

INFORME TÉCNICO

Caso: Palacio Municipal

Municipio: Chacabuco

Provincia: Buenos Aires



Fuente: Google street

La Plata, febrero 2023

EQUIPO DE TRABAJO

Dr. Arq. Jorge Daniel Czajkowski	Director. Profesor Titular FAU UNLP / Investigador CONICET
Prof. Arq. Analía Fernanda Gómez	Profesora Titular FAU UNLP / Investigadora CONICET
Ing. Belén Birche	ACD FI UNLP / Becaria Doctoral CIC / Maestranda y doctoranda FAU UNLP
Esp. Arq. Roberto N. Berardi	ACD FAU UNLP / Maestrando FAU UNLP
Esp. Arq. David Basualdo	ACD FAU UNLP / Maestrando y doctorando FAU UNLP
Sr. Julián Basualdo	Estudiante FAU UNLP
Sr. Matías Fernández	Estudiante Fac. Ing. UNLP
Dra. María de los Angeles Czajkowski	Secretaria técnica
Sr. Gerardo Aníbal Czajkowski	Técnico informático

El Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable pertenece a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de la Plata. Es un centro asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Fue creado en 2009 a partir de un grupo de investigación de la Cátedra de Instalaciones Nro 1.

La totalidad del equipamiento e instrumental de monitoreo usado en las campañas de auditorías energéticas pertenecen al LAyHS y fueron adquiridos con fondos públicos mediante subsidios UNLP, ANPCyT, CONICET, CIC y trabajos a terceros.

INFORME EJECUTIVO

Proyecto EUROCLIMA «Edificios municipales energéticamente eficientes y sustentables»

Caso: Palacio Municipal de Chacabuco. Provincia de Buenos Aires

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Reconquista 26 (Lat -34.64; Long -60.47) en clima templado cálido de transición en Zona IIIa (IRAM 11603). Este edificio cumple la función de sede del gobierno municipal tanto ejecutivo como legislativo. Al momento de ser auditado solo funcionaba la planta baja y la planta alta estaba en remodelación. Su construcción es de fines del siglo XIX y se encuentra restaurado. La actividad principal del municipio es la agricultura, ganadería y fabricación de ladrillos. El municipio tiene una población de 45800 hab. (2021). Tiene una superficie habitable de 1368,85 m² y un volumen a climatizar de 6638,92 m³ con una altura media de locales de 4,85 m. Posee semisótano usado como archivo. La fachada principal del edificio está orientada al sudoeste y es exento. El área auditada en funcionamiento fue de 641,83 m².

Está materializado con gruesas paredes de ladrillos comunes revocado en ambas caras ($R= 1.06 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 0.94 \text{ W/m}^2\text{K}$), los entresuelos son de perfiles de acero y bovedillas con contrapiso de HºPº terminados con baldosas calcáreas y/o graníticas según sectores, el techo es de chapa zincada sobre estructura de madera y cielorrasos suspendidos de yeso ($R= 0.36 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 2.48 \text{ W/m}^2\text{K}$) en espacios anexos y mansarda sobre el salón del Consejo Deliberante. Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de madera con un vidrio de 4mm de espesor y postigos exteriores metálicos ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de HºPº en el sector noreste ($R= 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Diagnóstico:

El edificio es de construcción centenaria, de baja eficiencia energética. El personal y el monitoreo muestra que es confortable todo el año cubierto por el sistema de climatización. Utiliza energía eléctrica y gas natural en su operación. El municipio no proveyó consumos históricos para analizar.

La modelización muestra una demanda potencial de energía en climatización de **61114 kWh/año** y 95.22 kWh/m2.año que podría reducirse en un 40,83 % con medidas pasivas de rehabilitación energética. No hay fracción de ahorro en iluminación y podría haber en climatización con equipos más eficientes.

Recomendaciones rehabilitación:

La medida más importante es trabajar sobre la envolvente: a. En muros aumentar el nivel de aislamiento mediante un emplacado interior con 80mm de lana de vidrio. En ventanas colocar DVH. En techos incorporar 100mm de lana de vidrio sobre cielorrasos suspendidos.

De pensarse en energías renovables la mejor opción es una bomba geotérmica frío/calor accionado por un generador FV. El generador fotovoltaico podría alimentar además la iluminación LED y arrojar sombras sobre los techos.

Al ser un edificio histórico y en condición de funcionamiento pleno son escasas las posibilidades de rehabilitación energética e implica que la reducción en los consumos es menor a otros edificios analizados.



Figura 1: Comparación anual de la variación de demanda de energía simulada del caso original y mejorado.

La figura 1 muestra la fracción de ahorro posible de energía en climatización de implementarse las medidas pasivas de rehabilitación energética. Puede verse que en los meses de marzo y abril y septiembre y octubre no se requeriría climatización mecánica.


 Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
 Director LAYHS - FAU - UNLP

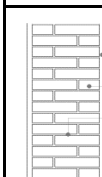
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Chacabuco, Provincia de Buenos Aires

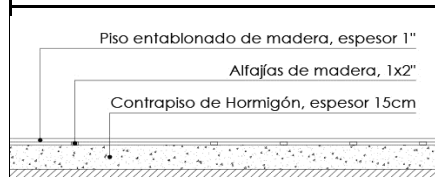
EDIFICIO Palacio Municipal

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Chapa galvanizada con cielorraso suspendido de yeso

Muros

Ladrillos macizos

Piso

Pisos de madera

Carpintería Madera con vidrio simple

Instalaciones térmicas Calefacción con tiros balanceado y refrigeración con Split

Instalaciones lumínicas Fluorescente y LED

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	1368,75 m ²
Volumen habitable	6638,92 m ³
Compacidad -Co-	0,96 -
Factor de forma -f-	0,96 -
Factor de exposición -fe-	1,00 -
Altura media de locales -h-	4,85 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda energía calefacción anual /m2	44,65 kWh/año	
Demanda energía refrigeración anual /m2	19,85 kWh/año	
Coeficiente global de pérdidas Gcal	1,68 W/m3K	
Coeficiente de pérdidas Scal	4,73 W/m2K	
Pérdidas por envolvente calefacción	Techos	794,92 W/K
	Muros	1145,89 W/K
	Ventanas	401,09 W/K
	Puertas	507,00 W/K
	Pisos	189,81 W/K
	Renov. Aire	2179,013 W/K
	Total	5217,71 W/K

FICHA RESUMEN N° 1

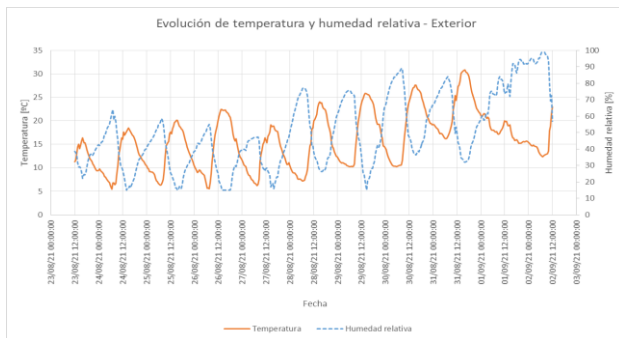
MUNICIPIO Chacabuco, Provincia de Buenos Aires

EDIFICIO Palacio Municipal

SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

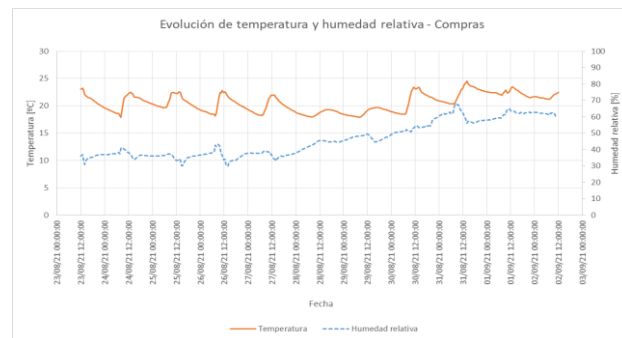
Hobo exterior: H30 - Hobo colocado en el edificio

Hobo interior: H36

Lectura: 23/08/2021 12:00
02/09/2021 12:00

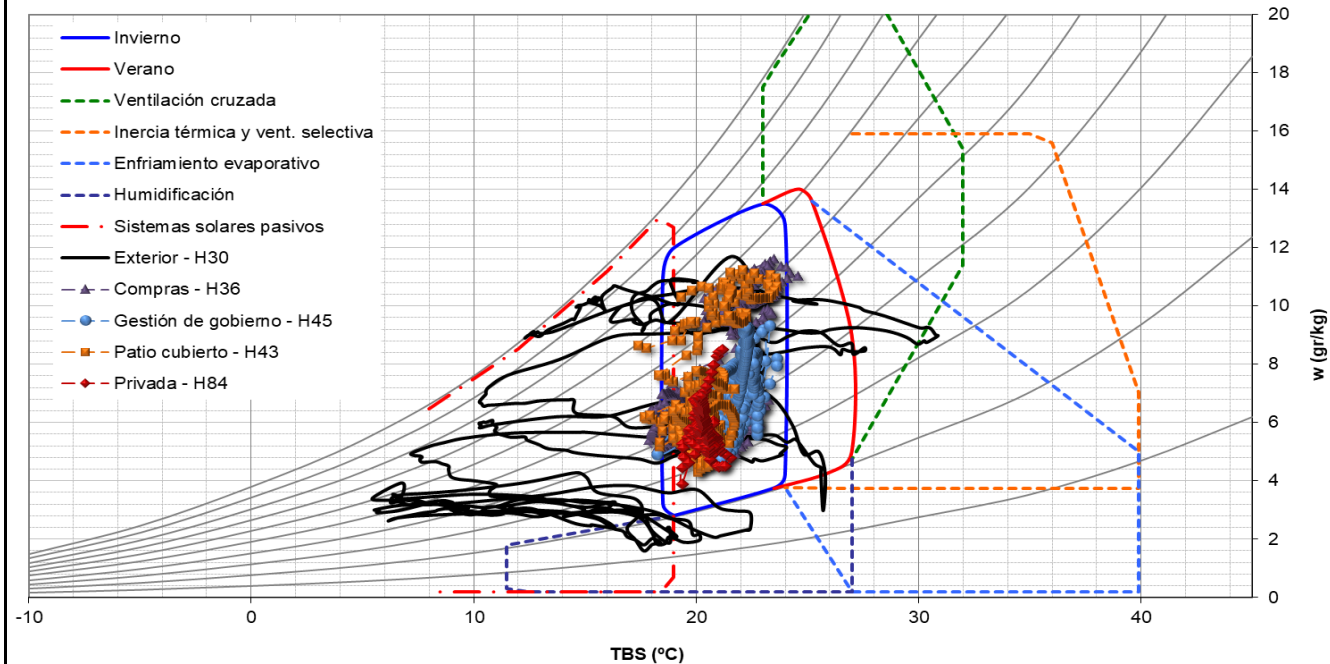
T [°C] Prom: 15,75

HR [%] Prom: 50,36

Lectura: 23/08/2021 12:00
02/09/2021 12:00

T [°C] Prom: 20,55

HR [%] Prom: 46,02

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO**Chacabuco - Palacio Municipal - Invierno**

FICHA RESUMEN N° 1

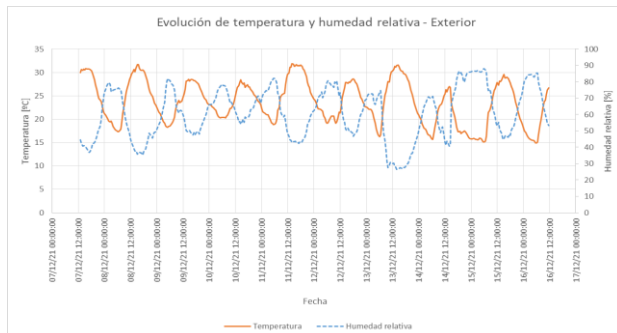
MUNICIPIO Chacabuco, Provincia de Buenos Aires

EDIFICIO Palacio Municipal

SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H32 - Hobo colocado en el edificio

Hobo interior: H82

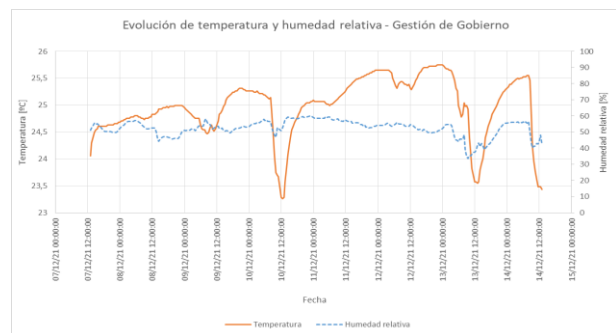


Lectura: 07/12/2021 13:00

16/12/2021 11:30

T [°C] Prom: 23,60

HR [%] Prom: 60,71

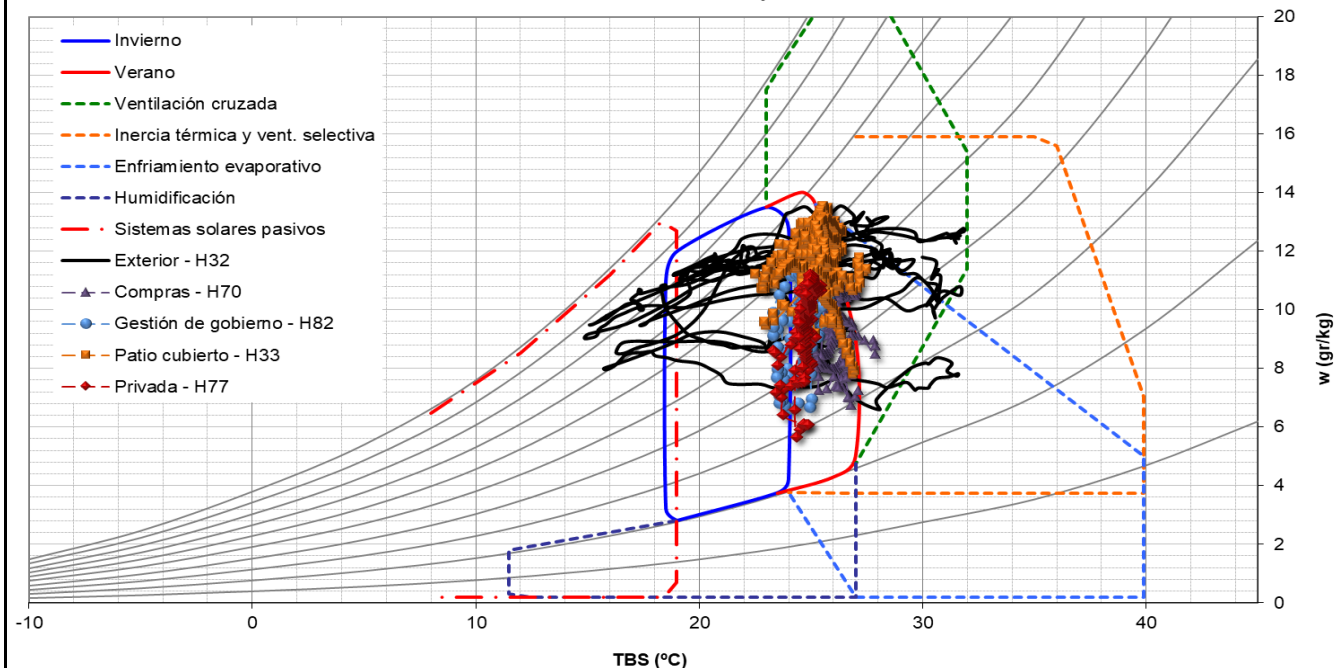


Lectura: 07/12/2021 13:00

14/12/2021 13:00

T [°C] Prom: 24,98

HR [%] Prom: 52,37

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO**Chacabuco - Palacio Municipal - Verano**

REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Palacio Municipal

Localidad: Chacabuco, Prov. de Buenos Aires.

El edificio se encuentra localizado en calle Reconquista 26 (Lat -34.64; Long -60.47) en clima templado cálido de transición en Zona IIIa (IRAM 11603). Este edificio cumple la función de sede del gobierno municipal tanto ejecutivo como legislativo. Al momento de ser auditado solo funcionaba la planta baja y la planta alta estaba en remodelación. Su construcción es de fines del siglo XIX y se encuentra restaurado. La actividad principal del municipio es la agricultura, ganadería y fabricación de ladrillos. El municipio tiene una población de 45800 hab. (2021). Tiene una superficie habitable de 1368,85 m² y un volumen a climatizar de 6638,92 m³ con una altura media de locales de 4,85 m. Posee semisótano usado como archivo. La fachada principal del edificio está orientada al sudoeste y es exento. El área auditada en funcionamiento fue de 641,83 m².

Está materializado con gruesas paredes de ladrillos comunes revocado en ambas caras ($R = 1.06 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 0.94 \text{ W/m}^2\text{K}$), los entresuelos son de perfiles de acero y bovedillas con contrapiso de HºPº terminados con baldosas calcáreas y/o graníticas según sectores, el techo es de chapa zincada sobre estructura de madera y cielorrasos suspendidos de yeso ($R = 0.36 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 2.48 \text{ W/m}^2\text{K}$) en espacios anexos y mansarda sobre el salón del Consejo Deliberante. Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de madera con un vidrio de 4mm de espesor y postigos exteriores metálicos ($R = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de HºPº en el sector noreste ($R = 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$).

A los fines del diagnóstico energético en situación de calefacción las renovaciones de aire se fijan en $N=2$ (IRAM 11604) y en la situación de refrigeración en $\text{Car} = 15 \text{ m}^3/\text{h.persona}$ (IRAM 11659-1). No se considera aporte solar o de ocupación en invierno. En verano se considera una ocupación media de personas, el aporte solar y las luminarias encendidas durante 8hs. El monitoreo higrotérmico muestra que se encuentra en confort sea en invierno como en verano (ver ficha resumen).

1. INVIERNO - VERSIÓN ORIGINAL: Se realiza un análisis térmico y energético mediante una aplicación desarrollada ad-hoc para el Producto 6 en Excel y que usa las Normas IRAM 11601, 11605, 11604, 11659 y 11900 como referencia. Se usan los datos bioclimáticos del aeropuerto de Ezeiza distante 224 km que es la más cercana en la base de datos y se encuentra casi en la misma latitud. Los datos fueron tomados de la Norma IRAM 11900/18 que muestra datos mensuales de temperaturas medias (°C) y radiación solar media (W/m^2). Los valores medios mensuales de humedad relativa se tomaron de: <http://arquinstal.com.ar/atlas.html> que muestra información del Servicio Meteorológico Nacional.

Municipio						Chacabuco, Provincia de Buenos Aires								
Edificio						Palacio Municipal								
Localidad más cercana en la base de datos:						Ezeiza - Pcia. Buenos Aires								
Mes ()	Días ()	Tm (°C)	Tdc-Tm (°C)	Tm-Tdr (°C)	HR (%)	Radiación solar media mensual								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur (W/m²)	Suroeste	Oeste	Noroeste	Horizontal
Enero	31	25,4	0	5,4	66	132	172	186	141	90	153	201	181	339
Febrero	28	24,4	0	4,4	68	158	180	171	116	67	123	182	188	300
Marzo	31	21,2	0	1,2	73	178	166	133	79	52	84	142	175	221
Abril	30	16,7	3,3	0	79	189	149	97	49	37	53	112	167	160
Mayo	31	13,6	6,4	0	81	179	136	72	31	28	33	77	142	109
Junio	30	9,9	10,1	0	83	145	104	51	23	22	24	61	118	79
Julio	31	10,7	9,3	0	82	201	150	74	29	26	30	79	156	108
Agosto	31	10,7	9,3	0	78	217	168	97	42	33	44	104	177	151
Septiembre	30	12,6	7,4	0	75	186	170	124	65	44	65	116	160	191
Octubre	31	17,9	2,1	0	75	185	198	175	110	62	111	176	197	286
Noviembre	30	20,6	0	0,6	73	136	175	183	133	81	135	182	172	315
Diciembre	31	21,8	0	1,8	67	123	175	200	157	101	168	212	181	359
Anual	365	17,1	47,9	13,4	75	2029	1943	1563	975	643	1023	1644	2014	2618

Tabla 1: Datos mensuales de temperaturas medias y radiación solar por orientación del aeropuerto de Ezeiza.

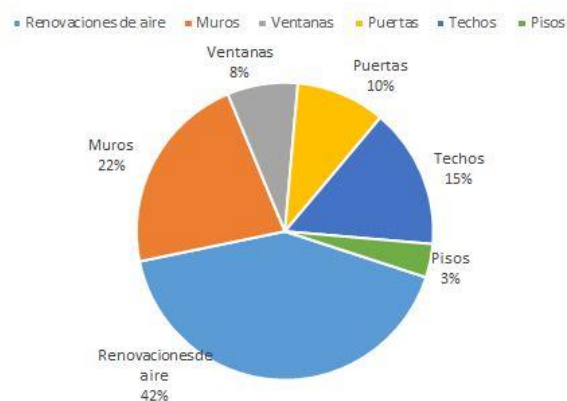


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

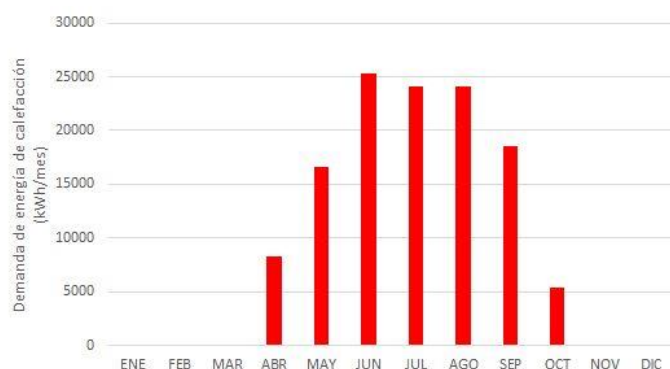


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para TBcal= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales	
Superficie habitable	641,83 m ²
Volumen habitable	3112,88 m ³
Indice Compacidad Co	0,96 adim
Factor de forma f	0,96 adim
Factor de exposición Fe	1,00 adim
Altura media de locales	4,85 m
Superficie envolvente	667,07 m ²
Superficie expuesta	667,07 m ²

Tabla 2: Resumen de aspectos dimensionales del edificio

Del diagnóstico surge que el edificio tiene un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de 1,68 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 2.72 W/m² que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **61114 kWh/año** y 95.22 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

A fin de definir estrategias de rehabilitación se analizan las pérdidas y se encuentra que es factible intervenir los techos (15%), muros (22%) y vidriados (18%, ventanas y puertas), según Figura 1, a fin de lograr mejoras en la demanda de energía. No es factible intervenir pisos. Las renovaciones de aire pueden reducirse a 1.5 mediante mejoras en estanqueidad de la envolvente.

2. INVIERNO - PROPUESTA MEJORADA:

- Aislamiento térmico en muros del interior con estructura metálica, lana de vidrio con foil de aluminio de 80mm y terminación con tableros de yeso de roca y sustrato de OSB de 15mm cuando deban fijarse muebles. ($K_m = 0.58 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- b. En techos reforzar con 100 mm de lana de vidrio tipo Rolac plata. ($K_{t1} = 0.32 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- c. La intervención más costosa es en vidriados, sea en aislamiento, como en protección solar. En las ventanas usar DVH. ($K_{v1} = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- d. Por la complejidad no se prevé mejoras en pisos. ($K_p = 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$)

La implementación de las mejoras en muros, techos y vidriados permitirá reducir la demanda de energía en calefacción en un 40,83 %. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de $0,81 \text{ W/m}^3\text{K}$ y un Coeficiente de pérdidas unitarias $0,85 \text{ W/m}^2$ que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **36161,60 kWh/año** y $56.34 \text{ kWh/m}^2\text{año}$, para una temperatura base de calefacción de 20°C .

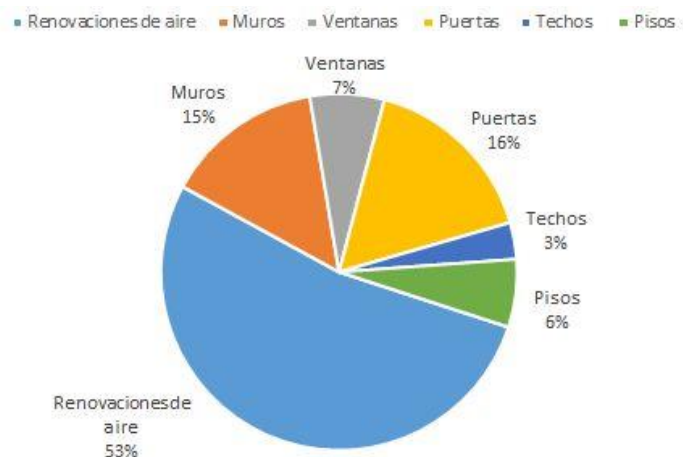


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada

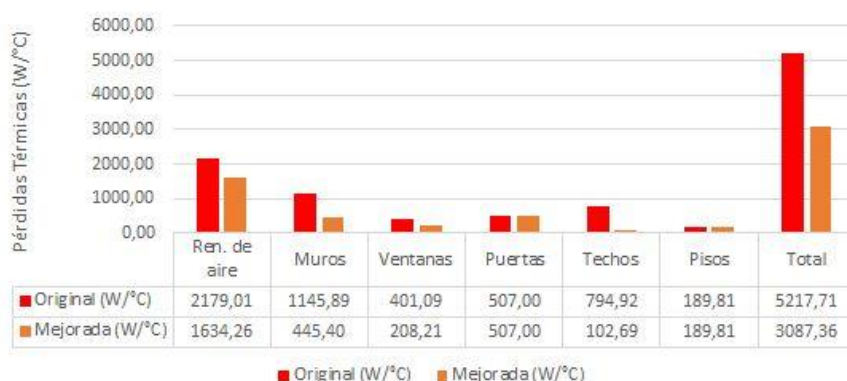


Figura 4: Comparación entre versión original y mejorada

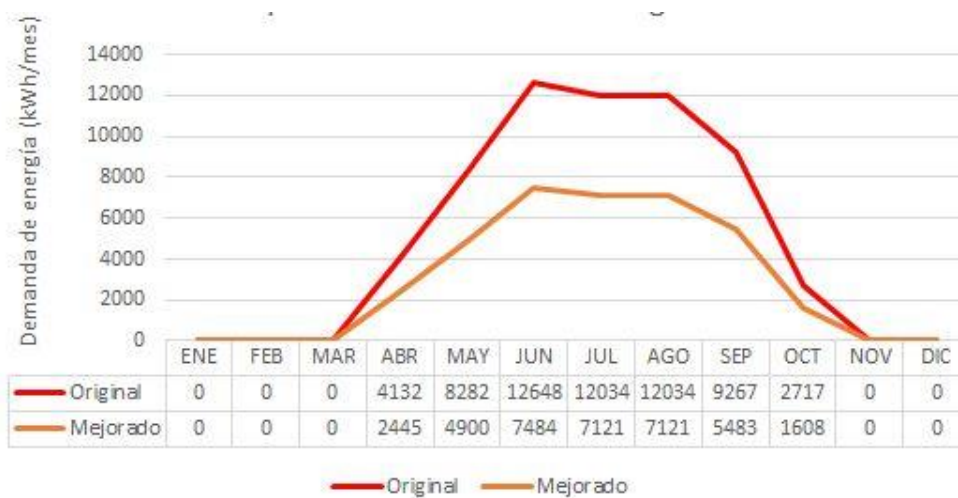


Figura 5: Comparación entre versión original y mejorada mensual

3. CONCLUSIÓN INVIERNO:

Cabe remarcar que es un diagnóstico simplificado en régimen estacionario que no contempla ocupación (personas, iluminación y equipos) y el aporte solar, que reducirían la demanda de energía. Se supone una temperatura de termostato de 20°C en el interior. La iluminación existente en nueva tipo LED y no hay fracción de ahorro. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 40,83%. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:



Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 14%, los techos con el 9%, los muros con un 14%, y las ventanas con un 5%. En la condición de invierno se propuso mejoras en estos. Las ventanas ya cuentan con *protección solar*. Este análisis simplificado no considera el aporte solar mediante temperatura sol/aire o similar ni el efecto de la inercia térmica que quizá modificaría la distribución de aportes. No es posible modificar aporte de personas, iluminación o renovaciones de aire al ser un edificio público. La cantidad de personas se determina por tabla a razón de 4 m²/persona.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **27167,67 kWh/año** y 42,33 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

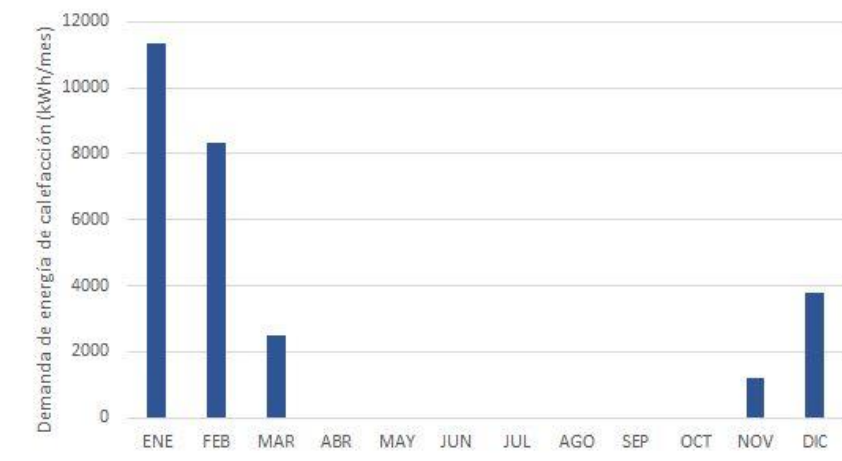


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

5. VERANO - PROPUESTA MEJORADA:

Se mantienen las mejoras propuestas para el invierno solo agregando una protección solar en las aberturas que lo requieran. Se busca que los vidriados tengan un FES = 0.15 en ventanas.

La figura 8 muestra la importante reducción del aporte solar relativo, con las mejoras propuestas lo mismo que en muros, techos y ventanas. No se consideraron las mejoras en pisos y puertas lo mismo que en renovaciones de aire dado el tipo de función edilicia y costos de intervención.

Así la propuesta mejorada implica una reducción del **25,99%** en la demanda de energía eléctrica en refrigeración, sin considerar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado.

En la figura 9 se comparan el edificio original con el que resulta de las propuestas de mejoras. Destacan las reducciones en muros, ventanas, techos y en asoleamiento.

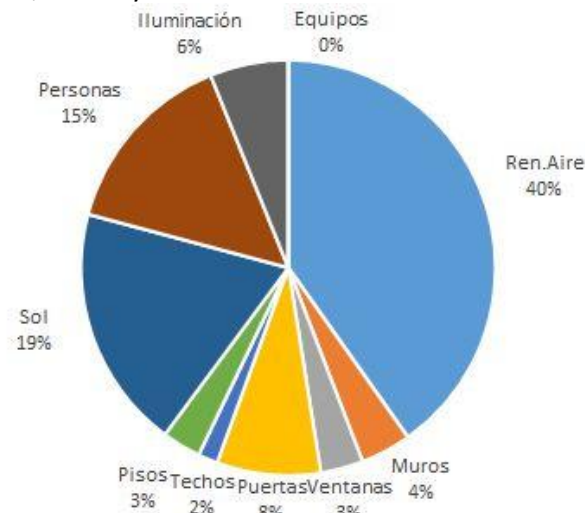


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **20106,75 kWh/año** y 31,33 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

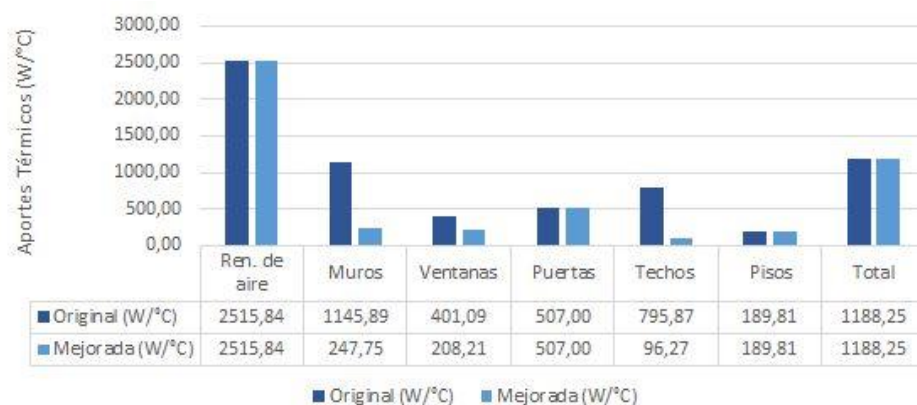


Figura 9: Comparación de edificio original y mejorado. Situación verano.

La figura 9 compara las demandas de energía entre el edificio original y el mejorado. Las reducciones más importantes se dan en asoleamiento, techos y muros. seguido de ventanas por conducción.

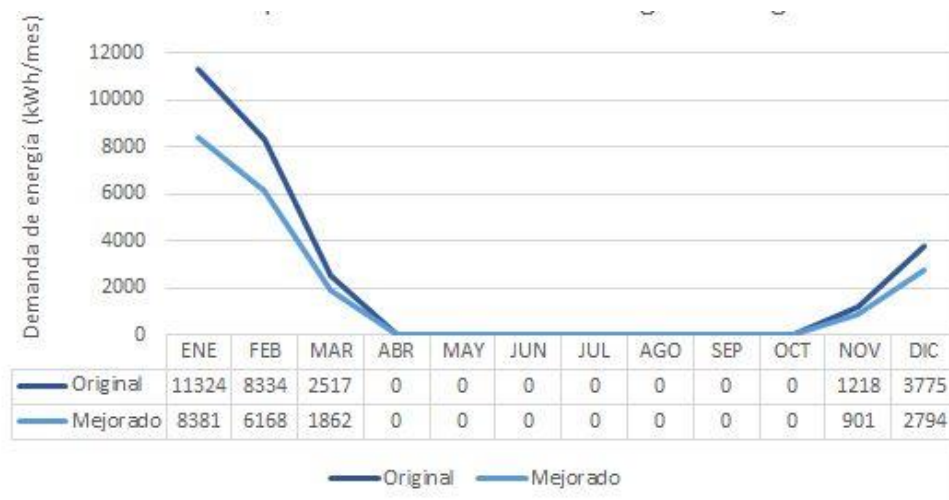


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

6. CONCLUSIÓN:

Las Tabla 3 y figura 11 a modo de conclusión muestra que la reducción total anual de energía en climatización con las medidas de mejora propuestas podría ser de un 36,26% para mantener el edificio en una temperatura constante de 20°C a lo largo de 8hs de lunes a viernes todo el año. Reduciendo de los 137,55 kWh/m²año a 87,67 kWh/m²año. Esto muestra la necesidad de implementar soluciones en protección solar de superficies vidriadas, muros y techos. Luego queda planificar un sistema termomecánico de climatización sustentable adecuado a su implantación.

Demanda de energía Comparación anual	Calefacción		Refrigeración	
	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)
ENE	0	0	11324	8381
FEB	0	0	8334	6168
MAR	0	0	2517	1862
ABR	4132	2445	0	0
MAY	8282	4900	0	0
JUN	12648	7484	0	0
JUL	12034	7121	0	0
AGO	12034	7121	0	0
SEP	9267	5483	0	0
OCT	2717	1608	0	0
NOV	0	0	1218	901
DIC	0	0	3775	2794
Total	61113,98	36161,60	27167,67	20106,75
Reducción de demanda (%)	40,83		25,99	

ización anual original	88281,66	(kWh/año)	137,55	(kWh/m ² año)
Total climatización anual mejorado	56268,34	(kWh/año)	87,67	(kWh/m ² año)
Reducción de demanda total (%)	36,26			

DECal	DECal+	DERef	DERef+
95,22	56,34	42,33	31,33
kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año
Reducc (%)	40,83		25,99

Tabla 3: Síntesis de resultados.



Figura 11: Comparación anual caso: Palacio Municipal de Chacabuco, Prov. De Buenos Aires.

Nota: las superficies y volumen usados en el diagnóstico corresponden a lo determinado por la Norma IRAM 11604/01 apartado 3.

Dr. JORGE DANIEL OZAJKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP