

INFORME TÉCNICO

Caso: Palacio municipal

Municipio: Pérez

Provincia: Santa Fe



Fuente: JDC, 2021

La Plata, mayo 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. Pérez, Santa Fe.

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Sarmiento y Yapeyú, entre calles Lavalle e Italia de la Ciudad de Pérez en la provincia de Santa Fe (Latitud: -33.0015; Longitud: -60.7741). Posee clima cálido húmedo en Zona IIb (IRAM 11603).

Este edificio de fines del siglo XIX era originalmente una mansión inglesa de un funcionario del FFCC y fue adaptado para su uso como palacio municipal. Posee valoración patrimonial y requiere de restauración y conservación por falta de mantenimiento. Es de muy difícil rehabilitación energética sin modificar su imagen interna o externa. Su implantación es próxima a las vías del FFCC y la plaza central San Martín. Construido con ladrillos a la vista, carpinterías de madera y vidrios de 4mm y cubierta de chapa con cielorraso suspendido alto, su eficiencia energética es baja. El sector auditado al frente tiene una superficie habitable de 416,55 m² y un volumen a climatizar de 1406,27 m³ con una altura media de locales de 3.38m.

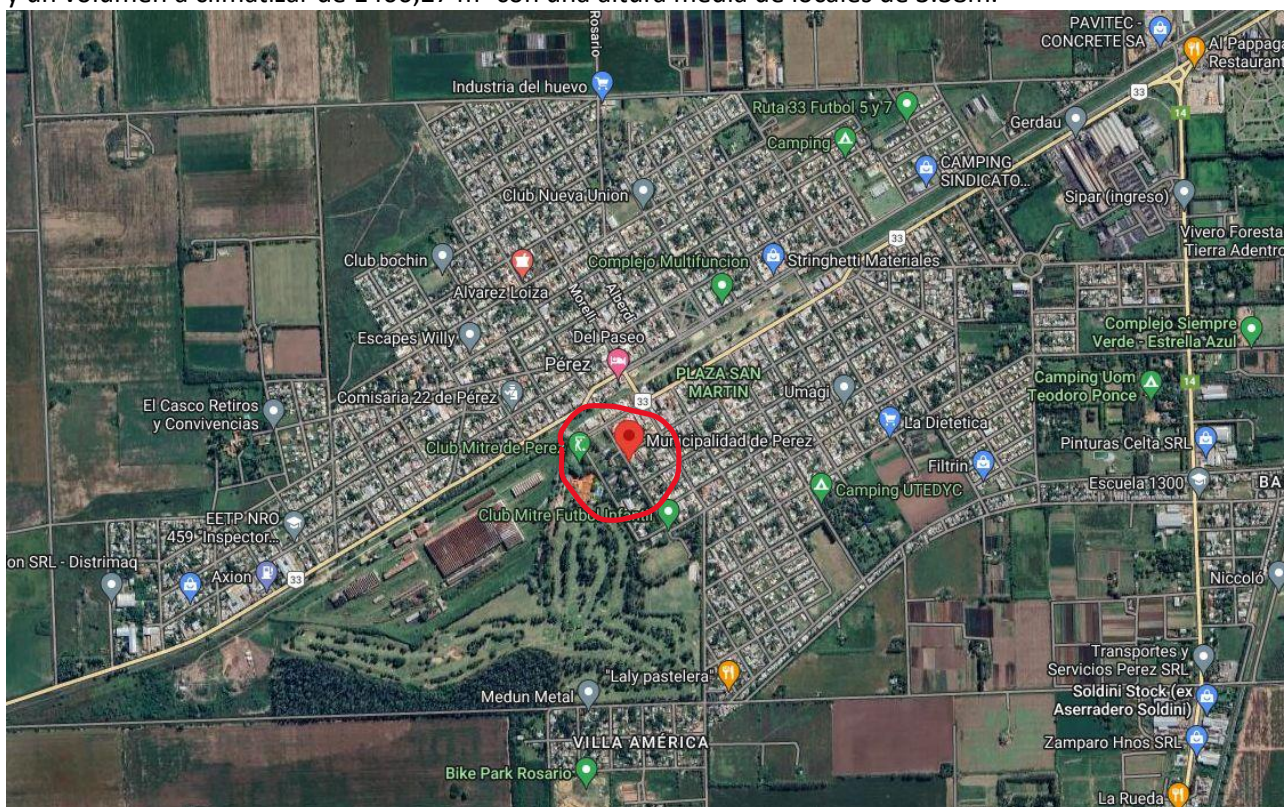


Figura 1: Implantación del edificio en el tejido urbano. Fuente: Google maps.

Es un edificio de compacidad media y se encuentra exento en un predio parquizado. Posee una baja superficie vidriada en relación con la envolvente total. Está materializado con muros de ladrillos de 60cm de espesor revocado al interior ($R= 1,06 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 0,94 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Los techos de chapa ondulada ($R= 1.02 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 0,98 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son de marcos y hojas de madera con vidrios de 4 mm espesor ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 5.86 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de hormigón pobre ($R= 0.72 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 1.38 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$) en planta baja y de madera en planta alta. Posee aceptable iluminación natural y el sistema de alumbrado interior es tipo fluorescente y estaba siendo migrado a LED en la visita. Solo algunas oficinas tienen climatizadores tipo Split o estufas a gas natural.

Diagnóstico:

El edificio es de construcción convencional en la arquitectura ferroviaria de directivos de FFCC ingleses a fines del siglo XIX en el país y de baja eficiencia energética en su envolvente. El personal manifiesta que es algo caliente en los meses de verano y algo frío en los meses de invierno. El diagnóstico energético muestra que en la condición actual el edificio requiere 16718,93 kWh/año en calefacción y 28567,39 kWh/año en refrigeración y con todas las medidas de rehabilitación podría reducirse a 8787,76 kWh/año y 18071,25 kWh/año respectivamente. Implica una reducción en la demanda de 47,44 % en calefacción y 36,74 % en refrigeración. Así tendríamos como indicador de comparación en calefacción 21,10 kWh/m².año y 43,38 kWh/m².año en refrigeración con un total de 64,48 kWh/m².año. Relativamente sencillo de reducir con medidas pasivas de eficiencia energética. Se sugiere el uso de medidas activas combinando energías renovables con sistema de climatización muy eficiente como aerotermia.

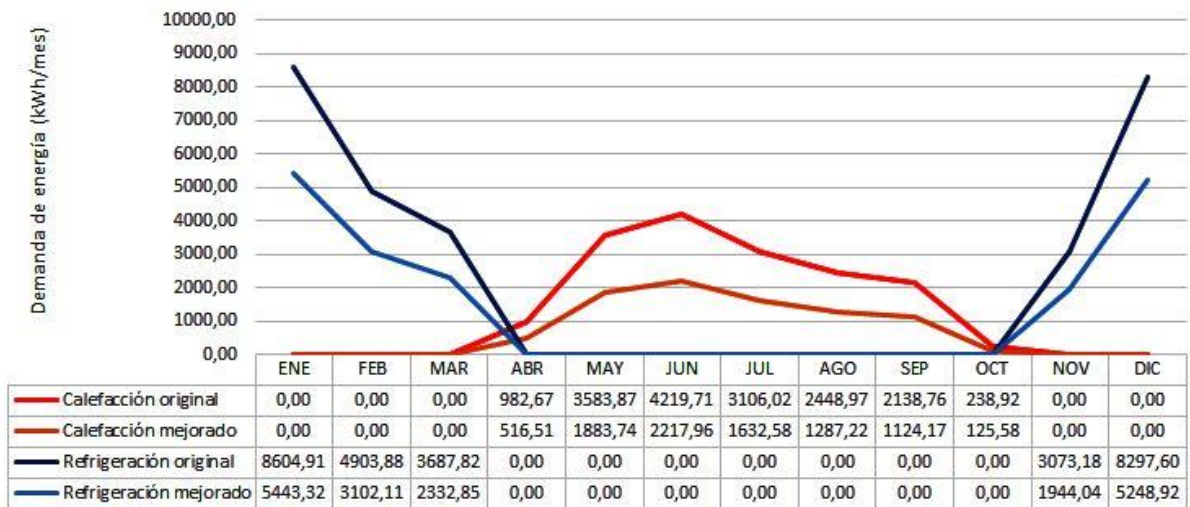


Figura 1: Comparación de demandas de energía en climatización mensual original y con mejoras.

Recomendaciones rehabilitación:

La medida más importante es trabajar sobre los techos y muros:

- 1) agregar 10 cm de lana de vidrio con foil de aluminio inferior sea levantando las chapas o bajo el cielorraso;
- 2) En muros aislar con EIFS/SATE de 4 o 5 cm de EPS de 30Kg/m³ en la cara opaca exterior de contarse con autorización de la secretaría de cultura.
- 3) La medida quizá más costosa sea cambiar las carpinterías de ventanas por otras de PVC con DVH junto a persianas metálicas exteriores automatizadas. O modificar las hojas de madera para admitir DVH sin cambiar la imagen patrimonial.

Dado que a pesar de estas medidas el edificio seguirá demandando energía se sugiere actualizar los equipos de climatización con un sistema por aerotermia alimentado por un generador fotovoltaico instalado en los techos que además brindará protección solar adicional.


Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP

FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Pérez, Provincia de Santa Fé

EDIFICIO Palacio municipal

DIRECCIÓN Sarmiento 1198

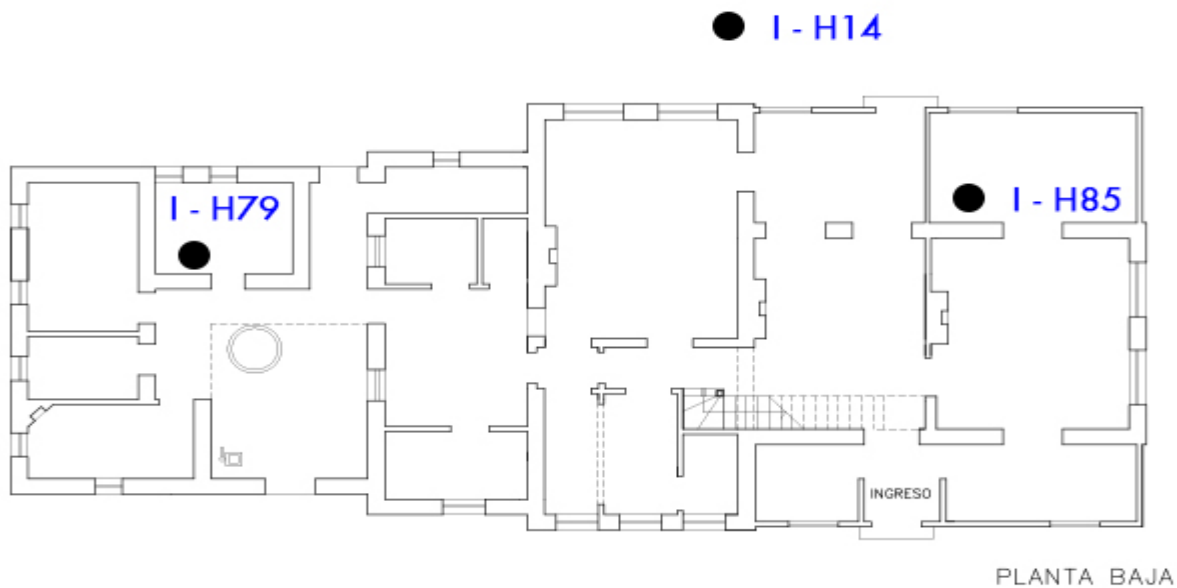
FECHA VISITA 1 28/09/2021 al 12/10/2021

FECHA VISITA 2 22/03/2022 al 29/03/2022

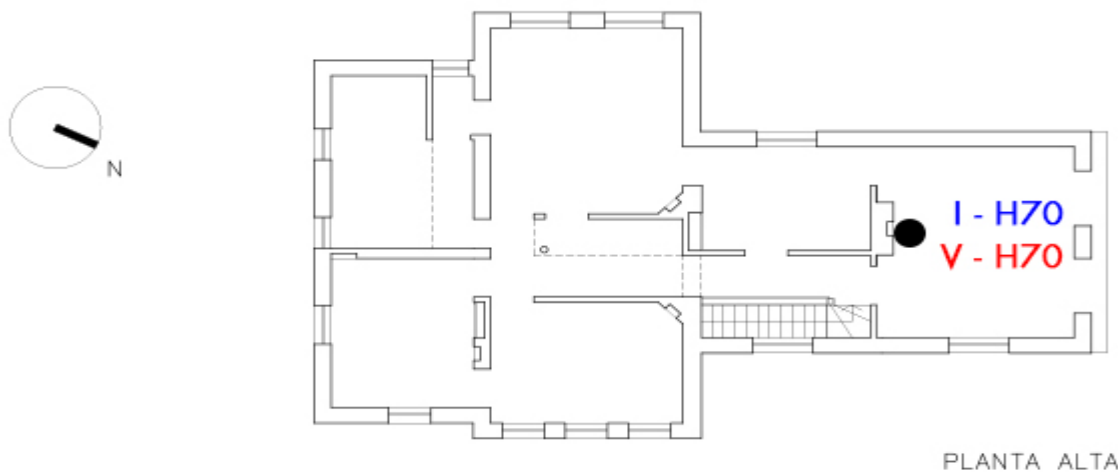
Implantación

-32,99 latitud sur

-60,77 longitud oeste

PLANO DEL EDIFICIO CON UBICACIÓN DE HOBOS

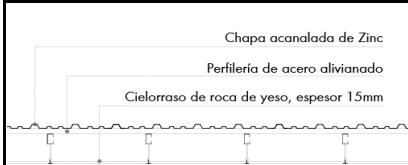
PLANTA BAJA



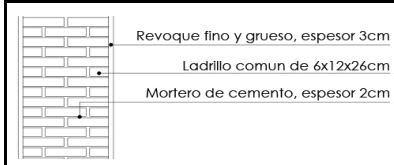
PLANTA ALTA

FICHA RESUMEN N° 1

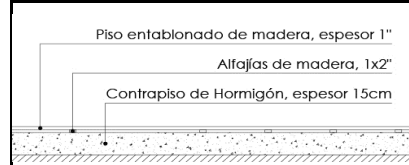
MUNICIPIO Pérez, Provincia de Santa Fé
EDIFICIO Palacio municipal

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Techo de chapa y cielorraso de yeso

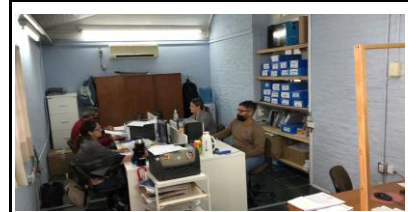
Muros

Ladrillo común con revoques interior y exterior, espesor 60cm

Piso

Piso de madera

Carpintería	Ventanas con marcos de madera de dos hojas y vidrio simple
Instalaciones térmicas	Aires acondicionados
Instalaciones lumínicas	Luces LED

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	416,55 m ²
Volumen habitable	1406,27 m ³
Compacidad -Co-	1,47 -
Factor de forma -f-	0,30 -
Factor de exposición -fe-	1,00 -
Altura media de locales -h-	3,38 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda calefacción anual /m ²	16718,93 kWh/m ² .año
Demanda refrigeración anual /m ²	28567,39 kWh/m ² .año
Coefficiente global de pérdidas Gcal	1,71 W/m ³ .K
Coefficiente de pérdidas Scal	3,42 W/m ² .K

Pérdidas por envolvente calefacción	Techos	265,4 W/K
	Muros	598,61 W/K
	Aberturas	444,36 W/K
	Pisos	115,75 W/K
	Renovación de aire	984,39 W/K

Necesidad de energía por balance	45286,32 kWh/año
Aporte de energía según mediciones	kWh/año
Diferencia porcentual entre las dos últimas	%

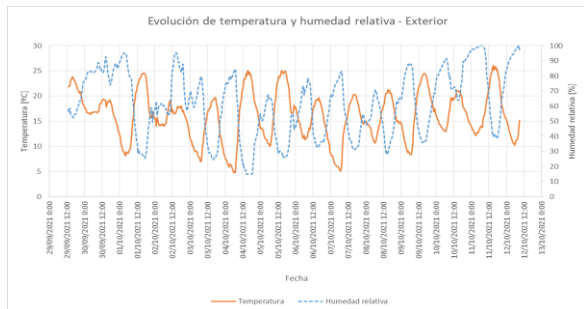
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Pérez, Provincia de Santa Fé
 EDIFICIO Palacio municipal

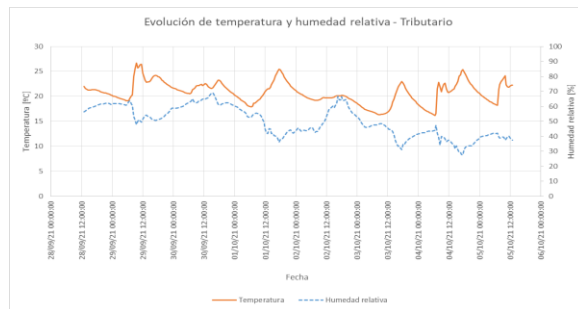
SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H14 - Hobo en el edificio

Hobo interior: H79

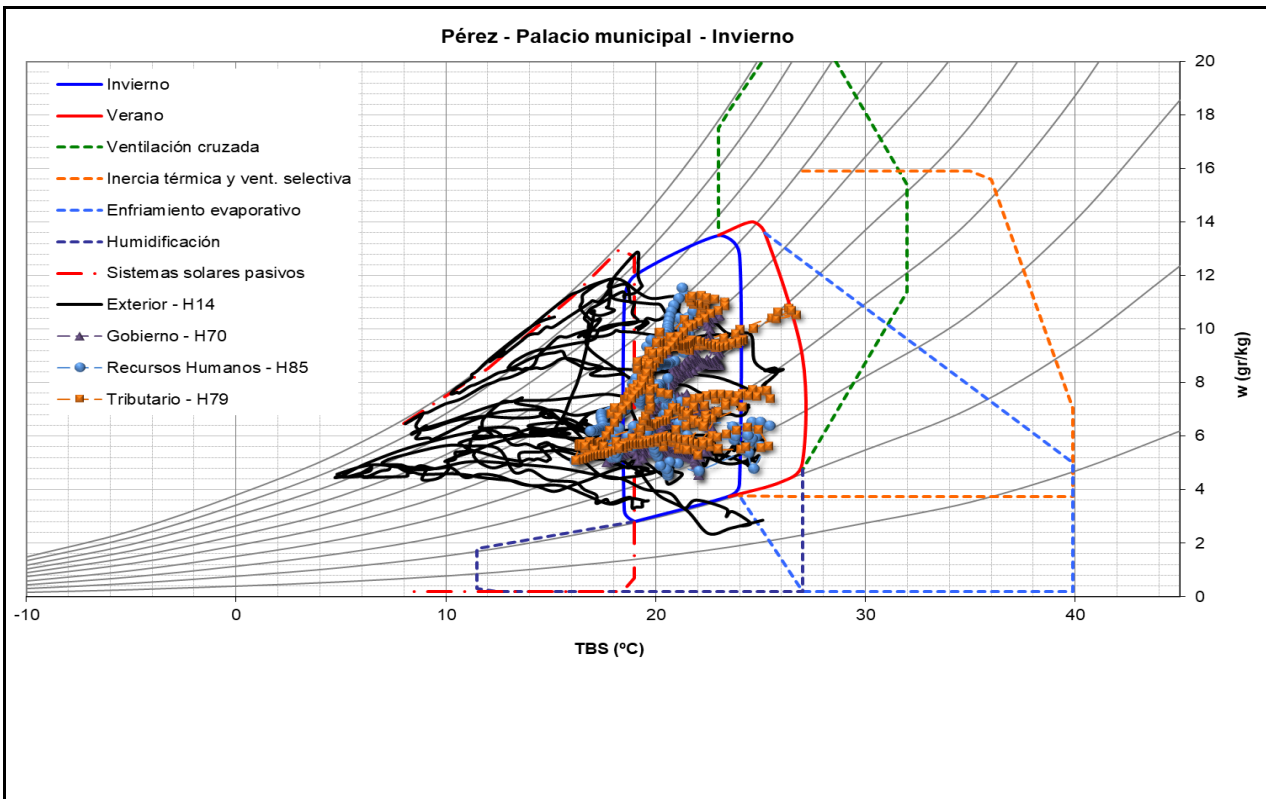


Lectura: 29/9/2021 13:00
 12/10/2021 09:00
 T [°C] Prom: 16,08
 HR [%] Prom: 61,85



Lectura: 28/9/2021 13:00
 5/10/2021 13:00
 T [°C] Prom: 20,73
 HR [%] Prom: 49,87

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO



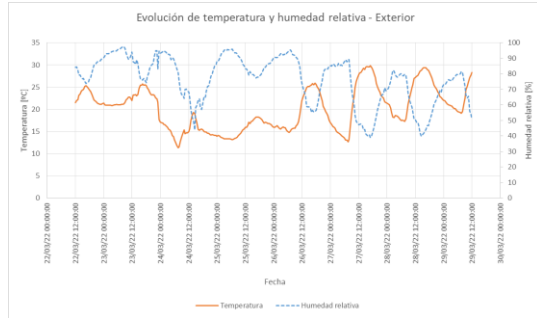
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Pérez, Provincia de Santa Fé
 EDIFICIO Palacio municipal

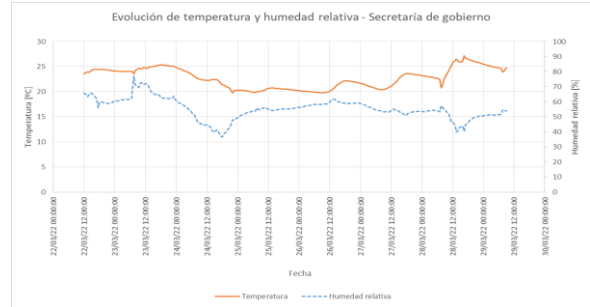
SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H03 - Hobo en Soldini, palacio municipal

Hobo interior: H70

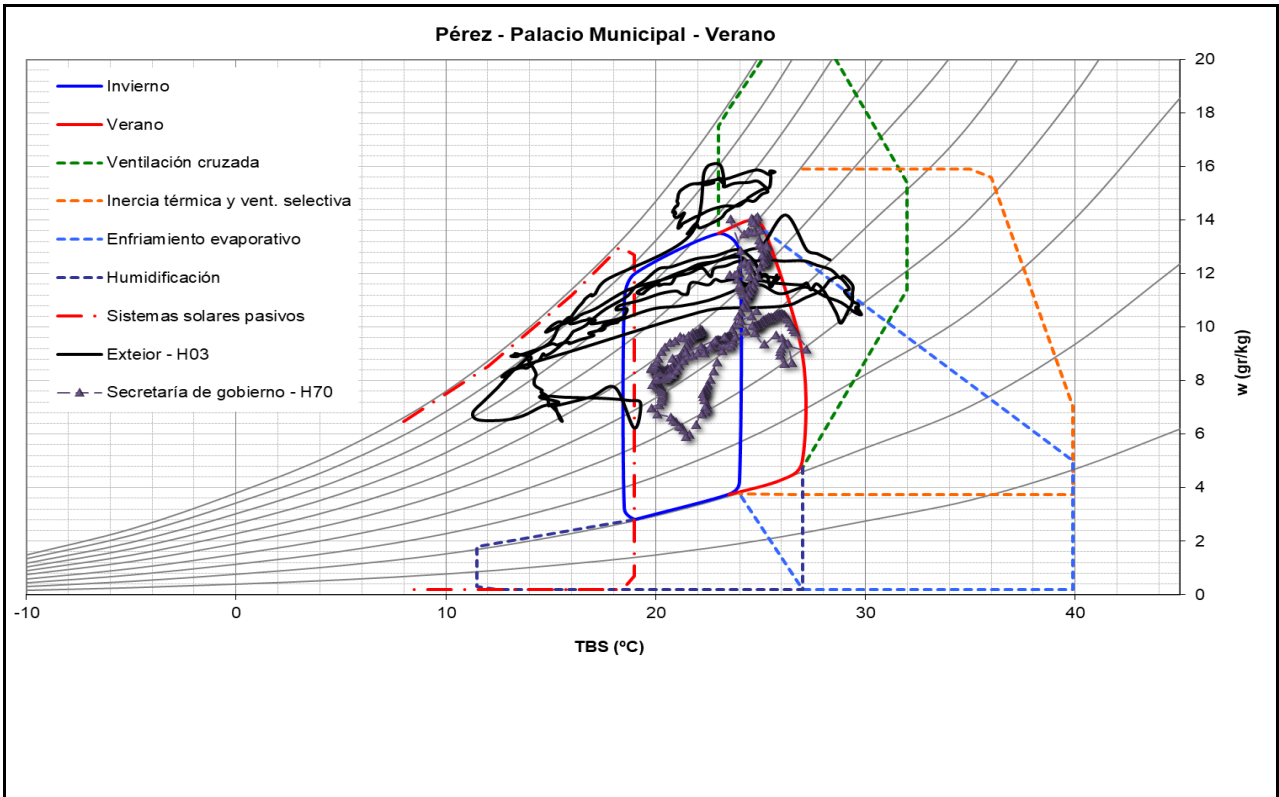


Lectura: 22/3/2022 12:00
 29/3/2022 12:00
 T [°C] Prom: 20,08
 HR [%] Prom: 76,58



Lectura: 22/3/2022 12:00
 29/3/2022 09:00
 T [°C] Prom: 22,72
 HR [%] Prom: 55,25

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO



REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Palacio Municipal.
Localidad: Pérez, Santa Fe.

El edificio se encuentra localizado en calle Sarmiento 1198 (y Yapeyú), entre calles Lavalle e Italia de la Ciudad de Pérez en la provincia de Santa Fe (Latitud: -33.0015; Longitud: -60.7741). Posee clima cálido húmedo en Zona IIb (IRAM 11603).

Este edificio de fines del siglo XIX era originalmente una mansión inglesa de un funcionario del FFCC y fue adaptado para su uso como palacio municipal. Posee valoración patrimonial y requiere de restauración y conservación por falta de mantenimiento. Es de muy difícil rehabilitación energética sin modificar su imagen interna o externa. Su implantación es próxima a las vías del FFCC y la plaza central San Martín. El frente del edificio está orientado al NE y está construido con ladrillos a la vista, carpinterías de madera y vidrios de 4mm y cubierta de chapa con cielorraso suspendido alto, su eficiencia energética es baja. El sector auditado al frente tiene una superficie habitable de 416,55 m² y un volumen a climatizar de 1406,27 m³ con una altura media de locales de 3.38m.



Figura 1: Implantación del edificio en el tejido urbano. Fuente: Google maps.

Es un edificio de compacidad media y se encuentra exento en un predio parqueizado. Posee una baja superficie vidriada en relación con la envolvente total. Está materializado con muros de ladrillos de 60cm de espesor revocado al interior ($R= 1,06 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 0,94 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Los techos de chapa ondulada ($R= 1.02 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 0,98 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son de marcos y hojas de madera con vidrios de 4 mm espesor ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 5.86 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de hormigón pobre ($R= 0.72 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ y $K= 1.38 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$) en planta baja y de madera en planta alta. Posee aceptable iluminación natural y el sistema de alumbrado interior es tipo fluorescente y estaba siendo migrado a LED en la visita. Solo algunas oficinas tienen climatizadores tipo Split o estufas a gas natural.

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 Car= 15 m³/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.

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 de la localidad que resulta ser la Ciudad de Rosario (Santa Fe). Los datos fueron tomados de la Norma IRAM 11900/18 que muestra datos mensuales de temperaturas medias (°C) y radiación solar media (W/m²). Los valores medios mensuales de humedad relativa se tomaron de: <http://arquinstal.com.ar/atlas.html> que muestra información del Servicio Meteorológico Nacional.

Municipio	Pérez, Provincia de Santa Fe
Edificio	Palacio Municipal

Localidad más cercana en la base de datos:	Rosario - Prov. Santa Fe
--------------------------------------------	--------------------------

Mes ()	Días ()	Tm (°C)	Tdc-Tm (°C)	Tm-Tdr (°C)	HR (%)	Radiación solar media mensual (W/m ²)								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Horizontal
Enero	31	28,4	0	8,4	68	106	170	203	162	95	147	181	154	335
Febrero	28	25,3	0	5,3	70	123	150	151	108	66	113	155	152	271
Marzo	31	23,6	0	3,6	76	146	135	112	72	51	82	131	152	208
Abril	30	18,3	1,7	0	80	176	141	97	52	40	58	116	161	169
Mayo	31	14	6	0	82	156	118	67	33	29	34	75	128	112
Junio	30	12,7	7,3	0	83	120	86	46	23	22	24	56	100	81
Julio	31	14,8	5,2	0	82	179	133	73	32	28	33	83	145	118
Agosto	31	15,9	4,1	0	78	209	162	101	48	37	51	116	179	169
Septiembre	30	16,3	3,7	0	74	162	137	107	63	45	73	133	165	195
Octubre	31	19,6	0,4	0	74	140	157	149	100	58	105	158	164	265
Noviembre	30	23,1	0	3,1	72	115	162	179	137	81	135	175	158	322
Diciembre	31	28,1	0	8,1	68	99	159	193	159	102	160	193	156	347
Anual	365	20,0	28,4	28,5	76	1731	1710	1478	989	654	1015	1572	1814	2592

Tabla 1: Datos mensuales de temp medias y radiación solar por orientación de la Ciudad de Rosario (Santa Fe). Lat: - 32.982, Long: -60.730

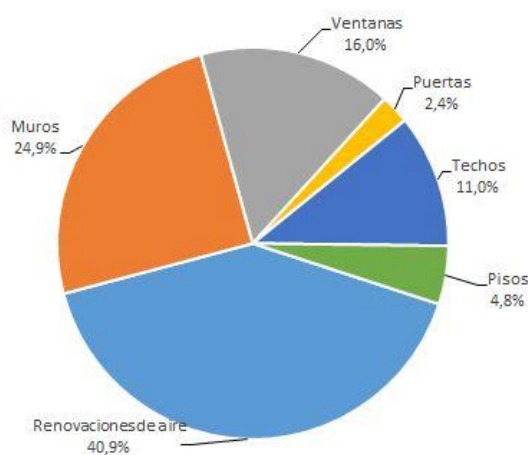


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

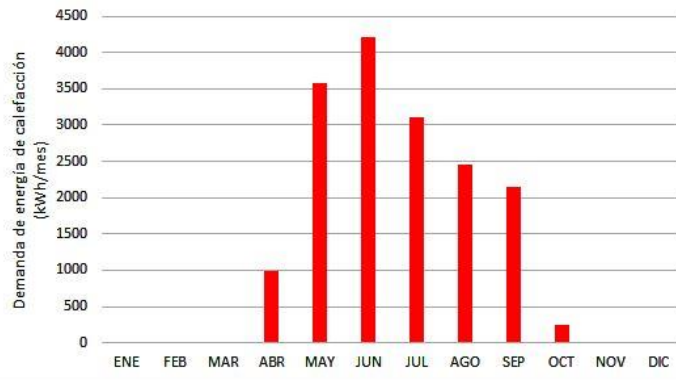


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para T_{cal}= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales	
Superficie habitable	416,55 m ²
Volumen habitable	1406,27 m ³
Indice Compacidad Co	0,68 adim
Factor de forma f	0,20 adim
Factor de exposición Fe	1,00 adim
Altura media de locales	3,38 m
Superficie envolvente	283,18 m ²
Superficie expuesta	283,18 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 1,71 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 3,42 W/m²K que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **16718,93 kWh/año** y 40,14 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 (11%), muros (24,9%) y vidriados (18,4%, ventanas y puertas), según Figura 1, a fin de lograr mejoras en la demanda de energía.

2. INVIERNO - PROPUESTA MEJORADA:

- Aislamiento en muros tipo EIFS/SATE (External Insulation Finish System) con 5 cm de EPS de 30kg/m³ y base coat reforzado con malla Fibra Vidrio 10x10mm de 110g/m² en los muros con terminación exterior revocada. ($K_{m1} = 0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- En techos de chapa, dos opciones: a. aplicar un rociado de 50mm de PUR en el exterior y terminarlo con pintura blanca refractante de base acrílica o b. incorporar un nuevo cielorraso con 100 mm de lana de vidrio tipo Rolac plata. ($K_{t1} = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- La intervención más costosa es en vidriados, sea en aislamiento, como en protección solar. Una variante costosa es el cambio de todas las aberturas o al menos hojas móviles que permitan usar DVH y algo menos costoso, agregar un nuevo vidrio pegado con sellador y un perfil S de aluminio. En los vidriados fijos reemplazarlos por DVH. Similar situación en los grandes vidriados de los ingresos al edificio cambiando el cristal templado con marcos que soporten DVH. ($K_{v1} = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Por la complejidad no se prevé mejoras en pisos. ($K_p = 1.34 \text{ W/m}^2\text{K}$)

La implementación de las mejoras en muros, techos y vidriados permitirá reducir la demanda de energía en calefacción en un 47,44 %. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de 0,90 W/m³K, que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **8787,76 kWh/año** y 21,10 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

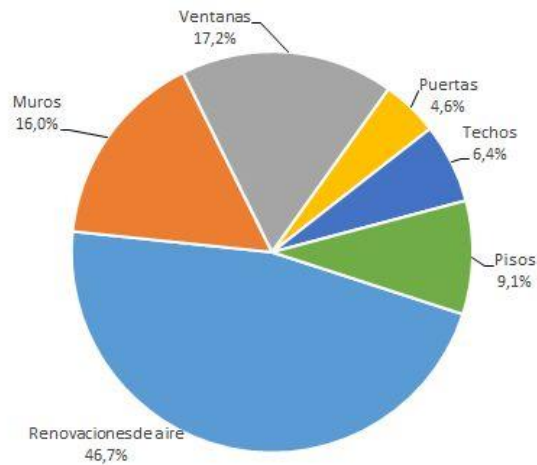


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada

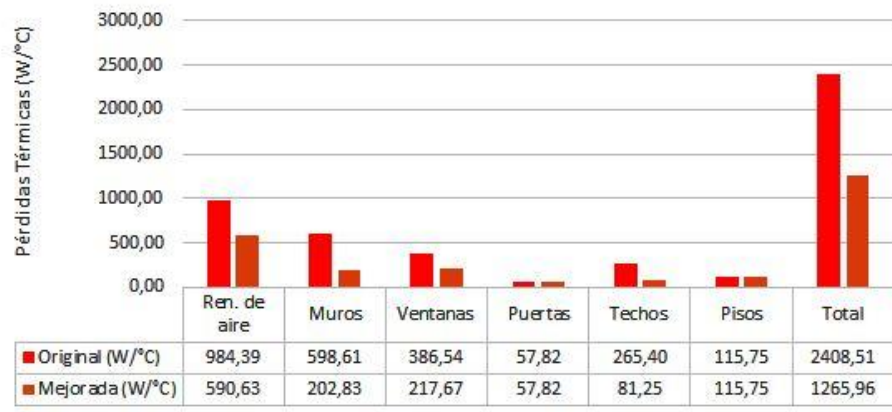


Figura 4: Comparación entre versión original y mejorada

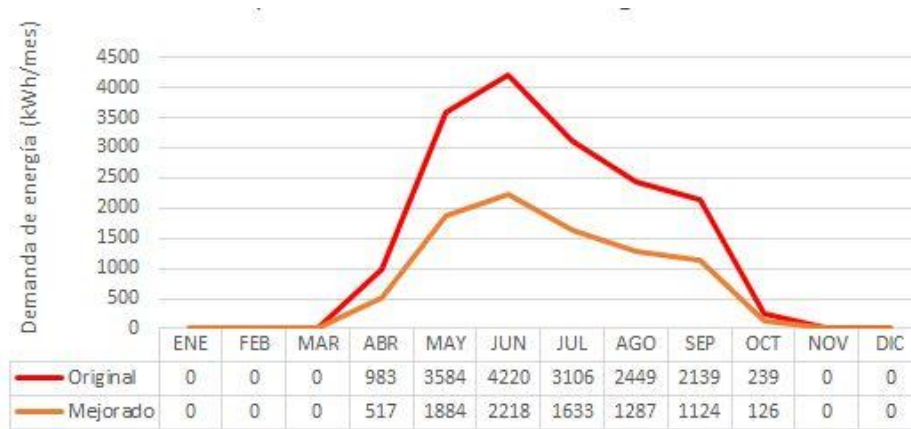


Figura 5: Comparación entre versión original y mejorada mensual

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 viene siendo cambiada de fluorescente a LED. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 47,44%. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:

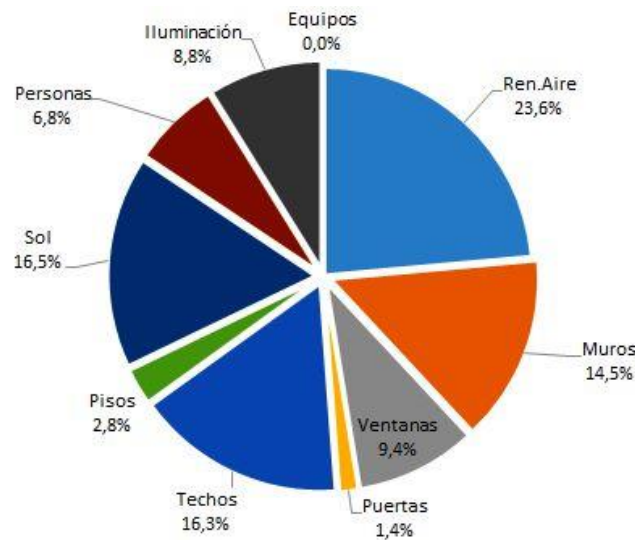


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 16,5%, los techos con el 16,3%, los muros con un 14,5%, y las ventanas con un 9,4%. En la condición de invierno se propuso mejoras en estos, pero es importante la *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.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **28567,76 kWh/año** y 68,58 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

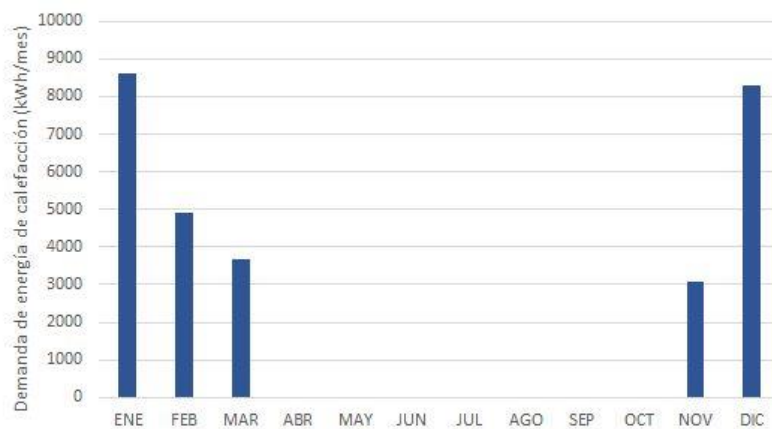


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

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 = 0.13 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 **36,74%** 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.

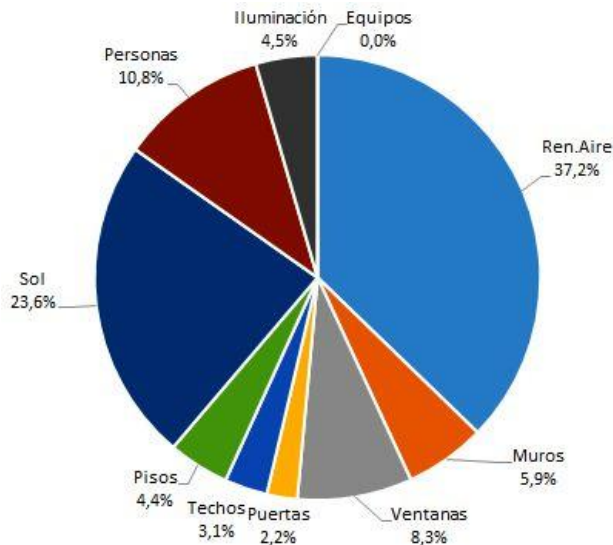


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **18071,25 kWh/año** y 43,38 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

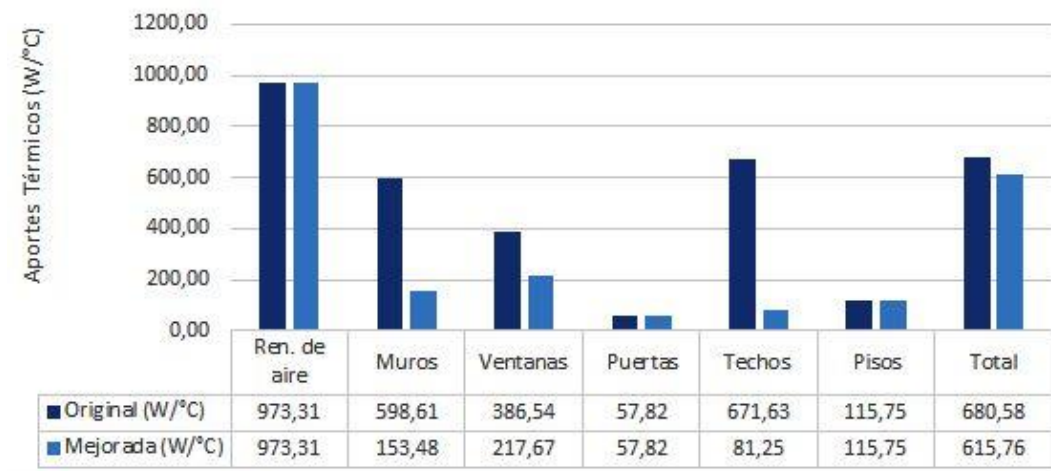


Figura 9: Comparación de edificio original y mejorado. Situación verano.

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 e iluminación.

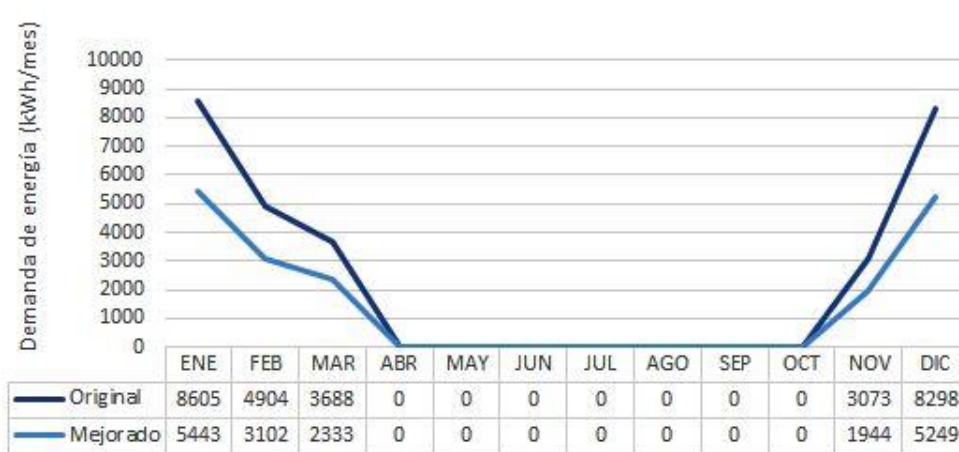


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

6. CONCLUSIÓN:

La 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 40,79% 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 108,72 kWh/m²año a 64,48 kWh/m²año.

Esto muestra la necesidad de implementar soluciones de fondo en especial en protección solar de superficies vidriadas y techos. Luego queda planificar un sistema termomecánico de climatización sustentable adecuado al edificio por su especial implantación.

Demanda de energía Comparación anual	Calefacción		Refrigeración	
	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)
ENE	0,00	0,00	8604,91	5443,32
FEB	0,00	0,00	4903,88	3102,11
MAR	0,00	0,00	3687,82	2332,85
ABR	982,67	516,51	0,00	0,00
MAY	3583,87	1883,74	0,00	0,00
JUN	4219,71	2217,96	0,00	0,00
JUL	3106,02	1632,58	0,00	0,00
AGO	2448,97	1287,22	0,00	0,00
SEP	2138,76	1124,17	0,00	0,00
OCT	238,92	125,58	0,00	0,00
NOV	0,00	0,00	3073,18	1944,04
DIC	0,00	0,00	8297,60	5248,92
Total	16718,93	8787,76	28567,39	18071,25
Reducción de demanda (%)		47,44		36,74

matización anual original	45286,32	(kWh/año)	108,72	(kWh/m ² año)
Total climatización anual mejorado	26859,01	(kWh/año)	64,48	(kWh/m ² año)
Reducción de demanda total (%)				40,69

DECal	DECal+	DERef	DERef+
40,14	21,10	68,58	43,38
kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año
Reducc (%)	47,44		36,74

Tabla 3: Síntesis de resultados de diagnóstico energético.

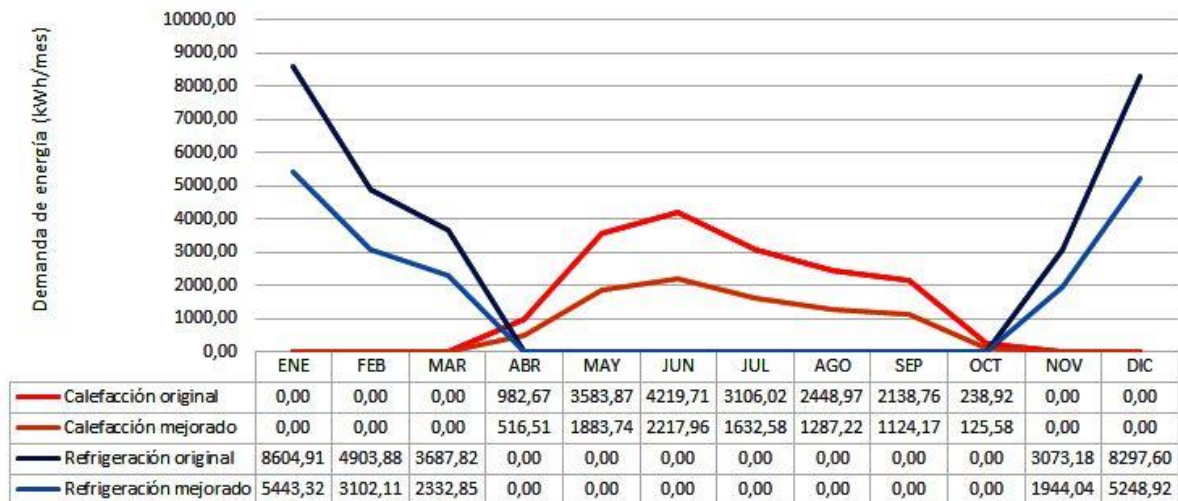


Figura 11: Comparación anual.

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


 Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
 Director LAYHS - FAU - UNLP