TP01

DISEÑO AMBIENTALMENTE CONSCIENTE
Eficiencia energética y etiquetado de edificios

Autor: Dr. Ing. Arq. Jorge D. Czajkowski - Profesor Titular

La evolución del ser humano fue requiriendo progresivamente mayor cantidad de energía. Cuando su propio esfuerzo no fue suficiente domesticó animales para compartir el esfuerzo y producir más..., esto duró más de 100.000 años hasta que comenzó a domesticar con desarrollo de tecnología las energías potenciales que le brindaba la naturaleza : viento, saltos y corrientes de agua, fuego, etc. Este proceso duró cerca de 2500 años entre el 500 AC y 1910 DC. Es entonces que encuentra un recurso energético de enorme potencial por su densidad y ductilidad en adaptación y transformación como lo es el petróleo. Pero en solo 60 años al producirse la crisis del petróleo de 1973, se dio cuenta de cuan vulnerable y dependiente era la civilización que había desarrollado. Luego hacia 1950 el hombre creyó que había domesticado el átomo, con cuya tecnología podría generar energía barata durante siglos..., y hoy descubre que todas las reservas conocidas alcanzan para 35 años construyendo nuevas centrales. Luego en poco más de tres décadas se dio cuenta que esa energía era demasiado peligrosa y los daños demasiado duraderos. Cuan duraderos? Bien si material atómico se escapa de sus contenedores no se degrada en el ambiente durante un tiempo variable entre 15.000 y 100.000 años.

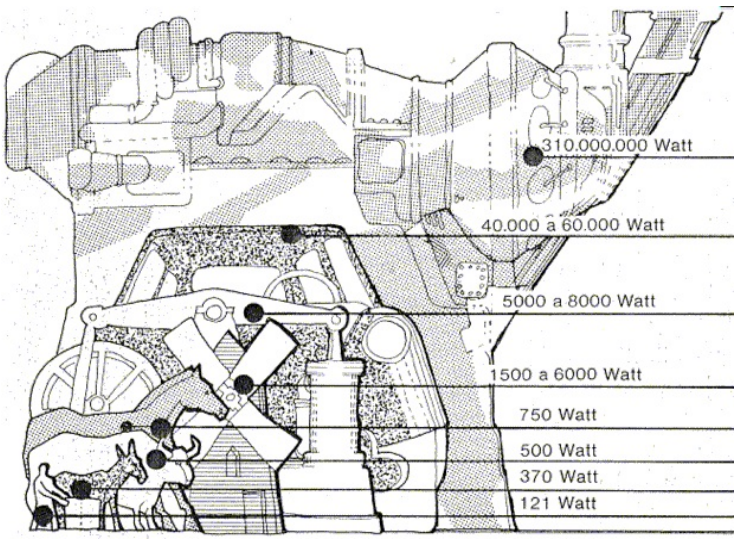


Figura 1: Evolución de la potencia útil desde la revolución agrícola a hoy.

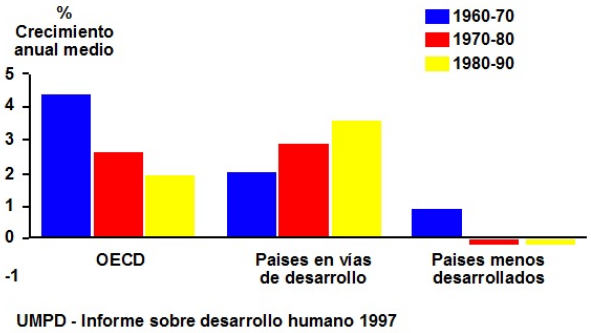
Tabla 1: Desarrollo y consumo de energía (según Evans, 1988)

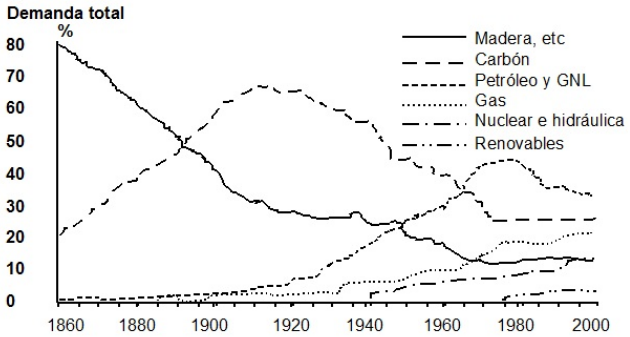
Nivel de desarrollo	Consumo de energía en MJ/persona día				
	Alimento	Trabajo doméstico	Industria y agro	Transporte	Total
Hombre primitivo	8	--	--	--	8
Cazador	12	8	--	--	20
Agricultor primitivo	17	17	16	--	50
Agricultor desarrollado	25	50	30	5	110
Hombre industrial	30	135	100	60	335
Hombre tecnológico	40	280	370	270	960
Hombre ecológico	?	?	?	?	?

Tabla 2: Consumo de energía en grandes ciudades (según Evans, 1988)

Ciudad	Consumo de Energía W / m²	Radiación solar W / m² (promedio)
Manhattan, Nueva York	630	93
Moscú	127	43
Berlín	21	57
Buenos Aires (Ciudad autónoma)	16	140

A esto se sumó el descubrimiento en el último decenio del fenómeno de calentamiento global, producto de quemar leña, carbón y petróleo durante 200 años. Casi conjuntamente se detectó un debilitamiento de la tenue capa de ozono que protege la vida en la superficie del planeta, en buena parte por el uso indiscriminado de uno de los grandes inventos del siglo... *el aire acondicionado*. Un gas que se lo consideraba inocuo y casi indestructible llamado CFC (Cloro Flúor Carbono) o Freón usado en refrigeradores, equipos de aire acondicionado, aerosoles, entre otros logró en solo medio siglo generar suficiente daño como para condicionar nuestras actividades en los próximos 150 años. En los últimos dos años y con una prohibición total mundial a la fabricación de CFC el agujero ya “no crece” cada primavera.





Figuras 2 y 3: Incremento real de ingresos per cápita 1960-90 y Evolución de los mercados de la energía 1860-1995.

En la tabla 1 podemos ver como a medida que el hombre fue avanzando en su nivel de desarrollo requirió mayor cantidad de energía para satisfacer sus necesidades básicas (alimento, trabajo doméstico, agro e industria y transporte) desde 8 MJ/persona hace 150.000 años, pasando por los 110 MJ/persona del agricultor desarrollado preindustrial hace 200 años, hasta el hombre tecnológico actual que "devora" 960 MJ/persona.

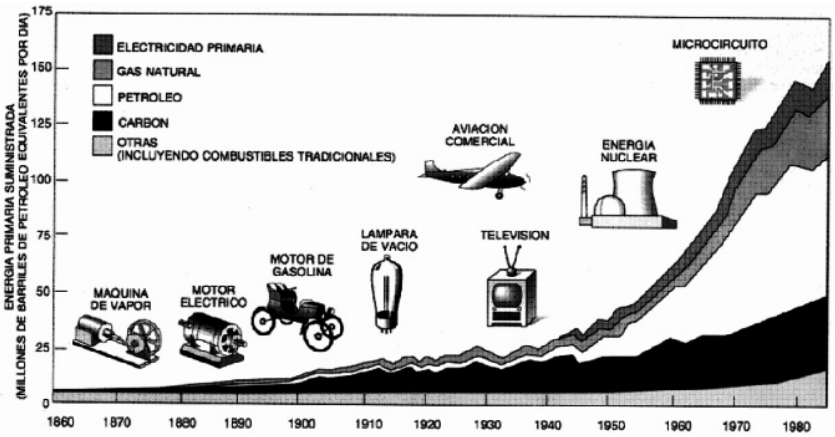


Figura 4: Crecimiento en el consumo de energía desde la revolución industrial a la actualidad.

El problema es que en solo 200 años prácticamente multiplicamos por 10 la demanda de energía y por 100 el crecimiento poblacional.

Si a esto sumamos que ese crecimiento en el consumo no es homogéneo y si comparamos unas pocas ciudades podemos ver que un neoyorquino consume más de 39 veces energía que un porteño. Porteño que a su vez tiene el mayor nivel de consumo, acceso a productos y servicios y desarrollo urbano en nuestro país. También podremos notar que el mundo es tan inequitativo que mientras hay todavía comunidades primitivas en América, África y Asia que viven en la edad de piedra, existen pequeñas áreas en el globo donde sus habitantes consumen hasta 150 veces más energía. Energía que implica nivel de desarrollo. Pero que no necesariamente significa "Calidad de Vida".

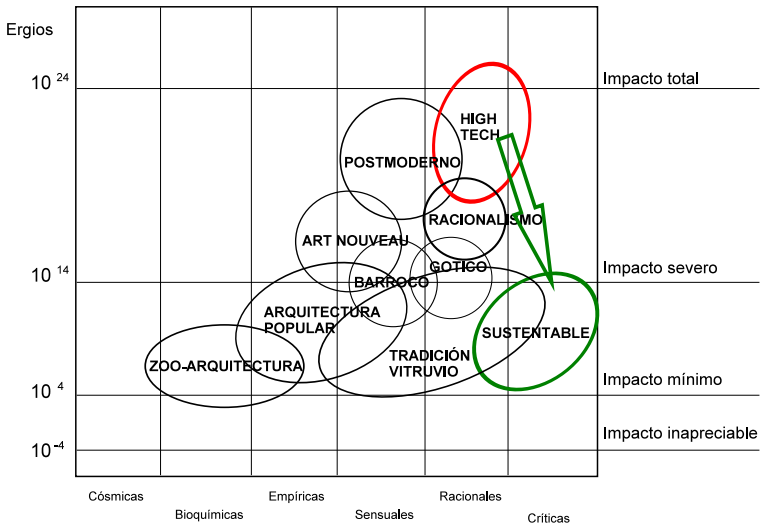


Figura 5: Impacto ambiental de las corrientes arquitectónicas.

Deberíamos preguntarnos ¿que incumbencia tiene nuestra profesión y la asignatura INSTALACIONES en esto? Si pensamos un momento... **demasiado**. Somos responsables al elegir la tecnología de confort para nuestro edificio y para esto debemos pensar en el largo plazo...., en muy largo plazo. *Ya que la idea de **desarrollo sustentable** considera que debemos usar los recursos de la naturaleza sin comprometer a las generaciones futuras*.

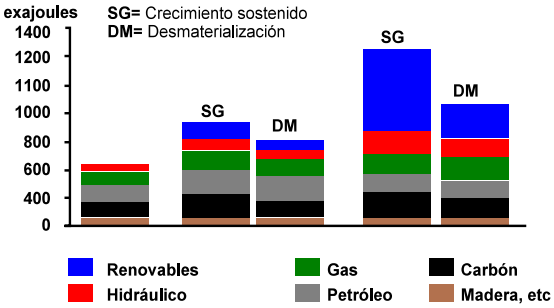
En la Figura 5 se muestra el impacto ambiental respecto del consumo de energía que tuvieron diversas corrientes arquitectónicas desde el inicio de la civilización. Nuestro desafío es conseguir seguir haciendo ciudades pero con el menor impacto posible.

Tabla 3: Demanda de energía en distintos sectores de la economía.

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

En la tabla 3 vemos que el sector edilicio demanda entre el 33 y el 45% de la energía y la gestión (construcción, planificación, mantenimiento, demolición, etc) de edificios y ciudades es de "incumbencia" de los arquitectos. Es una "incumbencia" que debemos mantener y defender de otros sectores profesionales.

El arquitecto no es solamente el diseñador estrella en el firmamento mediático sino también el arquitecto que está en la función pública, académica (docencia, investigación y extensión), en la producción y comercio, como asistente en estudios, que participa y promueve concursos, en la actividad gremial o política y como alumno y ciudadano. Entonces si diseño y construyo un edificio que gasta demasiado, no ahorra nada, no utiliza los recursos gratuitos de la naturaleza, o los vuelve en contra de nuestro diseño edilicio...., pero es formalmente impactante y tiene una computadora que lo controla... entonces digo que es un EDIFICIO INTELIGENTE. Si razonamos un poco veremos que en realidad es un edificio automatizado pero no inteligentemente concebido...!



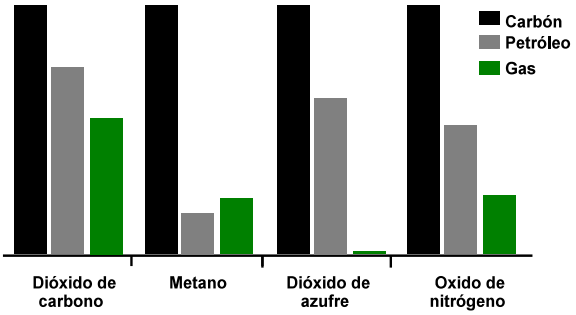


Figura 6 y 7: Suministros mundiales de energía 1995-2050 (Shell) y Factores de emisión de los combustibles fósiles (por unidad de energía comparada con el carbón)

En contraposición un edificio sería INTELIGENTEMENTE DISEÑADO, CONSTRUIDO y UTILIZADO si usara recursos renovables, materiales que producen bajas emisiones contaminantes, una envolvente que ahorra el máximo de energía en cualquier época del año... o hasta que produzca energía...! Edificio que utiliza equipos de alto rendimiento y que a lo largo de su vida útil no gaste más que su costo inicial. Si a esto le incorporamos un ordenador que contenga un sistema de gestión de la iluminación artificial, la seguridad y control de personal, el apagado y encendido de equipos, el ahorro de energía en iluminación - calefacción - refrigeración entre otros..., tendremos un edificio realmente inteligente.

Ya existen buenos ejemplos arquitectónicos para mirar y analizar que no solo NO GASTAN sino que PRODUCEN más energía de la que necesitan. A esto podríamos llamarlo DISEÑO INTELIGENTE.

Pero como todavía nos encontramos alejados de esa meta comenzaremos poco a poco a trabajar con lo que mundialmente se denomina DISEÑO AMBIENTALMENTE CONSCIENTE (**DAC**). Entendiendo la palabra "Diseño" como una técnica o procedimiento que puede seguirse para obtener como resultado un edificio o producto arquitectónico que sea amigable con el ambiente (tomaremos como sinónimos: sustentable, sostenible, ecológico) y para lo cual el profesional de la construcción (arquitecto, ingeniero o técnico) debe ser "Consciente" de que su acción (sea mediante un lápiz o un mouse) es dañina para el medio ambiente. Entendiendo como *diseño ambientalmente consciente* a aquel que en su concepción utilice *materiales de bajo contenido energético,* que luego de construidos los edificios estos tengan un *bajo costo en mantenimiento edilicio*, y que en la medida de lo posible utilicen *fuentes no convencionales de energía también conocidas como energías renovables* (solar térmica y fotovoltaica, eólica, biomasa, entre otras).

Si implementamos este nuevo método de diseño entonces lograremos una "Arquitectura Sustentable", aunque todavía es tan escasa que parece una utopía. Pero no hay otro camino...

[En http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_sustentable La cátedra desde 1999 difunde esta "postura"]

Las 3 dimensiones del desarrollo sustentable

Las **dimensiones económicas** de la Sustentabilidad:	Las **dimensiones medioambientales** de la sustentabilidad	Las **dimensiones sociales** de la Sustentabilidad
• La creación de nuevos mercados y oportunidades para el crecimiento de las ventas • La reducción del costo a través de las mejoras de eficiencia, reducción consumo energético y uso racional de las materias primas • La creación de valor agregado adicional	• Reducción de desechos, efluentes y emisiones al ambiente • Reducción del impacto en la salud humana • Uso de materias primas renovables • Eliminación de substancias tóxicas	• La salud y seguridad del trabajador • Los impactos en las comunidades locales, calidad de vida • Los beneficios a los grupos vulnerables; por ejemplo desocupados

Ambiente Sustentable

La idea de la sustentabilidad ambiental es dejar la Tierra en buen estado para que las generaciones futuras cuenten con los mismos recursos que nosotros. Por definición, la actividad humana es sólo ambientalmente sustentable cuando puede **desarrollarse y mantener ese desarrollo indefinidamente sin destruir** los recursos naturales o degradar el ambiente natural.

Minimización del consumo de recursos naturales

- Desarrollo de materiales a partir de reciclar el 100% de desechos o a partir de recursos renovables (extracción sin daño al ambiente y sin agotar el recurso)
- Reciclar el 100% de los desechos arrojados a los cursos de agua
- Implementar la conservación de energía y suplir el 100% de la demanda de energía mediante fuentes renovables y no contaminantes (solar térmico y eléctrico, energía eólica, biomasa, etc.)

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

Ecología	**Economía**
• ciencia que estudia la relación e interacción de organismos vivientes 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. • 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.	• la dirección cuidadosa y económica de recursos, como el dinero, los materiales, o el trabajo. • ordenamiento funcional de las partes en un sistema organizado. • eficacia, ahorro, o uso conservador.

El Edificio ecológico

✓ Un movimiento en la arquitectura contemporánea.
✓ Este movimiento apunta para crear edificios amistosos, energéticamente eficientes y eficaces en el manejo de los recursos naturales.
✓ 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.

Principales áreas:

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

Técnicas del diseño energéticamente consciente

1. Localización: emplazamiento y orientación.
   a. Correcto sombreo en el período cálido.
   b. Correcta ganancia solar en el período frío.
   c. Favorecer ventilación natural en el período cálido.
   d. Protección de vientos en período frío.
   e. Planeamiento del uso del espacio.
   f. Optimizar las orientaciones.

2. Compacidad edilicia.
   a. Minimizar la relación entre área envolvente y superficie habitable.

b. Minimizar la relación entre área envolvente y volumen habitable.
c. Minimizar espacios residuales.
d. Favorecer los espacios multiuso.
e. Minimizar aristas agudas que provoque puentes térmicos geométricos.

3. Diseño de la envolvente.
a. Optimizar la aislamiento térmica.
b. Controlar las infiltraciones.
c. Generar una relación opaco vidriado 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.

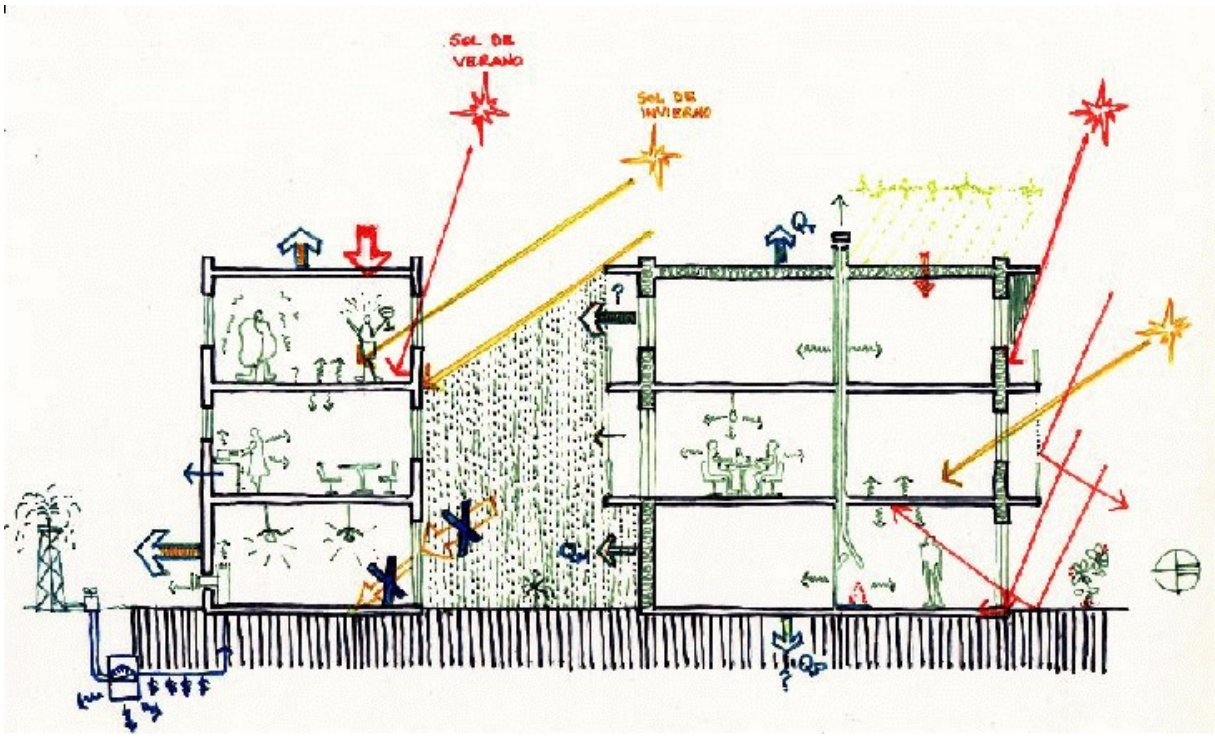


Figura 8: Edificio energéticamente ineficiente, inconfortable y derrochador Vs. Edificio energéticamente eficiente, confortable, y ahorrador de recursos. Fuente: E. Rosenfeld, 1984.

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.

En este trabajo práctico y a lo largo de la cursada trabajaremos en nuestra región y trataremos de concientizarnos de los beneficios de esta concepción del diseño arquitectónico de la estructura y envolvente del edificio como así también de los sistemas que lo mantienen "vivo" para nuestro confort.

Será objetivo del práctico determinar que *yacimiento potencial de ahorro de energía* tiene nuestro edificio aplicando solo dos estrategias de DAC: una para el período que requiera calefacción y otro para el que requiera refrigeración. Más adelante profundizaremos los procedimientos para cuantificar con cierta precisión los requerimientos de energía que nos llevarán a la elección de equipos de climatización. Por ahora nos contentaremos con un procedimiento muy simplificado y aproximado.

1 Tomando como modelo el edificio asignado por el docente y con la ayuda de las figuras adjuntas analizar el comportamiento de **costos en calefacción** a lo largo de la vida útil del edificio. El docente indicará la orientación del edificio en los planos y se obtendrán las superficies de la envolvente, superficies cubiertas y volumen del edificio. Luego se diseñarán las fachadas (croquis) sobre los planos mudos, para poder discriminar las superficies vidriadas de las opacas.

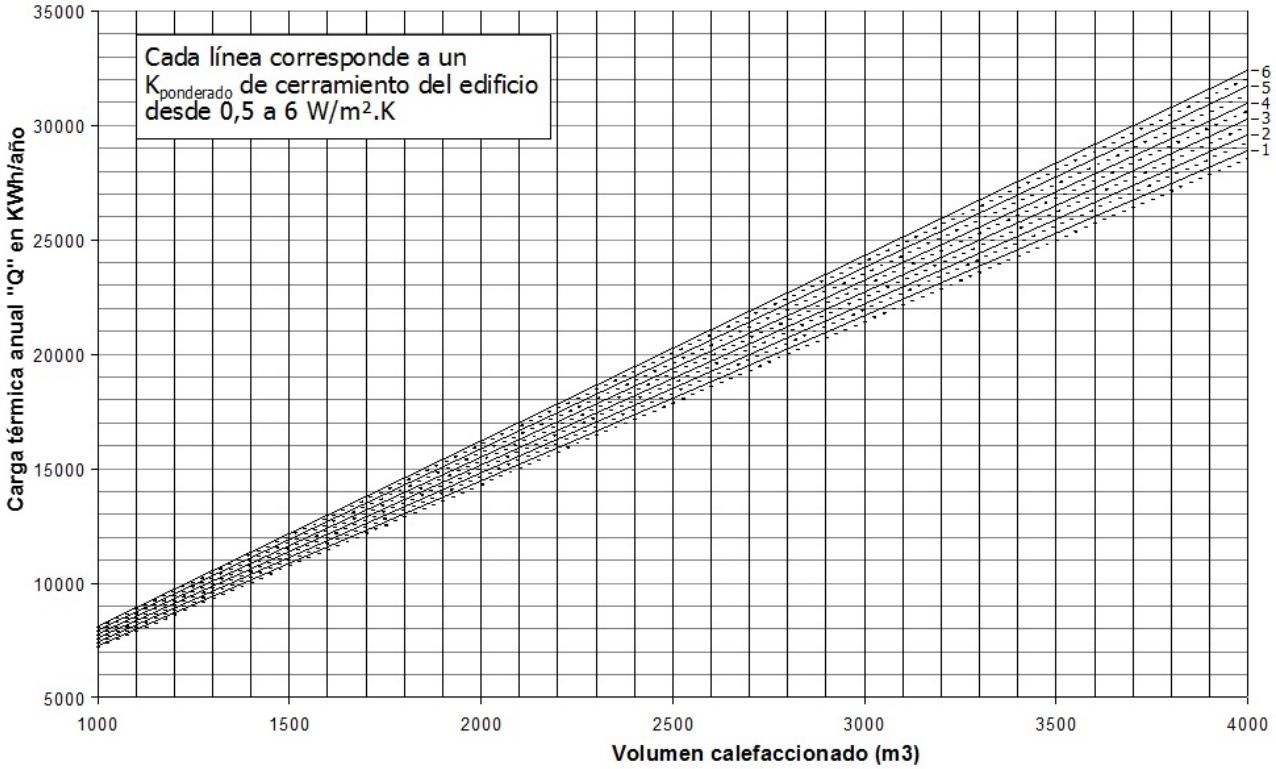


Figura 9: Este gráfico permite estimar la carga térmica anual en calefacción en la región del gran Buenos Aires (1000 GD) en función del volumen calefaccionado de un *edificio tipo torre* entre 1000 y 4000 m3, para transmitancias térmicas medias ponderadas de cerramiento (K= 0.5 a 6 W/m²ºC).

Nota: *Dado que la relación entre el volumen calefaccionado y la carga térmica anual "Q" es lineal entonces podremos obtener la carga térmica para otros volúmenes con solo cambiar la escala. Por ejemplo: volumen (5000m3) = 2500 x 2 y Kp= 6 W/m².K; entonces Q= 20200 Kwh/año x 2 = 40400 Kwh/año.*

En las siguientes tablas se muestran los valores de carga térmica anual en calefacción para volumen edilicio entre 1000 y 8000 m^3 y para valores de transmitancia térmica ponderada Kp entre 0,5 y 6 W/m².K. Mientras con la figura 6 se obtiene un valor aproximado de carga térmica, con las tablas y por interpolación se tiene mayor precisión.

Tabla 4a: Valores de Carga Térmica Anual en calefacción en función del volumen edilicio y el Kp

Kp	Volumen calefaccionado en m^3										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
0,5	7171	7880	8588	9297	10006	10715	11423	12132	12841	13550	14258
1	7258	7976	8693	9411	10128	10846	11563	12281	12998	13716	14433
1,5	7346	8072	8798	9525	10251	10977	11703	12430	13156	13882	14608
2	7433	8168	8903	9638	10373	11108	11843	12578	13313	14048	14783
2,5	7521	8265	9008	9752	10496	11240	11983	12727	13471	14215	14958
3	7608	8361	9113	9866	10618	11371	12123	12876	13628	14381	15133
3,5	7696	8457	9218	9980	10741	11502	12263	13025	13786	14547	15308
4	7783	8553	9323	10093	10863	11633	12403	13173	13943	14713	15483
4,5	7871	8650	9428	10207	10986	11765	12543	13322	14101	14880	15658
5	7958	8746	9533	10321	11108	11896	12683	13471	14258	15046	15833
5,5	8046	8842	9638	10435	11231	12027	12823	13620	14416	15212	16008
6	8133	8938	9743	10548	11353	12158	12963	13768	14573	15378	16183

Tabla 4b: Valores de Carga Térmica Anual en calefacción en función del volumen edilicio y el Kp

Kp	Volumen calefaccionado en m^3										
	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000
0,5	14258	15759	17177	18594	20012	21429	22847	24264	25682	27099	28517
1	14433	15952	17387	18822	20257	21692	23127	24562	25997	27432	28867
1,5	14608	16144	17597	19049	20502	21954	23407	24859	26312	27764	29217
2	14783	16337	17807	19277	20747	22217	23687	25157	26627	28097	29567
2,5	14958	16529	18017	19504	20992	22479	23967	25454	26942	28429	29917
3	15133	16722	18227	19732	21237	22742	24247	25752	27257	28762	30267
3,5	15308	16914	18437	19959	21482	23004	24527	26049	27572	29094	30617
4	15483	17107	18647	20187	21727	23267	24807	26347	27887	29427	30967
4,5	15658	17299	18857	20414	21972	23529	25087	26644	28202	29759	31317
5	15833	17492	19067	20642	22217	23792	25367	26942	28517	30092	31667
5,5	16008	17684	19277	20869	22462	24054	25647	27239	28832	30424	32017
6	16183	17877	19487	21097	22707	24317	25927	27537	29147	30757	32367

Tabla 4c: Valores de Carga Térmica Anual en calefacción en función del volumen edilicio y el Kp

Kp	Volumen calefaccionado en m^3										
	4000	4400	4800	5200	5600	6000	6400	6800	7200	7600	8000
0,5	28683	31518	34353	37188	40023	42858	45693	48528	51363	54198	57033
1	29033	31903	34773	37643	40513	43383	46253	49123	51993	54863	57733
1,5	29383	32288	35193	38098	41003	43908	46813	49718	52623	55528	58433
2	29733	32673	35613	38553	41493	44433	47373	50313	53253	56193	59133
2,5	30083	33058	36033	39008	41983	44958	47933	50908	53883	56858	59833
3	30433	33443	36453	39463	42473	45483	48493	51503	54513	57523	60533
3,5	30783	33828	36873	39918	42963	46008	49053	52098	55143	58188	61233
4	31133	34213	37293	40373	43453	46533	49613	52693	55773	58853	61933
4,5	31483	34598	37713	40828	43943	47058	50173	53288	56403	59518	62633
5	31833	34983	38133	41283	44433	47583	50733	53883	57033	60183	63333
5,5	32183	35368	38553	41738	44923	48108	51293	54478	57663	60848	64033
6	32533	35753	38973	42193	45413	48633	51853	55073	58293	61513	64733

Para obtener la carga térmica anual en calefacción “Q” deberemos obtener el volumen calefaccionado del edificio. Para lo cual multiplicaremos la superficie de la planta por la altura útil (de piso a cielorraso) y luego por la cantidad de pisos de nuestro edificio. Con este volumen ingresamos a la Figura 6 por el eje x y trazamos una linea perpendicular hasta interceptar la recta correspondiente a nuestro coeficiente K ponderado (Kp). Luego desde este punto trazamos una línea horizontal hasta interceptar el eje y donde obtendremos la carga térmica anual en calefacción.

El coeficiente Kp surge de promediar los coeficiente K de cada tipo de cerramiento. Por ejemplo si nuestro edificio es completamente vidriado entonces el Kp será igual al K vidrio o Kp = K vidrio = 6 W/m².K. Pero si tenemos una situación combinada de muro de ladrillo hueco 0.18 m revocado en ambas caras, ventanas y un cierto techo, entonces deberemos calcular que porcentaje corresponde a cada una.

Si deseamos precisión podemos obtener la carga térmica anual de las tablas, por interpolación lineal, con la siguiente expresión:

$$Qanual = Q_A + \frac{Q_B - Q_A}{Kp_B - Kp_A}\left(Kp - Kp_A\right)$$

Donde Q_A es el valor correspondiente a Kp_A y Q_B es el valor correspondiente a Kp_B.

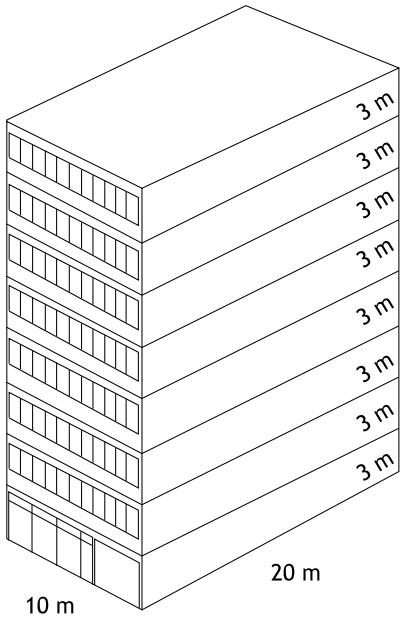


Figura 10: Edificio ejemplo.

Por ejemplo: En la figura 10 tenemos un edificio de oficinas localizado en La Plata de planta baja y 7 pisos altos. Es un prisma de 10 m de frente por 20 m de fondo y suponemos cada piso de 3 m de altura, entonces su volumen calefaccionado será de 4800 m3.

Para simplificar supondremos que las fachadas de frente y fondo son iguales, que las ventanas corridas ocupan el 50% de cada piso y la planta baja el 90% es vidriado.

Entonces tendremos que la *superficie vertical bruta* será (10 m x 2 + 20 m x 2) x 3 m x 8 pisos = 1440 m². La superficie vidriada será 10 m x 3 m x 0,5 [50%] x 7 pisos x 2 fachadas + 10 m x 3 m x 0,9 [90%] x 1 piso x 2 fachadas = 210 m² + 54 m² = 264 m². Entonces la *superficie neta* de muros será 1440 m² - 264 m² = 1176 m². La superficie de techo será 10 m x 20 m = 200 m².

	superficie m²	%	Peso
techo	200	12,1	0,121
vidrios	264	16,1	0,161
muros	1176	71,8	0,718
Total	1640	100	1

Si todos los muros y los vidriados poseen características térmicas similares entonces calcularemos el "peso" porcentual que tiene cada parte de la envolvente respecto a la superficie total.

Así podemos ver que el techo tiene un "peso" de 0,121, los vidriados un "peso" de 0,161 y los muros un "peso" de 0,718. Falta mencionar que el techo tendrá un K= 3,5 W/m².K; los vidriados un K= 5,8 W/m².K; y los muros un K= 2,1 W/m².K. Al piso lo podemos despreciar. Con estos pesos podremos calcular el K ponderado.

Kp = 0.121 x 3,5 W/m².K + 0.161 x 5,8 W/m².K + 0,718 x 2,1 W/m².K = 2,86 W/m².K

Como verificación al calcular el Kp debemos notar dos cuestiones:

a. NUNCA podrá ser inferior o superior a los valores de transmitancia térmica involucrados en el cálculo y NUNCA podrá ser inferior a 0 (cero) o superior a 7 (siete) ya que corresponde aproximadamente a la transmitancia térmica de una carpintería de aluminio.

b. Por otra parte es usual que el valor se aproxime bastante a la transmitancia térmica del sistema constructivo o cerramiento de mayor "peso" porcentual en la envolvente del edificio. Por ejemplo los muros con un K= 2,1 W/m².K y un "peso" de 0,718 [71,8%] llevará a que el Kp sea igual a 2,86 W/m².K.

Si nuestra envolvente posee tres o más soluciones constructivas deberemos repetir el procedimiento tantas veces como tipos constructivos tengamos con sus respectivos porcentajes.

Otra situación que puede aparecer es cuando un edificio es medianero con otro y en estos casos la Norma IRAM 11604 prevé la aplicación de un coeficiente. Este coeficiente de exposición será igual a 1 cuando el muro o techo este en contacto con el aire exterior e igual a 0,5 cuando de a otro local o edificio no calefaccionado. (Ya tratado en Instalaciones 1)

Para conocer la carga térmica anual en calefacción correspondiente a un

NOTA: Si se desea mayor información sobre el procedimiento de interpolación lineal (de Newton) consultar la siguiente página web.

http://luda.azc.uam.mx/curso2/tema2/interpol.html o http://luda.azc.uam.mx/curso2/tema2/interpol.html#lineal

Kp= 2,86 W/m².K recurrimos a la Tabla 4c y para un volumen de 4800 m^3 tenemos que a un Kp= 2,5 W/m².K le corresponde una Q_{anual}= 36033 kWh/año y a un Kp= 3 W/m².K le corresponde una Q_{anual}= 36453 kWh/año. Entonces aplicando la expresión de interpolación, tendremos que:

$$Qanual = 36033 + \frac{36453 - 36033}{3 - 2{,}5}(2{,}86 - 2{,}5) = 36355\,kWh/año$$

Si el volumen calefaccionado de nuestro edificio no se encuentra en las tablas entonces deberemos realizar una doble interpolación hasta encontrar el valor de carga térmica correspondiente.

Luego de obtenida la Carga térmica anual $Qanual$, lo multiplicaremos por un rendimiento estimado del sistema de calefacción, por el poder calorífico del combustible utilizado, por el precio del combustible para conocer cuanto dinero consume nuestro edificio por año. Si luego lo multiplicamos por una vida útil estimada en 50 años tendremos una idea de los recursos que son necesarios para mantener las condiciones de confort.

La reglamentación nacional de calidad térmica de la envolvente edilicia (Norma IRAM 11605) prevé tres niveles de calidad para la región del gran La Plata. Estos se definen como calidad A - B y C. Ver Tabla 5.

Tabla 5: Valores admisibles de transmitancia térmica K para muros y techos en La Plata (IRAM 11605)

K admisible muros:	**K admisible techos:**
A= 0.38 W/m².K	A= 0.19 W/m².K
Recomendado cátedra: 0.52 W/m².K	**Recomendado cátedra: 0.24 W/m².K**
B= 1.00 W/m².K	B= 0.48 W/m².K
C= 1.85 W/m².K (No usar)	C= 0.76 W/m².K (No usar)

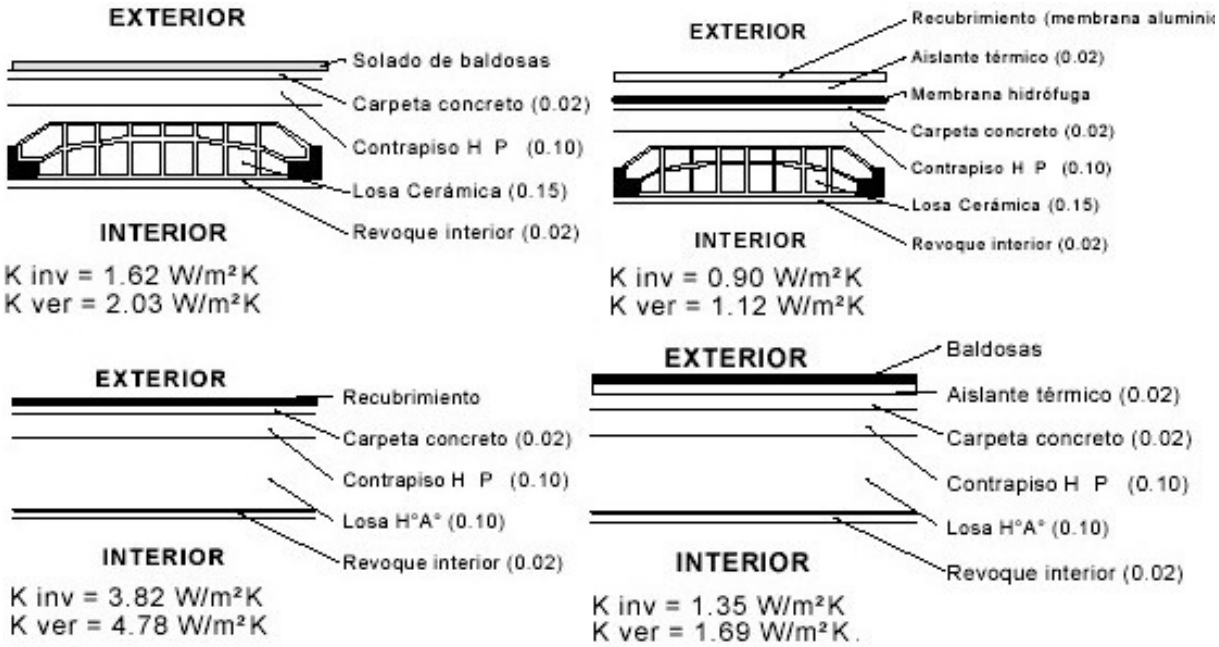


Figura 13: : Ejemplos usuales de techos planos.

La *calidad C* podemos considerarla NO DAC ya que solamente evita el riesgo de condensación superficial en paños centrales de muros y techos.

Fue incluida en la IRAM 11605 por “exigencia” de la Secretaría de Vivienda y Ordenamiento Ambiental de la Nación para ser usada en viviendas de interés social.

En TODO el territorio de la Provincia de Buenos Aires es ILEGAL utilizar el Nivel C en edificios por Ley 13059/03 y su Decreto Reglamentario 1030/10.

La *calidad B* es un poco mejor pero no permite ahorros de energía y en muchos casos no es suficiente para alcanzar una buena relación entre inversión en aislamiento térmico y ahorro de energía a lo largo de la vida útil del edificio.

La *calidad A* es alta y costosa pero es la adecuada si se desea proyectar un edificio sustentable de alta eficiencia energética.

En función de esto la cátedra propone un nivel de aislamiento térmico intermedio entre el nivel A y el nivel B, pero desde ya son decisiones que debe tomar el proyectista.

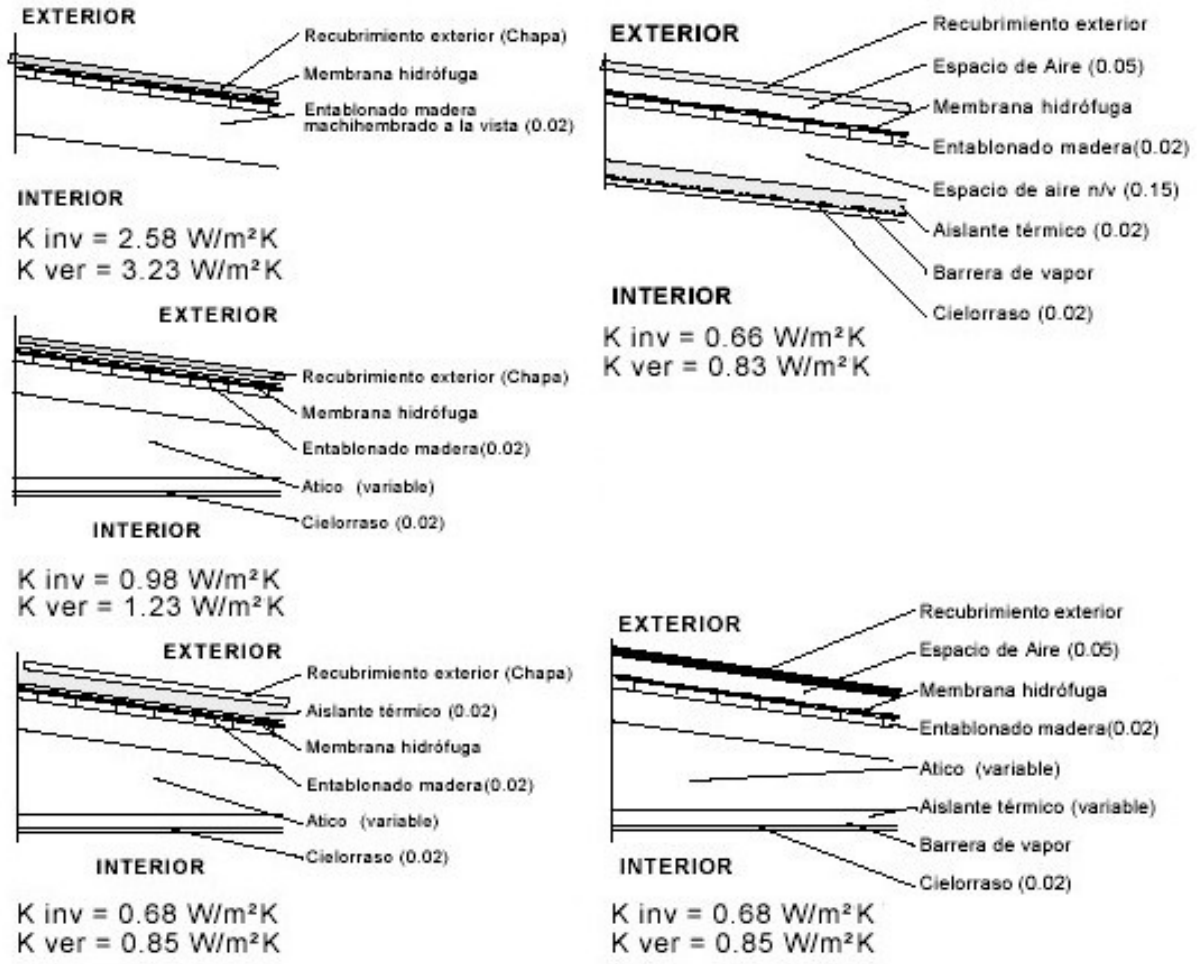


Figura 14: Ejemplos usuales de techos en pendiente.

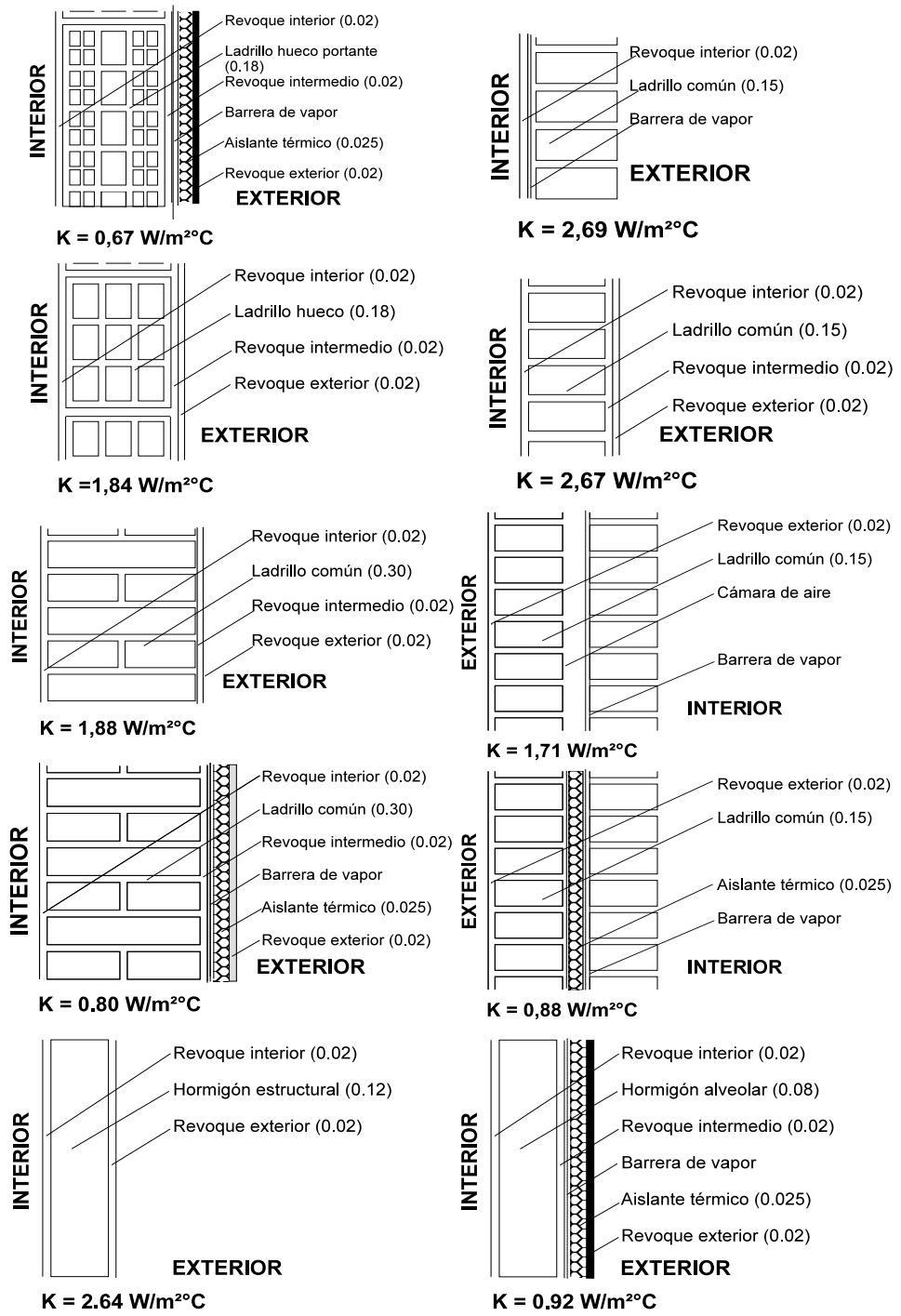


Figura 15: Soluciones usuales para muros.

Si a cualquiera de las soluciones constructivas sin aislante térmico deseamos mejorarlas la manera más sencilla es usando el siguiente procedimiento:

a. primero operar la inversa de la *transmitancia térmica* K, a fin de obtener la *resistencia térmica* R.

Por ejemplo: para una pared de ladrillos comunes de 15 cm el K= 2,69 W/m².K; entonces R= 1/K = 1/2,69 = 0,372 m².K/W

b. hecho esto calcular la resistencia térmica del aislante.

Por ejemplo: 5 cm de poliestireno expandido de 15 kg/m3 que tiene un λ = 0,037 m.K/W y como R= espesor / λ = 0,05 m / 0,037 m.K/W = 1,43 m².K/W

c. ahora si podemos sumar las resistencias térmicas.

Por ejemplo: R_{total} muro = R muro + R aislante = 0,372 m².K/W + 1,43 m².K/W = 1,80 m².K/W

d. volvemos a calcular el K como 1/R y tendremos que el K_{DAC}= 0,56 W/m².K

Ahora si aplicamos la recomendación de la cátedra y queremos aislar este muro de 15 cm deberíamos usar un K_{adm} = 0,52 W/m².K que es igual a un R_{adm} = 1,92 m².K/W.

Si queremos saber **cuantos cm** de **aislante térmico de 15 kg/m^3** (λ = 0,037 W/m.K) (sea *poliestireno expandido, lana de vidrio, lana mineral, poliuretano, polietileno expandido, celulosa* u otros productos con su λ específico) , debemos agregar haremos lo siguiente:

R = e / λ ; entonces e = λ . R

Espesor aislante: e = λ . (R_{adm} - R_{muro}) = 0,037 . (1,92 - 0,372) = 0,037 . 1,09 = 0,04 m = **4 cm**

El mejor procedimiento para aislar muros a bajo costo por la cara exterior es usando el sistema EIFS (External Insulation Finish System o Sistema de Aislamiento y Terminación Exterior). Un manual de aplicación puede descargarse de:
[http://stodistributor.com/webfiles.nsf/8b6a20f05f99d1ad85256c77005450b8/aba85ca8e0e8c1e486256fc40059d24a/$FILE/SP118%20spanish.pdf].

Para aislamiento de azoteas el mejor y más económico sistema es el denominado "techo invertido" por el cual una vez terminada la barrera hidráulica simplemente se apoyan las placas de EPS y se las cubre con arcilla expandida o losetas o una cubierta verde vegetal de plantas crasas o suculentas[1].

Si se desea una "cubierta verde" sobre el EPS se ubican fajas de una tela impermeable al agua pero permeable al vapor como los productos "Wichi Roofing" o "Tyvek", luego un geotextil, tierra con agregado de vermiculita y finalmente panes de césped. Desde ya deberá contar con un sistema de riego salvo que se usen variedades resistentes a sequias. En esta solución económica se corre el riesgo de intrusión de raíces en la membrana. Hay otras soluciones en el mercado en la actualidad seguros aunque costosos.

Nota: Si no cursó instalaciones 1 en esta cátedra y no sabe como calcular el K, por favor consulte el TP *Calidad higrotérmica de cerramientos horizontales y verticales*, de Instalaciones 1.

Como regla general el espesor de aislante en techos debe ser entre 1,5 y 2 veces superior a los muros con lo cual en techos deberíamos incorporar entre 8 y 12 cm de este aislante térmico. Recordar que la lana de vidrio y el poliuretano expandido a misma densidad tiene un λ diferente que el poliestireno expandido.

Cerramientos Vidriados:

Los cerramientos vidriados tienen una gran importancia ya que a misma unidad de superficie pierden o ganan el doble o el triple que un cerramiento opaco sea muro o techo. Por esto y dado el muy alto costo que tienen las carpinterías en el total del edificio y el alto costo de reemplazarlas implica que hay que dar prioridad a este rubro.

En la Tabla 6 se exponen valores de K de vidrios comercializados en el país y puede compararse la gran diferencia que hay entre un vidrio float simple de 4 mm y los DVH o Doble Vidriados Herméticos. En las figuras 14 y 15 se muestra para la situación de verano el calor admitido y rechazado.

Tabla 6: Valores de transmitancia térmica K vidriados (IRAM 11601)

Tipo vidrio	K (W/m².K)	Tipo vidrio	K (W/m².K)
Simple de 4 o 6 mm	5,80	Doble: 4 + 6 + 4 (Certificado VASA)	3,20
Doble: 4 + 6 + 4 (común)	4,20	Doble: 4 + 12 + 4 (Certificado VASA)	2,80
Doble: 4 + 12 + 4 (común)	3,50	Doble: 4 (LowE) + 12 + 4 (Certificado VASA)	1,80

Ver: [http://www.vasa.com.ar/tecnicos/tecni6.htm]

[1]Sobre plantas suculentas ver: [https://verdecora.es/blog/cactus-crasas-suculentas/]

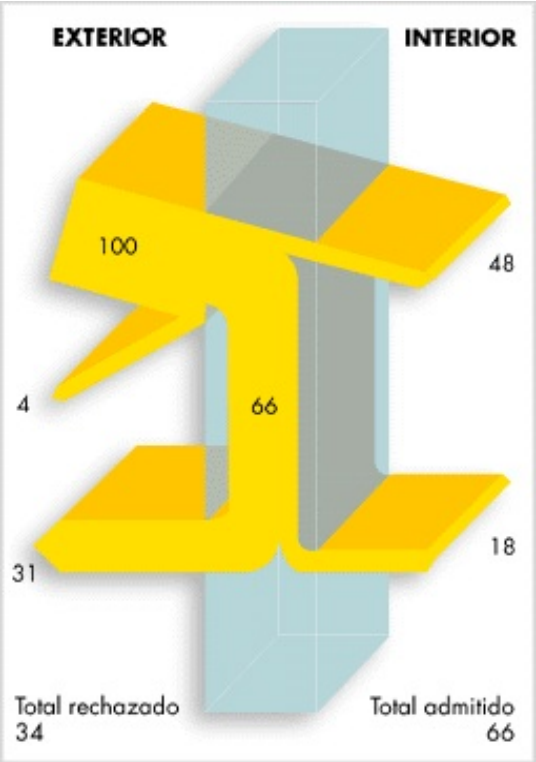


Figura 14: Vidrio Float Gris 6 mm. El empleo de cortinas interiores tipo venecianas, abiertas a 45° mejora el coeficiente de sombra de un simple vidriado en aproximadamente 30%. Fuente: www.vasa.com.ar

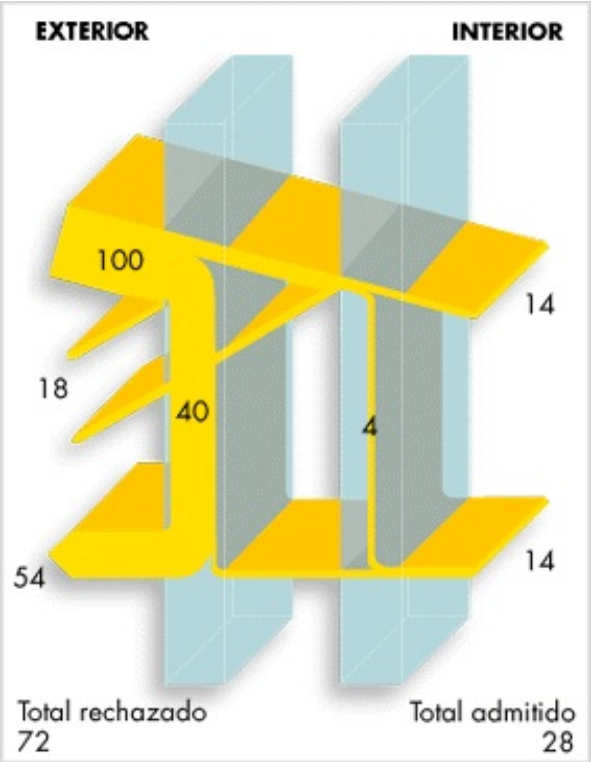


Figura 15: Vidrio Float reflectivo gris 6 mm+12mm Cámara de aire+ 6 mm Low-E. El empleo de cortinas interiores tipo venecianas, abiertas a 45° mejora el coeficiente de sombra de un Doble Vidriado Hermético en aproximadamente 25%.

EDIFICIO o SECTOR DE OFICINAS o COMERCIO

Nº	Sistema constructivo **sin** DAC	K W/m².K	Superficie **Si** m²	Peso % Si /St	K x Peso% W/m².K
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
		Superficie total **St**			
			Coeficiente Kp (W/m².K) será la suma de los K x Peso%		

Nº	Sistema constructivo **con** DAC	K W/m².K	Superficie m²	Peso % Si /St	K x Peso% W/m².K
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
		Superficie total **St**			
			Coeficiente Kp (W/m².K) será la suma de los K x Peso%		

Nota: el Peso % = Si / St expresa la relación entre la superficie del sistema constructivo dado respecto de la superficie total de la envolvente del edificio sean cerramientos verticales u horizontales y será siempre menor o igual a uno.

EDIFICIO o SECTOR DE VIVIENDAS

Nº	Sistema constructivo **sin** DAC	K W/m².K	Superficie m²	Peso % Si /St	K x Peso% W/m².K
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
		Superficie total **St**			
			Coeficiente Kp (W/m².K) será la suma de los K x Peso%		

Nº	Sistema constructivo **con** DAC	K W/m².K	Superficie m²	Peso % Si /St	K x Peso% W/m².K
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
11					
12					
13					
14					
		Superficie total **St**			
		Coeficiente Kp (W/m².K) será la suma de los K x Peso%			

Nº	Variable		Sin DAC	Con DAC
			Valor	Valor
1	Sector de oficinas o comercio	Volumen calefaccionado (m^3)		
2		Q (kWh / año)		
3	Sector de viviendas	Volumen calefaccionado (m^3)		
4		Q (kWh / año)		
5	Carga térmica total "Qtot" = 2 + 4			
6	Rendimiento estimado del sistema de calefacción		0,45 a 0,75	
7	Poder calorífico del combustible utilizado en kW/m^3		10,7	
8	Precio del combustible (\$/m^3). Corresponde a gas natural. Fuente: Camuzzi Gas Pampeana 01/2014 c/impuestos.		1,576	
	Costo de Energía en Calefacción Anual **CEC** $_{anual}$ (\$/año) = ((5 x 8) / (6 x 7))			

$$CECanual\ (\$ / año) = \frac{Qtot \times Pcombustible}{Rcomb \times Pc_{combustible}}$$

Pero podemos plantear una comparación interesante y es conocer cuantos edificios podríamos construir con el consumo en calefacción de nuestro edificio a lo largo de su vida útil. Para esto seguiremos el modelo que adjuntamos.

Luego repetiremos el procedimiento pero mejorando la calidad térmica de los sistemas constructivos que componen la fachada de nuestro edificio o variando la relación entre superficies vidriadas y opacas o una combinación que creamos conveniente.

Finalmente determinaremos y compararemos el costo de energía en calefacción a lo largo de la vida útil del edificio (**CEC**$_{VUE}$) usando soluciones convencionales (sin DAC) o con *Diseño Ambientalmente Consciente* (con DAC).

CEC $_{VUE}$ **= CEC** $_{Anual}$ x 50 años	sin DAC ($)	con DAC ($)	Diferencia %

En este punto debemos aclarar que estamos realizando estimaciones que son útiles para concientizarnos de la importancia del *Ahorro de Energía*. En segundo término recordemos que solo estamos implementando una medida de DAC que consiste en mejorar la aislación térmica de las fachadas y techos de nuestro complejo edilicio. No estamos mejorando, ni las renovaciones de aire, ni la eficiencia energética del sistema de calefacción, entre otros.

2 Usando el edificio asignado por el docente y con la ayuda de las figuras adjuntas analizar el comportamiento de **costos en refrigeración** a lo largo de la vida útil del edificio. Luego rediseñar las fachadas incorporando las protecciones solares si corresponde. (Solo croquizar un sector).

Para obtener la carga térmica anual en refrigeración "Q_R" deberemos obtener el volumen a refrigerar del edificio. Para lo cual multiplicaremos la superficie de la planta por la altura útil (de piso a cielorraso) y luego por la cantidad de pisos de nuestro edificio. Con este volumen ingresamos al gráfico por el eje x y trazamos una linea perpendicular hasta interceptar la recta correspondiente al *grado de protección* de las superficies vidriadas de nuestras fachadas.

En todos los casos como primera medida de diseño vamos a suponer que las fachadas **no cuentan** con ningún tipo de protección solar en las superficies vidriadas, entonces el *grado de protección* será del 0%. Luego desde el punto de intersección definido por el volumen del edificio y la recta de 0% trazamos una línea horizontal hasta interceptar el eje *y* donde obtendremos la carga térmica en refrigeración (CT) para un día típicamente cálido de verano en el gran Buenos Aires.

> ***Nota:*** *la CT se encuentra en millares por lo tanto si el valor que obtenemos es 1020 deberemos agregarle 3 ceros para que la CT esté en la unidad requerida, CT= 1.020.000 frigorías / hora.*

Este valor lo volcaremos en la Tabla adjunta a la Figura 8. Luego de obtenido CT lo multiplicaremos por un coeficiente que llamaremos *Coeficiente Anual de características y uso del edificio* "CA_{cue}" que condensa (los días típicamente cálidos de verano en nuestra región, la carga térmica debida a una ocupación media del edificio -sea de oficinas o viviendas-, la potencia y rendimiento del sistema de refrigeración, el consumo medio de electricidad del sistema de refrigeración, las horas promedio de funcionamiento de la refrigeración, la duración de los días típicamente cálidos, entre otros aspectos), por un coeficiente de conversión de unidades y por el precio de la electricidad.

Conoceremos así cuanto dinero se necesita anualmente para mantener el edificio en confort higrotérmico (Temp= 23ºC, HR= 50%) constante durante todo el verano.

Dado que la figura 16 muestra relaciones lineales para el CT en relación al Fe entonces si tenemos un volumen inferior a 5000 o superior a 21000 m3 para usar el gráfico solo tendremos que multiplicar o dividir por algún coeficiente. Por ejemplo: dado un volumen a refrigerar de 4000 m3 que no está en la escala del gráfico, podemos multiplicar este volumen por 2 y tener 8000 m3. Como este valor está, para un Fe=100% el CT = 480000 frigorías/hora. Luego para el volumen de 400 m3 / 2 el CT= 240000 frigorías/hora.

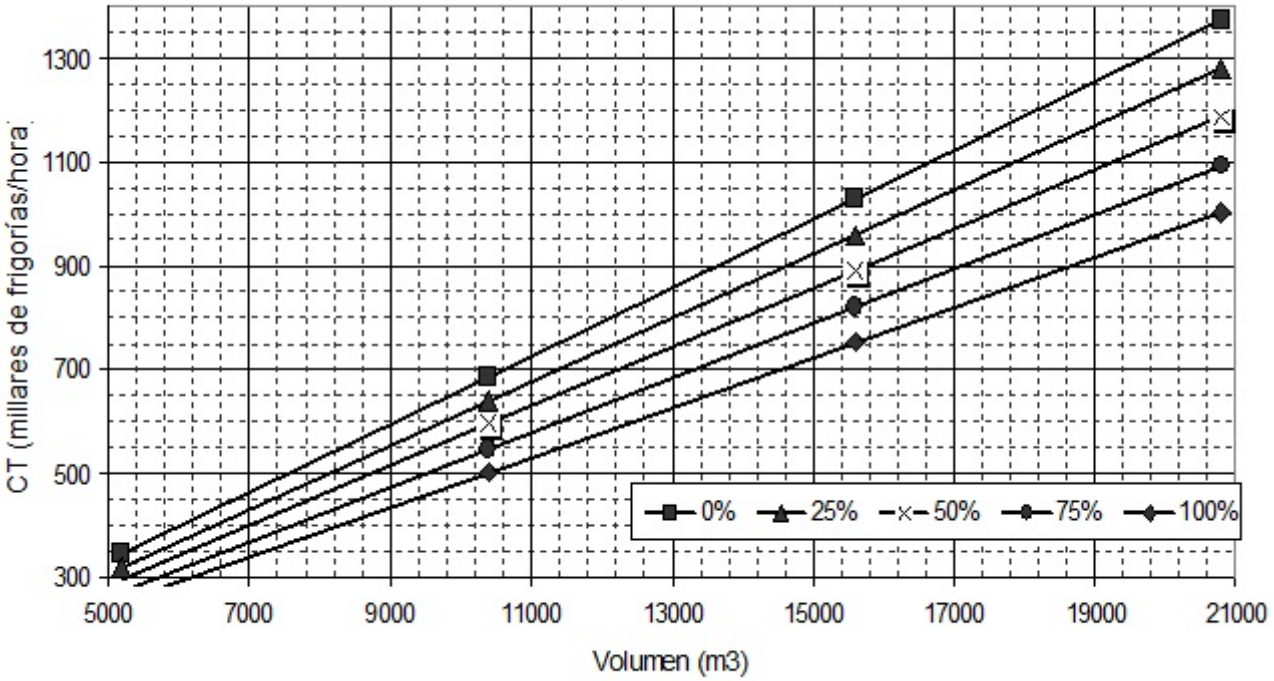


Figura 16: Este gráfico permite determinar la carga térmica horaria (millares de frigorías/hora), en función del volumen refrigerado y el grado de protección de las fachadas vidriadas (***Fp***). El modelo es aplicable a un edificio tipo torre de altura variable entre 5 y 20 pisos, completamente expuesto, en un día típico de verano, en el gran Buenos Aires.

Nº	Variable		Sin DAC	Con DAC
			Valor	Valor
1	Sector de Oficinas y comercio	Volumen refrigerado (m^3)		
2		CT (frigorías / hora)		
3		Coeficiente CA_{cue}		
4		CT corregido= 2 x 3		
5	Sector de viviendas	Volumen refrigerado (m^3)		
6		CT (frigorías / hora)		
7		Coeficiente CA_{cue}		
8		CT corregido= 6 x 7		
9	9 = 4 + 8			
10	Coeficiente conversión unidades		1,16	
11	Precio de la electricidad (0.254 $/kWh). Fuente: EDELAP 01/14		0,233	
	Costo de Energía en Refrigeración Anual **CER** $_{Anual}$ ($/año) = 9 x 10 x 11			

El coeficiente CA_{cue} valdrá 3,29 en el caso de una torre vidriada de oficinas; 2,71 caso torre vidriada de viviendas y 1,44 caso torre de viviendas con 30% de fachada vidriada.

Cuidado*: Recordemos que en la figura 16 los valores están en millares de frigorías hora, mientras que en la tabla se piden en frigorías hora. Por lo que debemos multiplicar por mil el valor obtenido de la figura. El procedimiento solo sirve para hacer una estimación de la demanda en refrigeración y para un valor preciso en los TP08 y TP11 veremos el cálculo mediante un balance térmico.*

Si luego lo multiplicamos por una vida útil estimada en 50 años tendremos una idea de los recursos que son necesarios para mantener las condiciones de confort en verano en un edificio de viviendas u oficinas localizado en la región metropolitana de Buenos Aires.

Luego elegiremos, en la figura 16, criteriosamente alguna de las rectas que indican un grado creciente de exposición solar de las fachadas del edificio y volveremos a realizar los cálculos para la situación con DAC.

Para esto utilizaremos la Tabla 8 que muestra valores del *factor de exposición solar* ***Fes***. Si nuestras aberturas van a tener diferentes tipos de protección solar entonces tendremos que calcular un *Fes* ponderado para afectar a la carga térmica del sector viviendas y oficinas. Para esto se usa la siguiente expresión:

Por ejemplo si tenemos 25% de ventanas con cortina veneciana de color medio en el interior (*Fes*= 70) y 75% de ventanas con cortina de enrollar plástica de color claro (*Fe*= 30), el *Fes* ponderado será:

Fes ponderado= 0,25 x 70 + 0,75 x 30 = 40 ; adopto **40%** para encontrar la recta de la figura 16.

Tabla 8: Valores de factor de exposición solar Fe en ventanas (síntesis IRAM 11659-1)

Exterior	**Color claro**	**Color medio**
Cortina de enrollar madera	25	30
Cortina de enrollar plástica	30	35
Cortina metálica	30	40
Parasol fijo - Toldo metálico - Ventana en sombra	20	25
Postigón de madera 6 metálico	30	35
Vidrio transparente	14	
Vidrio esmerilado o grabado	20	
Bloques de vidrio	26	
Vidrio tonalizado claro	35	
Vidrio tonalizado oscuro	55	
Interior	**Color claro**	**Color medio**
Cortina de tela liviana	70	75
Cortina de tela pesada	60	70
Tela Vinílica	65	75
Veneciana o Americana	50	70

Finalmente determinaremos y compararemos el costo de energía en refrigeración a lo largo de la vida útil del edificio (**CER**$_{VUE}$) usando soluciones convencionales (sin DAC) o con *Diseño Ambientalmente Consciente* (con DAC).

	sin DAC ($)	con DAC ($)	Diferencia %
CER$_{VUE}$ **= CER**$_{Anual}$ x 50 años			

Desde ya podremos notar que a mayor relación vidriado/opaco, mayor será la diferencia que obtendremos. Si comparamos nuestros resultados con los de otros compañeros de curso veremos que se pueden lograr mayores ahorros en torres vidriadas de oficinas que en torres de viviendas con menor superficie vidriada.

Esto se debe no solamente a las características de la envolvente vertical sino a otros factores como intensidad de uso del espacio, potencia del equipamiento, requerimientos de iluminación entre otros factores.

A ciertos edificios se los denomina *Energo-Intensivos* debido a que requieren mucha energía para su funcionamiento caso: oficinas, hospitales, centros comerciales, centros culturales, entre otros.

Lo mismo que en el análisis de invierno, debemos aclarar que estamos realizando estimaciones que son útiles para concientizarnos de la importancia del *Ahorro de Energía* mediante el Diseño Ambientalmente Consciente.

En segundo término recordemos que solo estamos implementando una medida DAC que consiste en reducir la carga térmica solar. Esta reducción varía entre un 55% para un edificio completamente vidriado a un 8% en el caso de un edificio con el 30% de su cerramiento vertical vidriado. No estamos mejorando los techos, ni las renovaciones de aire, ni la eficiencia energética del sistema de refrigeración, ni la reducción de la carga térmica interior.

Esto último se sintetiza en un instrumento conocido como “plan de gestión ambiental edilicia” y permite mes a mes y año a año contemplar todas las evaluaciones, controles, mantenimiento, reparación y sustitución de componentes que afectan a un edificio para garantizar que este se mantenga en los límites de consumo energético fijados en la etapa de proyecto.

Salvando distancias en cuanto a complejidad, es semejante al *manual de usuario* de un automóvil donde se indican las características del mismo, como debe utilizarse, como y cuando deben realizarse mantenimientos, etc. con el fin de garantizar que cumpla su *ciclo de vida* con el menor gasto de recursos posible.

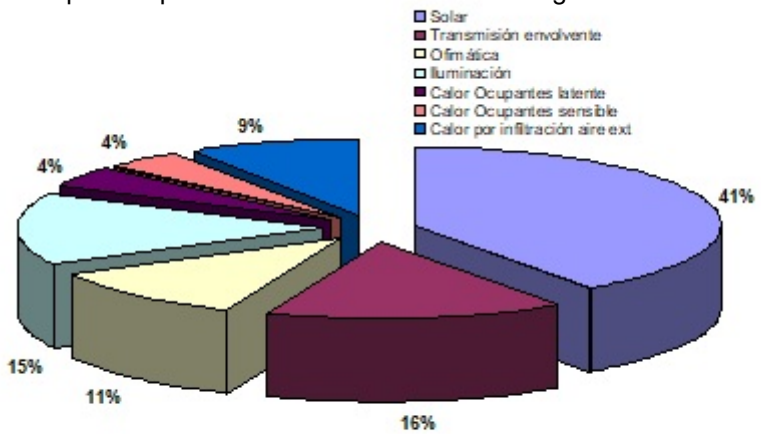


Figura 8: Gráfico que muestra la participación porcentual de los aportes de calor en un edificio vidriado tipo torre de oficinas.

3 Síntesis: sumaremos la situación de invierno y verano para conocer cuantos edificios podríamos construir no usando DAC y utilizándolo.

Para esto consideraremos que el precio por metro cuadrado de torre de oficinas será: 6740 $/m² (sin DAC) y 7549 $/m² (con DAC) y en el caso de torre de viviendas 5770 $/m² (sin DAC) y 6435 $/m² (con DAC). Esto corresponde a un sobrecosto aproximado de 12 a 15% en mejoras en la aislación de la envolvente (Para cumplir la ley 13.059 provincia Bs As) fachadas e incorporación de algún sistema de protección solar.

	sin DAC ($/vue)	con DAC ($/vue)	Diferencia %
Costo de energía en calefacción CEC_{VUE}			
Costo de energía en refrigeración CER_{VUE}			
Costo Total en climatización			

	sin DAC ($)	con DAC ($)
Costo del edificio		
Costo Total en climatización		
Relación Costo Total en climatización / Costo edificio		

De esta forma tendremos una idea de la importancia de incorporar el *Diseño Ambientalmente Consciente* en nuestros proyectos de arquitectura.

El que guste puede continuar haciendo unos cálculos más: sabiendo que en la región metropolitana de Buenos Aires hay aproximadamente 2100 torres vidriadas y 10200 torres con un valor medio del 30% de su fachada vidriada.

Desde ya que no todas ellas están completamente expuestas como las torres de Puerto Madero o Catalinas Norte en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Pero podríamos aplicar un factor de exposición edilicio aproximado de 0.22 (De Rosa, Carlos et al; 1992-1996) y compararlo con nuestra deuda externa que ya alcanza los 160.000.000.000 de pesos o el presupuesto destinado a educación por año que es de 1.500.000.000 de pesos o el PBI de la Argentina, etc. y sacar nuestras propias conclusiones.

Como profesionales del hábitat y ciudadanos debemos saber que:

a. nuestro país ha suscripto voluntariamente diversos protocolos y convenios internacionales como el de calentamiento global en el Protocolo de Kyoto. Este acuerdo nos conmina a reducir las emisiones de CO2

y el sector de la construcción representa más de un tercio de las emisiones.

b. el país dispone de normas de ahorro de energía consensuadas y difundidas por IRAM pero estas no son obligatorias. La provincia de Buenos Aires en abril del 2003 sancionó la Ley 13059 que hace obligatorio el cumplimiento de las Normas IRAM sobre acondicionamiento ambiental y aislamiento térmico de edificios para todo edificio nuevo o a remodelarse para habitación humana sea público o privado. Se reglamentó en 2010 y desde ya... no se cumple. La ciudad de Rosario es la única que actualizó su Código de Edificación en 2011 y para el año 2018 la totalidad de los edificios nuevos o a remodelarse de más de 50m2 serán eficientes.

c. no existen incentivos eficaces al ahorro de energía y la reducción de emisiones. Las políticas implementadas por el estado nacional son ineficaces y pareciera ser solo una cortina de humo para ocultar que no hacen nada más que declamar, sin acciones que sirvan al mejoramiento de la calidad del hábitat

4 Usando el edificio asignado por el docente y con la ayuda de la guía adjunta realizar el "Etiquetado energético" del edificio.

En la Argentina la Norma IRAM 11900 hasta el 2012/2017 proponía un etiquetado energético de edificios que se modificó para adecuarlo a otros internacionales.

El etiquetado ya es OBLIGATORIO en la Provincia de Santa Fe bajo Normas ISO. Por el momento y de la misma forma que las heladeras, freezers, equipos de aire acondicionado que ya cuentan con etiqueta, tienen un fin de educación al consumidor.

Habrá quienes exijan a su arquitecto el NIVEL A o habrá quienes le pidan que la obra cueste lo mínimo posible y probablemente sea un edificio Nivel G. De cualquier manera alquilar o comprar una casa o departamento G no será lo mismo que una A.

Lo más probable es que el de la G deba pagar abultadas facturas de energía eléctrica y gas para mantener en confort su vivienda o edificio y a medida que nos acerquemos al Nivel A quizá hasta dejemos de requerir climatización. Desde luego todo dependerá de la calidad del diseño ambiental del edificio.

En la siguiente planilla se sintetiza el procedimiento de cálculo para el "Etiquetado de eficiencia energética en calefacción de un edificio", vigente hasta diciembre de 2017.

A continuación se muestran las diferentes expresiones matemáticas que se utilizarán para obtener las diferencia de temperatura Δt para cada situación de envolvente, asi como la diferencia de temperatura entre el ambiente interior y la superficie interior de cerramientos τi, junto a los valores medios ponderados de $\tau i'$ y K´m.

Restará en cada una de las tres partes en que se divide la envolvente de un edificio obtener las sumatorias de todas las superficies, τi y K´m parciales para luego obtener los valores de τ y K´m que irán en la etiqueta del edificio.

*NOTA: Recordar que el τ **nunca** puede ser menor que la t_{mnd} ni mayor que 10°C, y el K´m variará entre 0 y 7 W/m².K*

Techos

$\Delta t = t_{int} - t_{mnd} + 8$ °C

$\tau i = 0{,}13 \cdot K \cdot \Delta t$

$\tau i'_{techos} = S_{techo} \cdot \tau i / S_{total}$

$K'm = S_{techo} \cdot K / S_{total}$

Cerramiento contacto aire exterior (muros, puertas, ventanas, losas piso)

$\Delta t = t_{int} - t_{mnd}$

$\tau i = 0{,}13 \cdot K \cdot \Delta t$

$\tau i'_{ext} = S_{exp} \cdot \tau i / S_{total}$

$K'm = S_{exp} \cdot K / S_{total}$

Cerramiento contacto local NO calefaccionado (muros, puertas, ventanas, losas piso)

$\Delta t = (t_{int} - t_{mnd}) / 2$

$\tau i = 0{,}13 \cdot K \cdot \Delta t$
$\tau i'_{prot} = S_{prot} \cdot \tau i / S_{total}$
$K'm = S_{prot} \cdot K / S_{total}$

$S_{total} = \Sigma (S_{techo} + S_{exp} + S_{prot})$

donde:
Δt : Diferencia de temperatura entre el ambiente interior (20°C) y la temperatura exterior mínima de diseño.
t_{int} : 20°C
t_{mnd} : temperatura exterior mínima de diseño (IRAM 11603) o síntesis en Tabla 7
τi : diferencia de temperatura entre el ambiente interior y la superficie del cerramiento.
0,13 : Resistencia térmica superficial interior en m^2.K/W
K : Transmitancia térmica del cerramiento en W/m^2.K
$\tau i'_{techos, exp\ o\ prot}$: diferencia de temperatura ponderada entre el ambiente interior y la superficie del cerramiento
$S_{techos, exp\ o\ prot}$: superficie del elemento de cerramiento para cada K
S_{total} : superficie envolvente total
K´m : Transmitancia térmica media ponderada del cerramiento en W/m^2.K

Guía de cálculo:

a. elegir la localidad y adoptar la temperatura mínima de diseño.
b. tomar los sistemas constructivos de la PARTE 1 y sus K y completar las columnas 3 a 5.
c. Calcular el tau i de la columna 6. (°C)
d. Calcular la superficie envolvente total S_{total} (m^2)
e. Calcular los tau i ponderados parciales de la columna 7 $\tau i'_{prot}$ en °C
f. Calcular el tau ponderado sumando los parciales τ'_m en °C
g. Calcular las transmitancia térmicas parciales ponderadas Ki´m
h. Sumar todas las K´m parciales y obtener el total
i. Registrar todo en la tabla síntesis final
j. Completar la *"Etiqueta de energía en calefacción"*
k. Discutir con el grupo la calificación obtenida y ver que mejoras pueden introducirse para alcanzar un nivel C o B.

Como síntesis un edificio A se encuentra dentro de los clasificados internacionalmente como de ultra baja energía o "*Cero Energy*", un edificio B o C puede llegar a considerarse de baja energía o "*Low Energy*". Son las tres categorías que pueden denominarse "sustentables" respecto SOLAMENTE de la calidad térmica de su envolvente que implica bajo consumo de energía en calefacción.

Es probable que todo edificio de la realidad construida de la región se encuentre en Nivel H y algunos casos con poca superficie vidriada podrían alcanzar el Nivel G.

Tabla 7: Datos bioclimáticos de algunas localidades de Argentina

ESTACIÓN	Prov	LAT	LONG	ASNM	RegBio	TMAX	TMED	TMIN	TMND	HR	VV	PRE	GD18	GD20
		º	º	m		ºC	ºC	ºC	ºC	%	km/h	mm	ºC	ºC
AEROPARQUE	BAC	34,57	58,42	6	IIIB	14,3	10,8	8,0	1.7	82	13	56	850	1278
AZUL	BAP	36,75	59,83	132	IVC	13,7	7,3	2,1	-8.9	85	8	39	1599	2166
BAHIA BLANCA	BAP	38,73	62,18	83	IVC	13,6	7,9	3,6	-11.8	73	15	31	1370	1861
CORONEL SUAREZ	BAP	37,50	61,95	234	IVC	12,1	6,2	1,4	-13.5	82	4	39	1717	2298
DOLORES	BAP	36,35	57,73	9	IVD	14,4	8,2	4,0	-9.3	82	13	66	1347	1871
EZEIZA	BAP	34,82	58,53	20	IIIB	15,1	9,6	5,0	-5.8	82	11	43	1108	1570
JUNIN	BAP	34,55	60,95	81	IIIA	15,4	9,1	4,2	-8.0	81	12	33	1149	1608
LA PLATA AERO	BAP	34,97	57,90	23	IIIB	14,4	9,2	5,4	-4.3	84	17	57	1180	1670
BENITO JUAREZ	BAP	37,53	59,57	233	IVC	12,1	6,8	2,2	-8,7	81	10	40	1845	2441
MAR DEL PLATA AERO	BAP	37,93	57,58	24	IVD	13,0	8,2	3,9	-9.3	85	16	57	1655	2287
PIGUE	BAP	37,60	62,38	304	IIIA	8.04	13.5	2.6	-12,2	81	16	32	1297	1783
TANDIL	BAP	37,23	59,25	175	IVC	12,7	7,4	3,0	-11.6	84	14	60	1655	2227
TRENQUE LAUQUEN	BAP	35,97	62,73	95	IIIA	15,1	8,6	3,5	-8.6	76	8	29	1166	1602
CATAMARCA	CA	28,45	65,77	531	IIA	20,0	11,4	4,8	-7.4	64	7	5	448	732
CORDOBA AERO	CD	31,32	64,22	474	IIIA	18,4	10,6	4,6	-7.7	67	11	8	704	1120
CORRIENTES AERO	CR	27,45	58,77	62	IB	22,4	15,6	10,4	0.2	77	11	44	150	390
RESISTENCIA	CHC	27,45	59,05	52	IB	23,0	16,1	11,1	-4.7	78	10	51	156	386
COMODORO RIVADAVIA	CHB	45,78	67,50	61	V	10,6	6,5	3,0	-7.4	60	30	22	1855	2523
ESQUEL	CHB	42,90	71,37	785	VI	6,5	1,8	-2,7	-13.7	77	17	85	3684	4414
PARANA AERO	ER	31,78	60,48	62	IIB	17,8	11,9	6,9	-2.0	79	13	37	632	1039
FORMOSA	FM	26,20	58,23	60	IB	23,4	17,2	12,2	0.9	76	11	50	21	205
HUMAHUACA	JJ	23,20	65,37	2980	IVA	19,5	7,5	-3,4	-15.5	45	7	0	1943	2673
JUJUY	JJ	24,18	65,30	1303	IIIB	19,5	10,4	3,9	-2,0	72	7	7	651	1064
LA QUIACA	JJ	22,10	65,60	3459	V	14,9	3,7	-7,7	-13,3	29	5	0	2979	3709
SANTA ROSA	LP	36,57	64,27	189	IIIA	15,1	7,6	1,4	-6.0	78	11	15	2674	3639
LA RIOJA	LR	29,38	66,82	430	IA	19,8	11,0	4,0	-2.5	63	7	5	495	786
CRISTO REDENTOR	MZ	32,83	70,08	3832	VI	-2,9	-6,4	-9,6	-15,1	55	22	0	6997	7727
MENDOZA AERO	MZ	32,83	68,78	704	IVA	15,7	7,3	0,8	-3.9	63	4	2	1128	1556
POSADAS	MS	27,37	55,97	133	IB	22,1	16,0	11,0	4,9	77	12	88	92	328
NEUQUEN	NQ	38,95	68,13	270	IVB	13,1	5,4	-0,5	-6,3	69	9	12	1680	2185
BARILOCHE	RN	41,15	71,17	836	VI	6,6	2,3	-1,2	-7,0	85	19	123	3682	4412
SALTA	ST	24,85	65,48	1226	IIIA	19,8	9,7	2,6	-3,3	71	3	3	704	1127
SAN JUAN AERO	SJ	31,57	68,42	598	IIIA	17,7	7,7	-0,5	-6,3	56	7	1	1041	1449
SAN LUIS	SL	33,27	66,35	713	IIIA	17,0	9,4	3,1	-2,8	60	15	7	871	1297
RIO GALLEGOS	SC	51,62	69,28	17	VI	4,5	0,9	-2,0	-7,7	82	16	14	3812	4542
ROSARIO	SF	32,92	60,78	27	IIIB	16,8	10,3	5,3	-0,7	82	12	37	886	1314
SANTIAGO DEL ESTERO	SE	27,77	64,30	199	IA	21,0	13,1	6,1	0,1	67	8	3	351	624
TUCUMAN AERO	TC	26,83	65,20	420	IIB	19,9	12,3	6,6	0,6	71	3	9	386	686
BASE ESPERANZA	TF	63,40	56,98	8	VI	-6,7	-11,4	-15,9	-21,2	80	28	51	8596	9326
USHUAIA	TF	54,80	68,32	14	VI	4,6	1,7	-1,0	-6,8	78	10	31	4486	5216

Fuente: Norma IRAM 11603.

ETIQUETADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS
(Proyecto 1 IRAM 11900)

Ubicación							
Provincia		Latitud	ASNM	Tint	t_{mnd}	Zona Bioam	
Localidad				20			
Alumno (profesional responsable)							
Nombre					Título	Matrícula	
Dirección							

Techos

Δt = Tint – tmnd + 8 °C ; $\tau i = 0{,}13 \cdot K \cdot \Delta t$; $\tau i'_{techos} = S_{techo} \cdot \tau i / S_{total}$; $K'm = S_{techo} \cdot K / S_{total}$

Elemento (1)	Descripción (2)	S_{techo} m^2 (3)	K W/m^2K (4)	Δt °C (5)	τi °C (6)	$\tau i'_{techos}$ °C (7)	K´m W/m^2K (8)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
	Sumatoria						

Muros, piso, ventana y puerta en contacto con aire exterior

Δt = Tint – tdmn ; $\tau i = 0{,}13 \cdot K \cdot \Delta t$; $\tau i'_{exp} = S_{exp} \cdot \tau i / S_{total}$; $K'm = S_{exp} \cdot K / S_{total}$

Elemento	Descripción	S_{exp} m^2	K $W/m^2.K$	Δt °C	τi °C	$\tau i'_{exp}$ °C	K´m W/m^2K
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
	Sumatoria						

Muros, piso, y otros en contacto con ambientes NO calefaccionados

$\Delta t = (Tint - tdmn)/2$; $\tau i = 0{,}13 \cdot K \cdot \Delta t$; $\tau i'_{techos} = S_{techo} \cdot \tau i / S_{total}$; $K'm = S_{techo} \cdot K / S_{total}$

Elemento	Descripción	S_{prot} m^2	K $W/m^2.K$	Δt °C	τi °C	$\tau i'_{prot}$ °C	K´m W/m^2K
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
	Sumatoria						

Componentes	S_{TOTAL} m^2	$\tau i'$ °C	K´m W/m^2K
Techos			
Otros exterior			
Otros con vecinos			
Sumatorias			

Etiqueta	Condicion
A	tm = 1 °C
B	1 °C < tm = 1,5 °C
C	1,5 °C < tm = 2 °C
D	2 °C < tm = 2,5 °C
E	2,5 °C < tm = 3 °C
F	3 °C < tm = 3,5 °C
G	3,5 °C < tm = 4 °C
H	tm > 4 °C

Energía de calefacción			
			Envolvente Edilicia
Más eficiente			
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
Menos eficiente			
τ_m		[°C]	
K'_m		[W/m2.K]	
Temperatura de diseño mínima exterior según IRAM 11603 en °C			
Temperatura de diseño interior en °C			20
Superficie cubierta en m2			
Profesional responsable			
Certificado N°			
Fecha evaluación			
Fecha emisión certificado			
IRAM 11900			

Bibliografía:

1. Czajkowski J. y Gómez A. (1994) *Diseño bioclimático y Economía energética edilicia. Fundamentos y métodos*. Edit. UNLP, Colección Cátedra. La Plata.
2. Izard, J.L. y Guyot, A.(1983) "Arquitectura bioclimática". Edit. G. Gili. México.
3. Cornoldi A. y Los S. (1982) *"Hábitat y energía"*. Edit. G. Gili. Barcelona.
4. Evans, M. y de Schiller, S.(1988) *"Diseño bioambiental y arquitectura solar"*. Edit. EUDEBA. Buenos Aires.
5. *Normas IRAM* 11549, 11601, 11603, 11604, 11605, 11625, 11659-1 y 2.
6. Olgyay, V. *(1998) "Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas"*. Edit. GG. Barcelona.
7. Sitios web www.arquinstal.com.ar , www.asades.org.ar, www.idae.es
8. 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.)
9. Czajkowski, J. D. (2004). "*Modelo de ahorro de energía en refrigeración para la República Argentina*". (Antecedentes de las Normas IRAM 11659-1 y 2).
10. Czajkowski, J.; Gómez, A. et Al. (2007). "Arquitectura Sustentable". Editado por Clarín. Curso de Capacitación Profesional.
11. Norma IRAM 11900. (2011). Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente.
12. Czajkowski J. y Gómez A. (2009). Arquitectura Sustentable. Edit Clarín. Buenos Aires.
13. Czajkowski J. y Gómez A. (2012). Cuadernos de Arquitectura Sustentable. Edit UNLP. Buenos Aires.
14. Normas IRAM: 11549, 11601, 11604, 11605, 11625, 11900 en su versión más reciente.
15. Ley 13059/03 y Decreto Reglamentario 1030/10 provincia Buenos Aires.
16. Ley 4458/12 Ciudad autónoma de Buenos Aires.