superiores a los mencionados previamente.

Esto formó parte de un largo debate sobre qué valor de referencia debía alcanzarse para un edificio de oficinas de carga térmica media por ocupación. Cantidad variable de ocupantes en cada piso del edificio en diversos momentos del año y sin mayor certeza sobre la intensidad de ocupación a lo largo de un año tipo.

En el país no existen normas para edificios de muy alto nivel de eficiencia salvo lo estipulado en el Nivel A de la Norma IRAM 11605 y el etiquetado edilicio de energía en calefacción de la Norma IRAM 1900. En el LAYHS se contaba con experiencia en la formulación de indicadores y niveles de eficiencia energética en calefacción y refrigeración en edificios de oficinas a partir de auditorías, su modelización y simulación que además son antecedentes de las normas nacionales. A esto se sumaba el cumplimiento de la Ley 13.059/03 y su decreto reglamentario 1030/10 de la provincia de Buenos Aires, que no habría mayor inconveniente en que se cumpla por ser de medio-baja eficiencia energética.

Dado que el estándar Multi Comfort House de ISOVER está basado en el estándar Passive House de Alemania, para viviendas y para clima frío, implica tomar como referencia los siguientes aspectos: a. demanda de energía en calefacción que no supere los 15 kWh/m<sup>2</sup>.año (4746 btu/ft<sup>2</sup> año) y en refrigeración 15 kWh/m<sup>2</sup>.año o con una carga térmica pico inferior a 10 W/m<sup>2</sup>; b. total de demanda en energía primaria no superior a 120 kWh/m<sup>2</sup>.año (37900 btu/ft<sup>2</sup> año) y c. una tasa de renovaciones de aire no superior a 0.6 veces/hora del volumen del edificio ( $n_{50} \leq 0.6$  / hora) a 50 Pa (N/m<sup>2</sup>).

En cualquier caso se aclaró que estos estándares fueron pensados para climas fríos a muy fríos con valores superiores a los 3000 grados día y veranos cortos y moderados similares a los climas de la Patagonia Argentina con latitudes de 45 a 55° que no son los del Área Metropolitana Buenos Aires. El consenso consistió en realizar un ejercicio de investigación proyectual sustentable en el que habría generación de innovación tecnológica y de los valores que resultarían servirían para proponer un antecedente de un futuro estándar nacional. El edificio se construiría y monitorearía de forma continua para generar experiencia.

### **Tecnología de la envolvente edilicia**

Para la resolución de la envolvente del edificio se definieron tres sectores diferenciados: a. El cuerpo principal de dos plantas en tecnología liviana Steel Framing, b. El aula auditorio en construcción convencional de estructura de H°A° independiente y muros de ladrillos cerámicos huecos de 12cm y 9 agujeros. El sector servicios en muros y techo de H°A° de 12cm.

Estos son sistemas constructivos usuales. Las figuras muestran detalles y sus especificaciones utilizando la línea de productos de la empresa Isover. Al momento de realizar en trabajo no existía en el país perfilaría de aluminio para triple vidriado hermético y para alcanzar un  $K=0.80$  W/m<sup>2</sup>K debió recurrirse a un sistema de doble ventana. Un paño interior de triple accionamiento y un paño exterior tipo banderola con DVH en ambos.

El aula auditorio posee iluminación cenital por lumiductos sobre los oyentes y ventanucos bajos para ventilación natural e iluminación a nivel del suelo. La terraza es accesible y verde para el sector administrativo. Este sector posee envolvente liviana doble e independiente. Una envolvente interior con reducido volumen a refrigerar y una envolvente exterior existiendo ventilación entre ambas en la zona de ático.

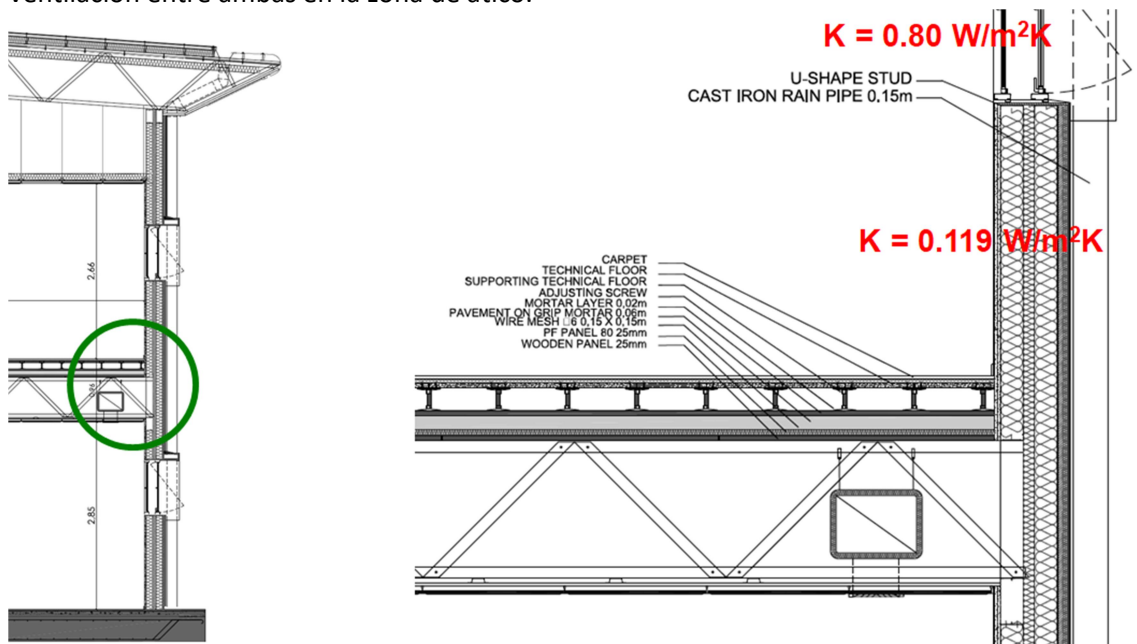


Figura 9.23: Detalle de la resolución constructiva del muro oeste.

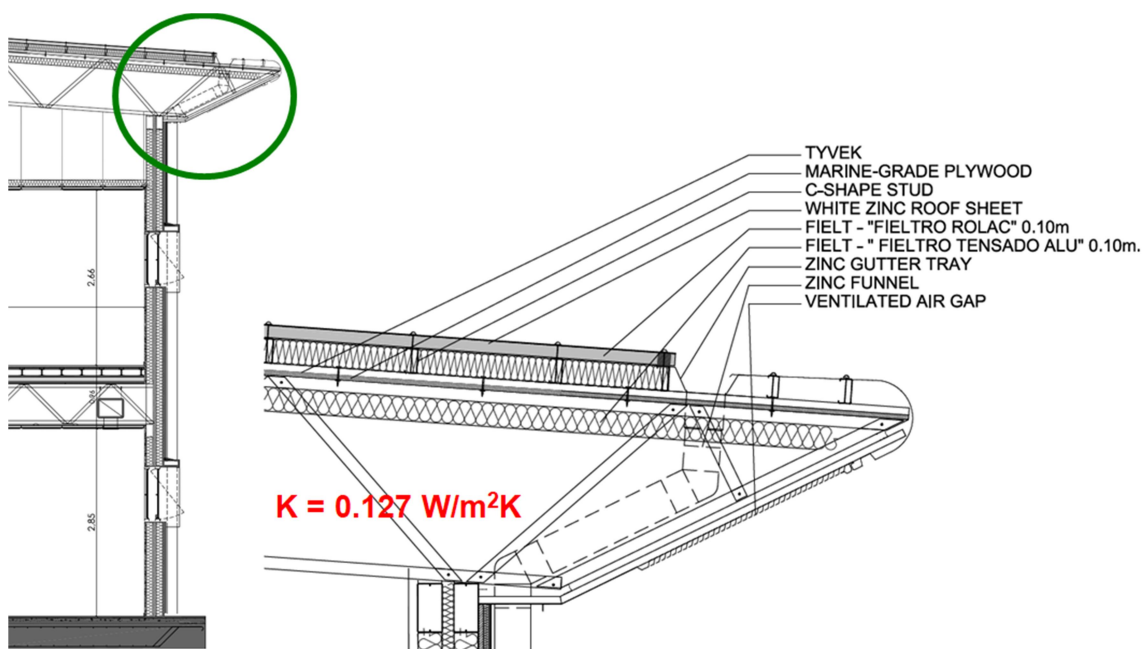


Figura 9.24: Detalle de la resolución constructiva del muro oeste.

Las figuras 9.23 y 9.24 muestran las soluciones adoptadas para la materialización de la envolvente a fin de alcanzar el estándar de la normativa exigida. Se adopta un sistema de doble piel donde la primera contiene a cada ambiente a climatizar y que se piensan de climatización independiente para diferentes rangos térmicos de confort. La segunda piel totalmente separada de la interior por una interfaz de 5 cm de paneles rígidos de lana de

vidrio y auto-portante genera una protección de los ambientes interiores. La cubierta conforma un gran ático ventilado que reduce la carga solar en verano y no emite calor radiante hacia el cielorraso que fluctúa con la variación térmica del aire exterior. Con esto se reduce al mínimo la carga térmica sensible exterior y el sistema de refrigeración solo maneja en mayor medida la carga por ocupación sensible y latente.

En caso de necesitarse se prevé ventilación cruzada en los ambientes a climatizar. Oficinas en primer piso y sala de exposiciones y salones de capacitación en planta baja. Más anexos de apoyo.

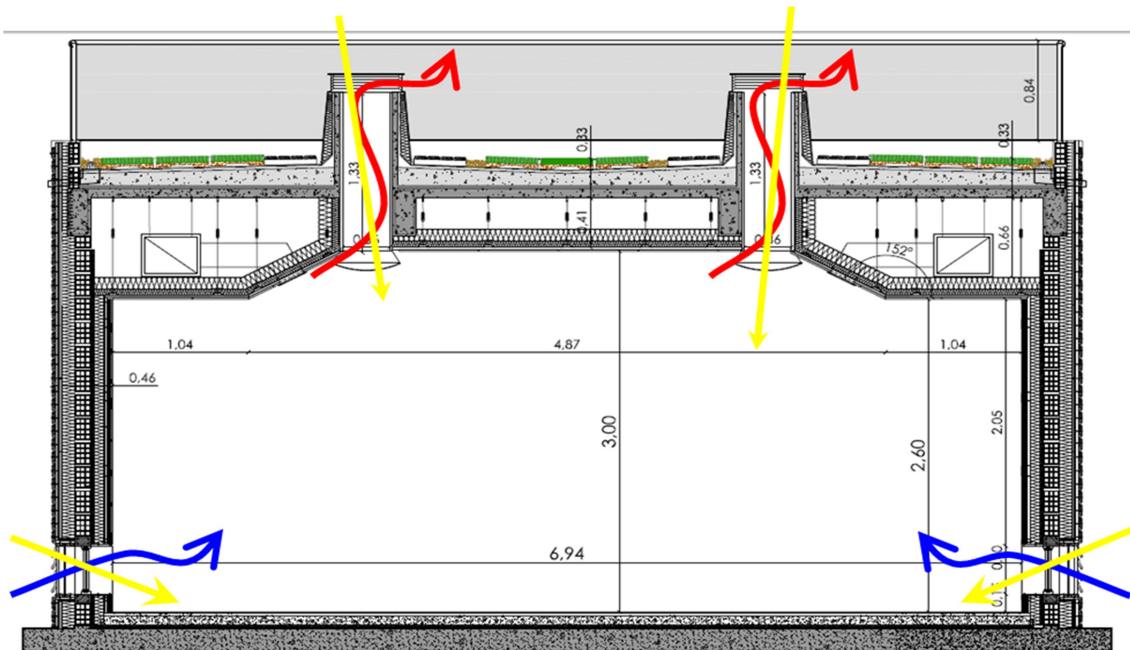


Figura 9.25: Detalle de la resolución constructiva del aula de capacitación.

En figura 9.25 se muestra un detalle del aula de capacitación materializado con estructura de HªA y ladrillos cerámicos huecos de 12x18x33 aislados en cara exterior e interior. Puede verse las rajas de iluminación y ventilación a nivel de zócalo y los lumiductos de extracción a nivel de cielorraso. El perfil de cielorraso sirve para iluminar naturalmente el sector de sillas para los capacitados dejando el perímetro libre para circulación y exposición minimizando la contaminación lumínica. Se ve el espacio para los evaporadores VRV y los ductos para inyección del aire de climatización. La losa se cubre con un techo verde de bajo mantenimiento en bandejas removibles semi accesible. Los lumiductos se materializan con "Climaver".

### Sobre el comportamiento energético y térmico.

En la Tabla 1 puede verse una comparación en el análisis de las cargas térmicas en refrigeración del edificio construido de la forma usual en la región y la opción mejorada. Una construcción convencional usualmente posee valores de transmitancia térmica K (o U) en techos de 1 a 7 W/m<sup>2</sup>K, en muros opacos de 1 a 3 W/m<sup>2</sup>K, en puertas de 1 a 7 W/m<sup>2</sup>K, en ventanas de 3 a 6 W/m<sup>2</sup>K y en pisos de 2 a 3 W/m<sup>2</sup>K. Con estos niveles de aislamiento se construye usualmente en la totalidad del territorio nacional desde los 24° a los 55° de latitud. En la Provincia de Buenos Aires y las ciudades de Rosario y Buenos Aires mediante leyes o Códigos de Edificación se exige el cumplimiento de Normas IRAM sobre acondicionamiento

térmico de edificios, aunque no se cumple; en el resto del país no hay regulación de la calidad térmica de la construcción en la obra privada. Los valores mencionados aplicados al caso de este edificio, implicaría una demanda de energía en calefacción de 321,4 kWh/m<sup>2</sup>.año, de mantenerse un encendido las 24hs, o 160.7 kWh/m<sup>2</sup>año solo medio día. La potencia en refrigeración sería de unas 65 Tn o 220kW. El caso mejorado MCH, posee transmitancias térmicas de 0.12 W/m<sup>2</sup>K en techos, 0.12 W/m<sup>2</sup>K en muros opacos, 1,86 W/m<sup>2</sup>K en puertas, 0,8 W/m<sup>2</sup>K en ventanas y 0.5 W/m<sup>2</sup>K en pisos. Esto significa una sensible reducción de la demanda térmica en calefacción a un valor de 72.7 kWh/m<sup>2</sup>.año de mantenerse un encendido las 24hs o 36.4 kWh/m<sup>2</sup>año solo medio día. La potencia en refrigeración sería de 27 Tn o 91kW. Comparando los casos se nota una mejora del 77,4% en la demanda de energía en calefacción y del 58,5% en potencia instalada en refrigeración.

Un análisis discriminado muestra que las pérdidas por conducción se redujeron un 85.7%, las ganancias solares un 77.9% con parasoles y tipos de vidriados, la iluminación artificial un 54,9% con tipos de lámparas e iluminación natural y un 13.9% en equipamiento ofimático al sectorizar los servidores.

Carga térmica	Edificio convencional		Edificio MCH	
	W	%	W	%
Q conducción	72686	33.13	10399	11.48
Q solar	65524	29.87	14474	15.98
Q personas sensible	9635	4.39	8366	9.24
Q personas latente	7995	3.64	6942	7.66
Q equipamiento sensible	8344	3.80	7180	7.93
Q equipamiento latente	0	0.00	0	0.00
Q iluminación	11280	5.14	5088	5.62
Q aire ext sensible	12915	5.89	11214	12.38
Q aire ext latente	30996	14.13	26914	29.71
TOTAL	219375	100	90576	100

Tabla 9.3: Comparación en cargas térmicas discriminadas para refrigeración del edificio, entre una construcción convencional y una versión mejorada "Multi Comfort House".

### Comportamiento térmico invernal.

Una simulación térmica realizada en *EnergyPlus* del edificio MCH para el período de invierno cerrado y no ocupado o en evolución natural muestra que alcanzará una temperatura media interior cercana a los 15°C. Una revisión por ambiente muestra que el aula auditorio por la homogeneidad en el aislamiento térmico de la envolvente variará entre 13 y 17°C con ciclos de 15 días. En el otro extremo el Hall y área de exposición con la mayor parte de su envolvente vidriada tendrá variaciones diarias con una amplitud media de 4°C. Si analizamos el día más frío (22/7) con una mínima de -2 y una máxima de 9°C y amplitud térmica de 11°C mientras el aula responde con 15° y sin amplitud significativa el hall muestra una mínima de 12°C y una máxima de 17°C. Esta primera simulación con edificio vacío hace prever problemas térmicos cuando sea ocupado. En el caso de una vivienda no implicaría problemas, pero con todos los



ocupantes, la iluminación y el equipamiento ofimático podría generar un recalentamiento por la baja disipación de calor de la envolvente.

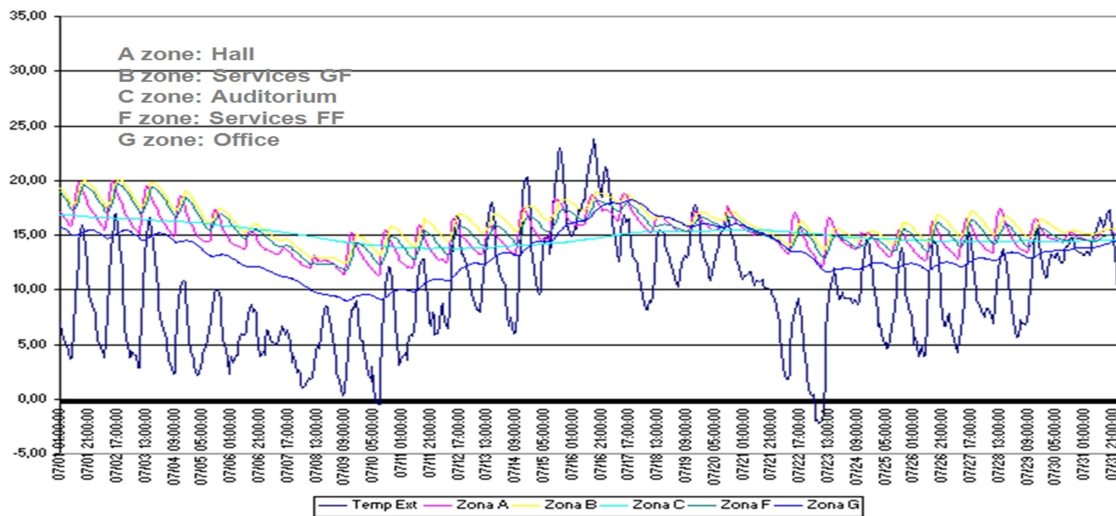


Figura 9.26: Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de invierno (mes de julio) y en evolución natural (cerrado y no ocupado). Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de julio en abscisas.

Se procedió a realizar una simulación suponiendo el edificio totalmente ocupado sea en el sector administrativo, con charlas técnicas en el aula auditorio y grupos de capacitación práctica en las aulas taller de cielorrasos y Climaver. El resultado muestra lo que se preveía, con picos de temperatura cercanos a 30°C sumado a una amplitud térmica próxima a los 11°C.

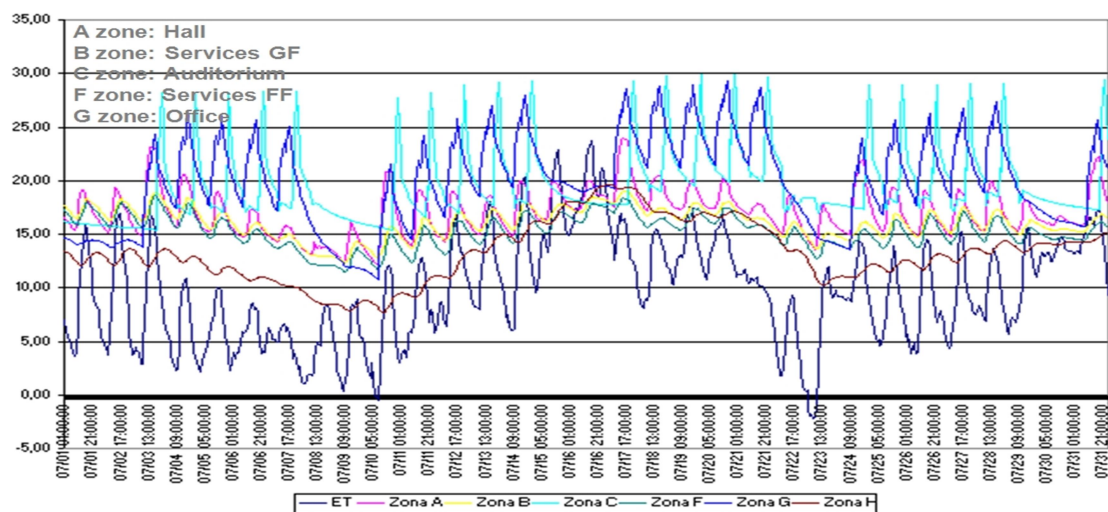


Figura 9.27: Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de invierno (mes de julio) y con ocupación total. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de julio en abscisas.

Un control automatizado del edificio haría encender el aire acondicionado el 67% de los días de julio o los habitantes tendrían que abrir ventanas para ventilarlo. En cualquiera de los casos podría discutirse sobre la necesidad de un sistema de calefacción.

La gran amplitud térmica en el aula auditorio y en el piso administrativo implica falta de masa térmica en la envolvente que amortigüe estas variaciones.

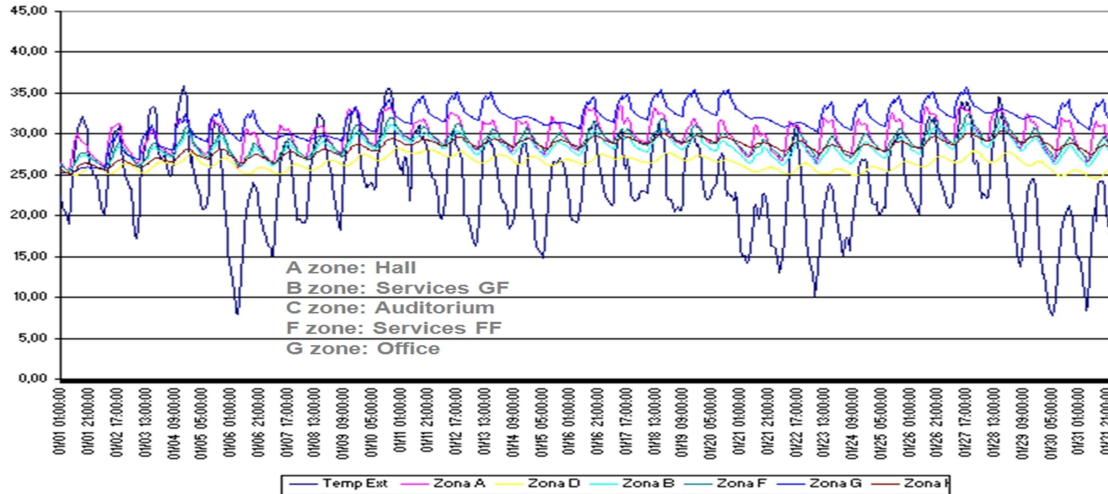


Figura 9.28: Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de invierno (mes de julio) y con ocupación total incorporando masa térmica interior. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de julio en abscisas.

Una tercera simulación (Fig 9.28) incorporó masa térmica en el piso del aula auditorio y en los muros del sector administrativo. Tres opciones de masa térmica adicional en caso de muros no mostraron significativas diferencias: a. Uso de placas de yeso con grajeas de cambio de fase (tipo Micronal PCM Smartboard); b. 12 cm de espesor en ladrillos comunes macizos o; c. 9 cm de hormigón armado.

La opción a se descartó por ser un producto de la competencia, la opción c por razones de costos y finalmente se optó por muros convencionales de ladrillos comunes revocados. En la figura puede observarse como las amplitudes se reducen en promedio un 60% con picos que se acercan a los 25°C. El día más frío en el momento de actividad la temperatura interior variará entre los 18°C y los 21°C y en el más cálido entre 23 y 25°C. Un análisis a nivel mensual muestra que salvo los sanitarios el resto del edificio varía entre 14°C y 25°C y una media mensual de 19,5°C. Una ocupación media haría que el edificio no fuera lo suficientemente confortable en especial en la planta alta de oficinas. Siempre recordando que no hay calefacción sino solamente aportes por ocupación sumado al clima exterior y asoleamiento.

Dado que el diseño bioclimático puede no resultar fiable, se dimensionó un sistema convencional de calefacción por piso y muros radiantes y calor será aportado por colectores planos en los cobertizos del estacionamiento con tanques de acumulación en subsuelo.

### Comportamiento térmico estival

Una simulación térmica realizada en EnergyPlus del edificio MCH para el período de verano en el mes de enero previendo un edificio vacío con ventilación natural nocturna y cerrado durante el día manteniendo abiertas las ventilas en cielorraso, muestra que alcanzará una temperatura media interior mensual cercana a los 19°C, con mínimas de 27°C y máximas de 32°C. Una revisión por ambiente muestra que el aula auditorio tendrá una temperatura cuasi constante a 27°C. Similar al invierno el Hall y área de exposición tendrá variaciones diarias con una amplitud media de 5°C. Si analizamos el día más cálido (04/01) con una mínima de 21°C y una máxima de 36°C y amplitud térmica de 15°C mientras el aula responde con 26° y sin amplitud significativa el hall muestra una mínima de 27°C y una máxima de 33°C [ver Fig 9.29].

En el caso de ocupación total y similar condición de ventilación natural, mientras el Hall y área de exposición mantiene su comportamiento, el aula auditorio y el piso administrativo responden a la carga por ocupación sobrecalentándose. Así el aula alcanza una temperatura media de 30°C con máximas de 33°C y mínimas medias de 27°C. Siempre suponiendo uso diario de lunes a viernes. El piso de oficinas, con mayor carga térmica, alcanza máximas de 40°C con mínimas de 35°C un 25% de los días del mes. En cualquier caso no es un ámbito confortable para un trabajador y será necesario en encendido del sistema de refrigeración. En la figura 14 puede verse el efecto beneficioso de agregar masa térmica y ventilación nocturna (selectiva) donde las máximas no superan los 35°C con mínimas de 32°C.

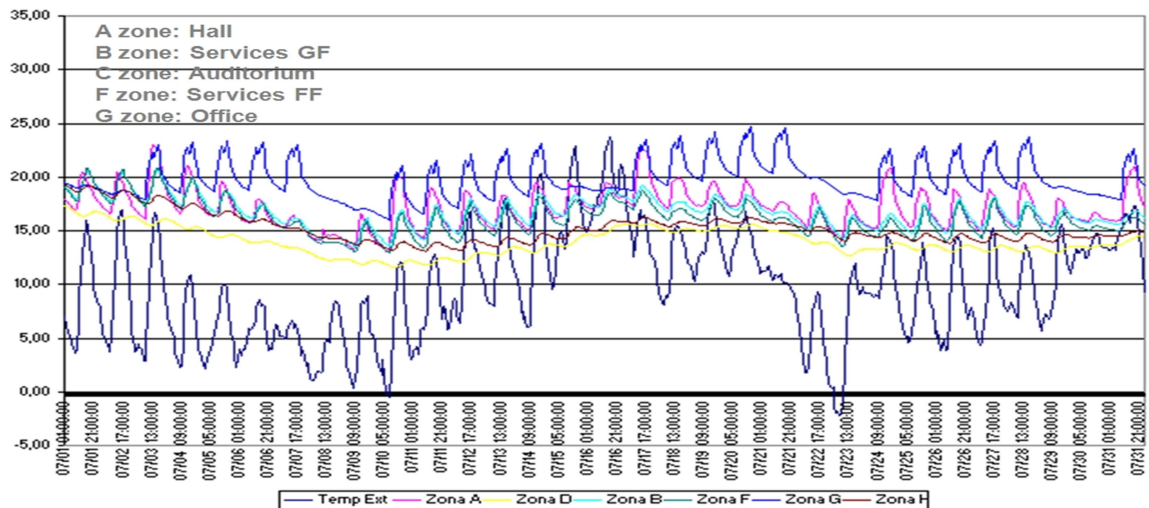


Figura 9.29: Simulación en EnergyPlus del edificio MCH en condición de verano (mes de enero), con ocupación total y masa térmica interior. Temperaturas en °C en ordenadas y días del mes de enero en absisas.

También puede notarse que la temperatura media mensual interior se mantiene en un valor de 30°C.

### Instalaciones y servicios

Las instalaciones sanitarias del edificio buscan una vez cargado el sistema minimizar progresivamente el uso de agua potable de red en hasta un 80%. Para esto se separarán sistemas de provisión que usualmente están altamente integrados. La alimentación de válvulas de inodoro, válvulas de mingitorio y canillas exteriores de servicio se realizará por cañería independiente presurizada que tomará el agua de la cisterna de mezcla de agua pluvial y tratada. El agua tratada será la que provenga de las aguas grises del sistema de desagüe secundario.

El sistema de fito-tratamiento adoptado es el desarrollado por la Universidad Federal de Santa Catarina para la Casa Eficiente, construida en Florianópolis que ha dado buen resultado en el país. Se usarán variedades de juncos del arroyo que atraviesa el predio adaptados a la contaminación del cauce. El mismo sistema se usará en las aguas negras previo a su vuelco a la cloaca de la fábrica.

### Inversión y costos de construcción

Un análisis de costos de construcción al 2011 mostró que mientras este edificio construido de forma convencional tendría un costo de 470 euros/m<sup>2</sup>, una versión con mayor nivel de aislamiento térmico que cumpliera la legislación y normas vigentes implicaría 634 euros/m<sup>2</sup>. La opción MCH propuesta en este trabajo requeriría de 773 euros/m<sup>2</sup>.

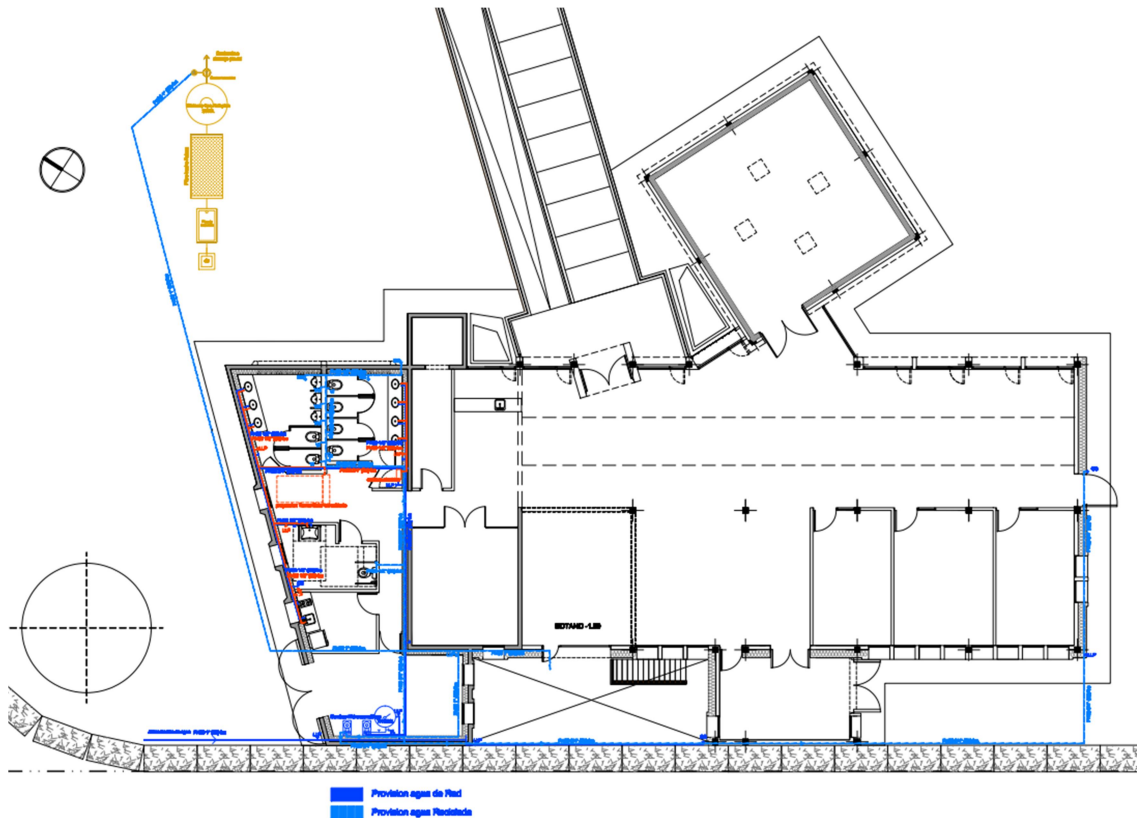


Figura 9.30: Provisión de agua potable y rehuso de aguas grises en inodoros y mingitorios.

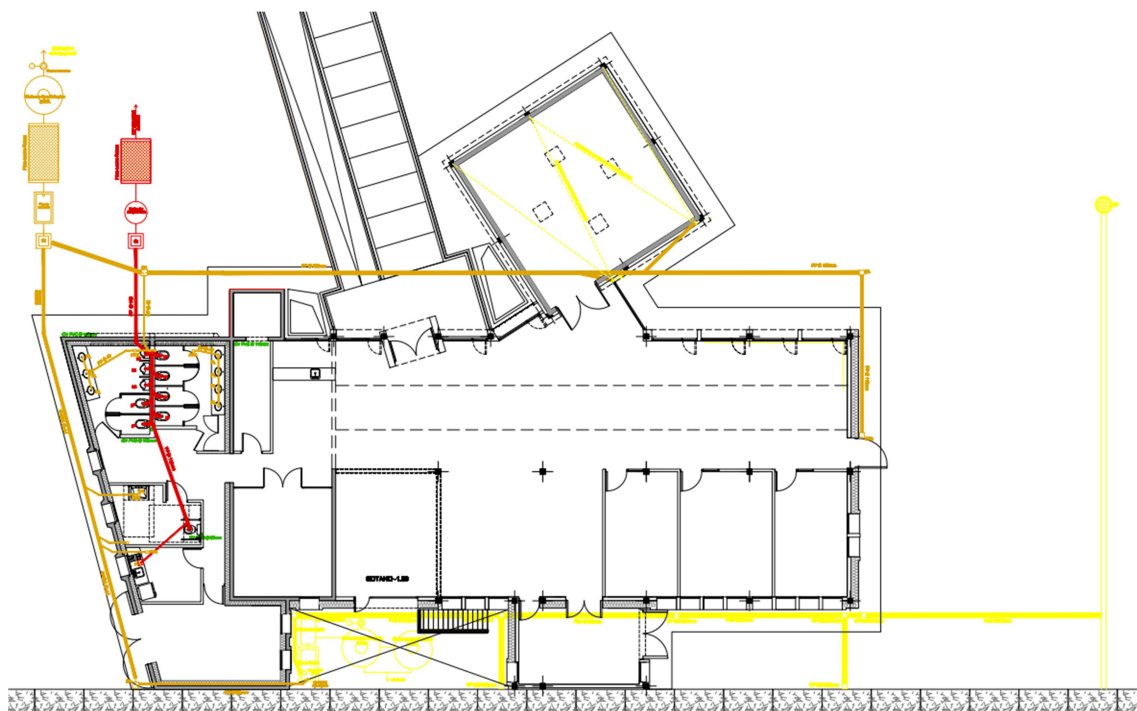


Figura 9.31: Sistema de recolección de agua de lluvia junto a tratamiento de aguas negras y grises.

## Conclusión

En el presente no se conocen edificios de baja energía, de que se tenga referencia, construido en Argentina. Su materialización implicaría el acceso a la comunidad de formas de

proyectoración y construcción solo conocidas en países desarrollados. El proceso proyectual muestra la posibilidad de materializar edificios de baja energía a energía plus en países en vías de desarrollo, a costo razonable y con el conocimiento de profesionales, académicos y empresarios locales. Este trabajo mostró que la relación empresa - universidad permite generar propuestas innovadoras, independientemente de que sea en países centrales como periféricos. También permite anticipar un nuevo modelo de arquitectura internacional pero de menor impacto ambiental relativo.

## REFERENCIAS

- [1] Multi Comfort House ISOVER - [<http://www.isover.es/Multi-Comfort-House>]
- [2] Energy Plus - [<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>]
- [3] MOP (1958). Pliego de bases y condiciones generales para la contratación de obras. Ley 6021 de Obras Públicas y Decreto Reglamentario 5488/59. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [4] Czajkowski, Jorge; et al. (2003). Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina. Anais ENCAC - COTEDI 2003, Curitiba, PR, Brasil. Pp 889.
- [5] Vagge, Carolina y Czajkowski, Jorge. (2012) Impacto de la aplicación de la Ley 13059 de Eficiencia Energética en relación a la nueva Ordenanza de Usos del Suelo de la ciudad de La Plata y la Norma IRAM 11900 de Etiquetado de Edificios. Revista Ambiente Construido. Edit. ANTAC. Brasil. ISSN 1678-8621.
- [6] Salvetti, María Belén y Czajkowski, Jorge. (2011) Eficiencia energética en calefacción para edificios de oficinas. Propuesta de indicadores y valores admisibles. Actas ELECS 2011 Vitória ES. VI Encontro Nacional, IV Encontro Latinoamericano sobre Edificacoes e Comunidades Sustentáveis. ISBN 978-85-89478-39-7
- [7] Salvetti, M. B.; Czajkowski, J.; Gómez, A. (2010) Ahorro de energía en refrigeración de edificios para oficinas. Propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles. Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSa, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 13, Tomo 1, 8 Pág.
- [8] Casa Eficiente UFSC (2009). [[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_IV\\_WEB.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_IV_WEB.pdf)]

# 10

## Debate y propuestas de ideas para emprendedores

Como hemos visto el hábitat construido se ha desarrollado sin tener en cuenta la eficiencia energética. Mientras se mantuvieron los subsidios al consumo de energía el presupuesto familiar dedicado a pagar las facturas era aceptable, hoy no.

La formación, principalmente de arquitectos, no prepara para impulsar la idea de ser emprendedores. No hay contenido curricular y si hay casos en la sociedad es por actitud personal.

En la última década se ha fomentado desde organismos públicos como Ministerios de Producción, Ministerios o Secretarías de CyT, organismos como CONICET la posibilidad de impulsar a profesionales e investigadores a que desarrollen una idea y emprendan la aventura de fundar empresas de productos o servicios.

Es un tema que requiere de un módulo específico y se ampliará en el futuro orientado a las Construcciones Sustentables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Czajkowski, Jorge Daniel y Rosenfeld, Elías (1992). Regionalización bioclimática de la provincia de Buenos Aires. En actas de la 15a Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar) en San Fernando del Valle de Catamarca.
- Czajkowski J. y Gómez A. (1994) Diseño bioclimático y Economía energética edilicia. Fundamentos y métodos. Edit. UNLP, Colección Cátedra. La Plata.
- Czajkowski, J. D. (2000). “Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la República Argentina”. Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Volumen 4, Nro 2, pág 01.39 (Antecedente de la Norma IRAM 11604.)
- Czajkowski, J. D. (2004). “Modelo de ahorro de energía en refrigeración para la República Argentina”. (Antecedentes de las Normas IRAM 11659-1 y 2).
- Czajkowski, J.; Gómez, A. et Al. (2007). “Arquitectura Sustentable”. Editado por Clarín. Curso de Capacitación Profesional.
- Czajkowski J. y Gómez A. (2012). Cuadernos de Arquitectura Sustentable. Edit UNLP. Buenos Aires.
- Ley 13059/03 y Decreto Reglamentario 1030/10 provincia Buenos Aires.
- Czajkowski, J., Gómez, A., Vagge, C., Salvetti, B., Marcilese, M., Diulio, M. D., & Santa Cruz, M. G. (2012). Evaluación del confort higrotérmico invernal en viviendas unifamiliares del gran La Plata mediante auditorías. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 5-101.
- Czajkowski, J. D., Gómez, A. F., Diulio, M. D. L. P., García Santa Cruz, M., Reus Netto, G., Basualdo, D., & Berardi, R. N. (2015). Acerca de la evaluación y certificación ambiental del grado de sustentabilidad en edificios con diversos usos en el AMBA. En *XXXIV Encuentro Arquisur 2015 y XIX Congreso de Escuelas y Facultades Públicas de Arquitectura de los Países de América del Sur (La Plata, 2015)*.
- Czajkowski, J. D. (2015). Energy Efficiency Indicators for Buildings in Argentina. *The Sustainable Renovation of Buildings and Neighbourhoods*, 129.
- Czajkowski, Jorge D. et al. (2016). Acta del I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable. Edit Universidad Nacional de La Plata. ISBN: 978-950-34-1345-6.
- Czajkowski J., Gil S., Strier D. (2017). Construcción sostenible. Eficiencia Energética en la Construcción. Cámara Argentina de la Construcción. ISBN 978-987-4401-09-0
- Czajkowski, J. D. (2018). Eficiencia energética y etiquetado de edificios. tp01. [www.arquinstal.com.ar](http://www.arquinstal.com.ar)
- Diulio, M. D. L. P., Netto, G. R., Berardi, R., & Czajkowski, J. D. (2016). Impact of the envelope on residential heating energy demand in the Metropolitan Region of La Plata, based on the energy retrofit of a house. *Ambiente Construido*, 16(1), 55-70.
- Gastiarina M., Fazzini A., Prieto R. y Gil S.. (2017) Gas Vs Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial. Revista Petrotecnia. (<http://www.petrotecnia.com.ar/abril17/Petro/GasVsElec.pdf>)
- Ghia, Andres; Del Rosso, Alberto; Gil, Salvador; Strier, Damián ; Eyra, Ismael; Durán, Julio; Czajkowski, Jorge; Adad, Walter; Cammisa, Marcelo; (2017). Energías alternativas para un desarrollo sostenible. Edit. Fondo para el Desarrollo de la Construcción. ISBN 978-987-4401-13-7
- Glassman Jeffrey A., (2013) The acquittal of carbon dioxide. Rocket Scientist Journal.
- IADB. Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2016 del BID en Argentina (<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6030/Argentina%20-%20IDB-TN-%20621%20Agosto%2031.pdf>)
- Iazard, J.L. y Guyot, A.(1983) "Arquitectura bioclimática". Edit. G. Gili. México.
- Normas IRAM 11549, 11601, 11603, 11604, 11605, 11625, 11659-1 y 2.
- Olgyay, V. (1998) “Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas”. Edit. GG. Barcelona.
- Pasquevich, Daniel ; Baragatti, Alicia ; Bergallo, Juan ; Raúl Rodríguez, ; Gil, Salvador; Prieto, Roberto; Bourges, Camilo ; Casabianca, Gabriela A. ;Czajkowski, Jorge D. ;Durand, Julio C.; Plá, Juan ; Alvavez, Marcelo ; Pedace, Roque ; Ham, Nora. (2016). Hacia el uso racional y eficiente de la energía en la administración pública nacional. Edit. Comisión Nacional de Energía Atómica – CNEA. ISBN 978-987-1323-47-0.

- Wright David. (2017). The Passive Solar Primer: Sustainable Architecture. Schiffer Publishing Ltd. ISBN-10: 0764330705
- Schindler D. y Ehrlich P. (2018) Lecture 14: Global Warming (and/or Cooling). York University. <http://www.yorku.ca/lbianchi/nats1800/lecture14a.html>



# ANEXOS



# ANEXO 1

## CONTENIDO ENERGÉTICO DE MATERIALES

### MATERIALES SIMPLES

Material		Contenido de energía primaria	
		MJ/kg	W/kg
1a	Acero comercial (20% reciclado)	35	9720
1b	Acero 100% reciclado (teórico)	17	4720
2a	Aluminio primario	215	59720
2b	Aluminio comercial (30% reciclado)	160	44450
2c	Aluminio 100 % reciclado (teórico)	23	6390
3a	Arcilla cocida, ladrillos y tejas	4.5	1250
3b	Arcilla cocida, materiales cerámicos vitrificados	10	2780
3c	Arcilla cocida, sanitarios	27.5	7640
4	Arena	0.1	28
5	Asfalto, en tela	10	2780
6a	Cemento	7	1944
6b	Fibro cemento (de amianto)	6	1670
6c	Fibro cemento (de fibras sintéticas o madera)	9	2500
7a	Cobre primario	90	25000
7b	Cobre comercial (20 % reciclado)	---	----
8	Fibra de vidrio	30	8335
9	Grava	0.1	28
10	Madera de clima templado	3	833
11	Madera tropical	3	833
12a	Madera, tablero aglomerado sin formaldehidos	14	3890
12b	Madera, tablero aglomerado con formaldehidos	14	3890
13	Madera, tablero contra placado contrachapeado	5	1890
14a	Pintura plástica (base acuosa) cumple normas ecológicas	20	5556
14b	Pintura plástica (base acuosa)	20	5556
15a	Pinturas y barnices sintéticos (esmaltes) base solventes ecológicos	100	27800
15b	Pinturas y barnices sintéticos (esmaltes) base solventes	100	27800
16	Policloropreno (neoprene)	120	33335
17a	Poliestireno expandido (EPS)	100	27800
17b	Poliestireno extruido (XPS) hinchado con HCFC	100	27800
17c	Poliestireno extruido (XPS) hinchado con CO2	100	27800
18a	Polietileno (PE) primario	77	21388
18b	Polietileno (PE) reciclado (más del 70%)	----	----
19a	Polipropileno (PP) primario	80	22222
19b	Polipropileno (PP) reciclado (más del 70%)	----	----
20a	Poliuretano (PUR) hinchado con HCFC	70	19444
20b	Poliuretano (PUR) hinchado con CO2	70	19444

21a	PVC primario	80	22222
21b	PVC reciclado (más 70%)	----	----
22	Vidrio plano	19	5278
23	Yeso	3.3	917

#### MATERIALES COMPUESTOS

Material		Contenido de energía primaria	
		MJ/kg	W/kg
24a	Mortero M-40/a (1)	1	278
24b	Mortero M-80/a	1,34	372
25a	Hormigón H-150	0.99	275
25b	Hormigón H-175	1.03	286
25c	Hormigón H-200	1.10	306
26a	Mampostería de ladrillo hueco	2.96	822
26b	Mampostería de ladrillo perforado	2.85	792
26c	Mampostería de ladrillo macizo	2.86	794

## **Menciones**

### **Trabajo preliminar con:**

Analía F. Gómez: Páginas 65 a 75.

María de la Paz Diulio: Páginas 56 a 65.

### **Ilustraciones:**

Jorge D. Czajkowski: 1.1, 1.2, 5.3, 9.1, 9.3, 9.4, 9.12, 9.13, 9.14, 9.16, 9.17, 9.18, 9.23, 9.24, 9.25, 9.26, 9.27, 9.28, 9.29, 9.30, 9.31.

Marina A. Ferreyra: 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 4.1, 4.2, 4.4, 5.1, 5.2, 8.1, 9.11.

Wikipedia: 3.4 y 3.5.

Elías Rosenfeld: 4.3.

Carolina Soledad Vagge: 7.2.

Ana Ottavianelli: 9.2.

María de la Paz Diulio: 9.5, 9.8, 9.9, 9.10, 9.15, 9.19.

María Natalia Alonso: 9.5, 9.6, 9.7, 9.20, 9.21, 9.22.

### **Portada y tapas:**

Srta. Graciana Molteni del MCTI.





ISBN 978-950-34-1732-4



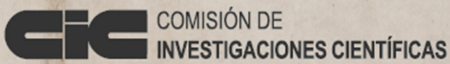
9 789503 417324



área editorial  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

