

INFORME TÉCNICO

Caso: Palacio Municipal

Municipio: Rauch

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 Rauch. Provincia de Buenos Aires

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Rivadavia 750 (Lat -36.7746; Long -59.0798) 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. Su construcción es de 1938, obra del Arq./Ing. Francisco Salamone y se encuentra parcialmente restaurado. El municipio fue fundado en 1865 y alcanzó la condición de pueblo en 1872 y de ciudad en 1979. Se implantó entre los arroyos Pantanoso y Chapaleufú. La actividad principal del municipio es la agricultura y ganadería. El municipio tiene una población de 20102 hab. (2022).

El edificio, de dos pisos, tiene una superficie habitable de 882,60 m² y un volumen a climatizar de 3442,14 m³ con una altura media de locales de 3,90 m. Posee en la azotea una torre usada como archivo. La fachada principal del edificio está orientada al noroeste y es exento en el centro de una manzana parqueizada. Posee servicios de energía eléctrica y gas natural por red. Los edificios municipales no poseen medidor de energía eléctrica activos por acuerdo con la empresa de la zona, si de gas natural.

Está materializado con gruesas paredes de ladrillos comunes revocado en ambas caras ($R = 0.87 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1.15 \text{ W/m}^2\text{K}$), la estructura es de HºAº con contrapiso de HºPº terminados con baldosas graníticas, mármol y granito natural según sectores, el techo es HºAº y cielorrasos suspendidos de yeso ($R = 0.34 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 2.92 \text{ W/m}^2\text{K}$) posee azotea accesible. Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de metal con un vidrio de 4mm de espesor y cortinas de enrollar exteriores de madera ($R = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). La planta baja se encuentra elevada sobre un plano noble ($R = 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$).

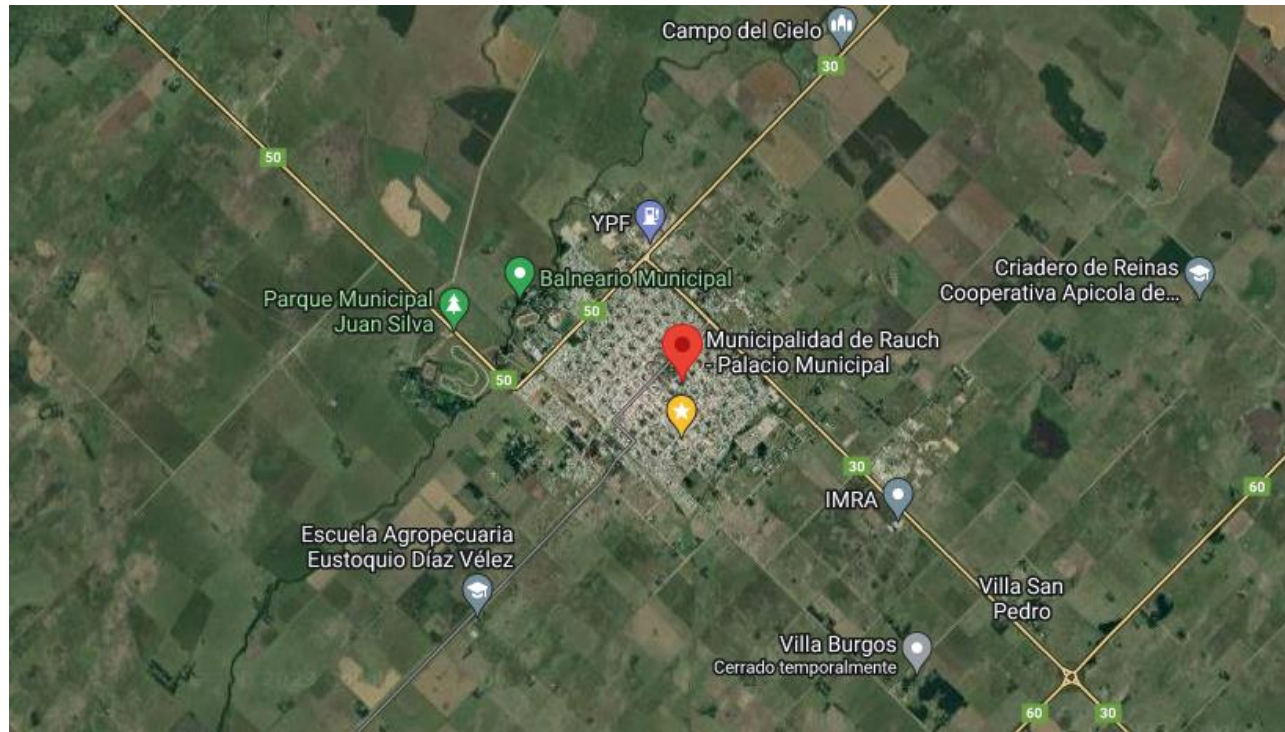


Figura 1: Implantación del edificio en la localidad de Rauch. Fuente: Google Maps.

Diagnóstico:

El edificio es de construcción octogenaria, de baja eficiencia energética, y catalogada como patrimonio cultural. 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 sistema de calefacción es por aire caliente a gas localizado en una sala de máquinas posterior. El municipio no proveyó consumos históricos para analizar. La modelización muestra una demanda potencial de energía en climatización de **274357,02 kWh/año** y 310,84 kWh/m².año que podría reducirse en un 53,74 % con medidas pasivas de rehabilitación energética. Hay fracción de ahorro en iluminación que se viene actualizando a LED 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 o mediante un "techo invertido" sobre la azotea.

De pensarse en energías renovables la mejor opción es una bomba geotérmica frío/calor accionado por un generador FV ya que existe suficiente espacio para las perforaciones al acuífero. El generador fotovoltaico podría alimentar además la iluminación, hacer funcionar la bomba de calor y bombas recirculadoras 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 podría estar condicionada y ser inferior a otros edificios analizados.

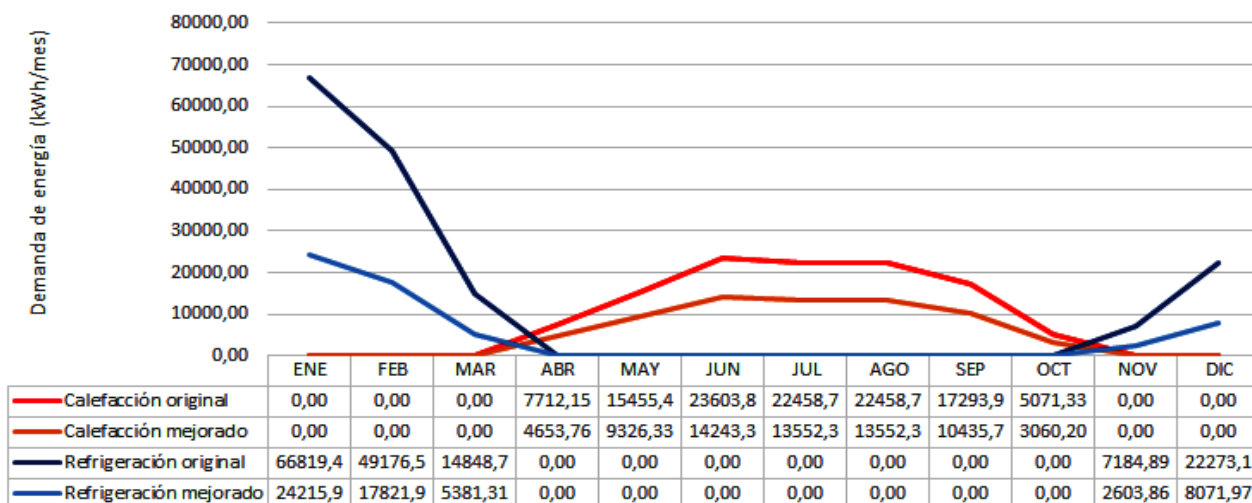


Figura 1: Comparación anual de la variación de demanda de energía simulada del caso original y mejorado.

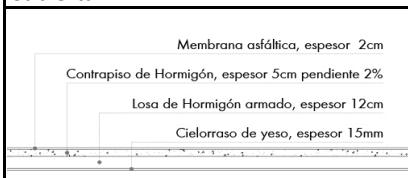
La figura 1 muestra la fracción de ahorro posible de energía en climatización de implementarse las medidas pasivas de rehabilitación energética. Puede verse que en los meses de marzo y abril y septiembre y octubre no se requeriría climatización mecánica.


Dr. JORGE DANIEL OZAIKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP

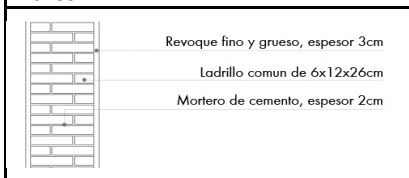
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO Rauch, Provincia de Buenos Aires

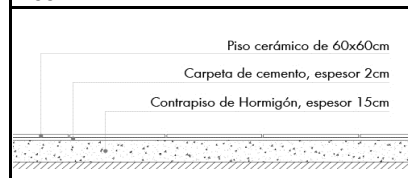
EDIFICIO Palacio Municipal

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Losa de H°A°

Muros

Ladrillo macizo con revoque interior y exterior, espesor 45cm

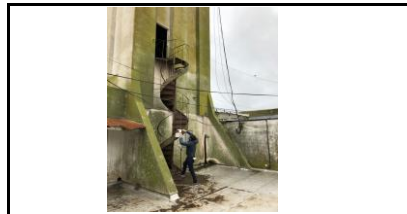
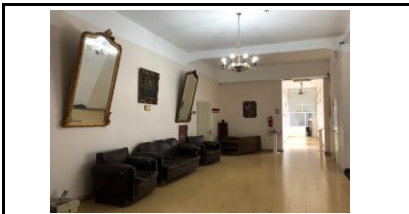
Piso

Baldosas cerámicas

Carpintería Marcos de metal y vidrio simple

Instalaciones térmicas Estufas de tiro balanceado, caldera aire caliente por conductos y AA tipo Split

Instalaciones lumínicas Luces LED

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	882,60 m ²
Volumen habitable	3442,14 m ³
Compacidad -Co-	1,38 -
Factor de forma -f-	0,26 -
Factor de exposición -fe-	1,00 -
Altura media de locales -h-	3,90 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda anual energía refrigeración /m2	129,22 kWh/m2año
Demanda anual energía calefacción /m2	181,62 kWh/m2año
Coefficiente global de pérdidas Gcal	1,74 W/m3K
Coefficiente de pérdidas Scal	4,06 W/m2K

Pérdidas por envolvente	Techos	1197,29 W/K
	Muros	1025,60 W/K
	Aberturas	1246,99 W/K
	Pisos	112,91 W/K
	Renov. Aire	2409,50 W/K

Necesidad de energía por balance	274357,02 kWh/año
Aporte de energía según mediciones	S/D kWh/año
Diferencia porcentual entre las dos últimas	S/D %

FICHA RESUMEN N° 1

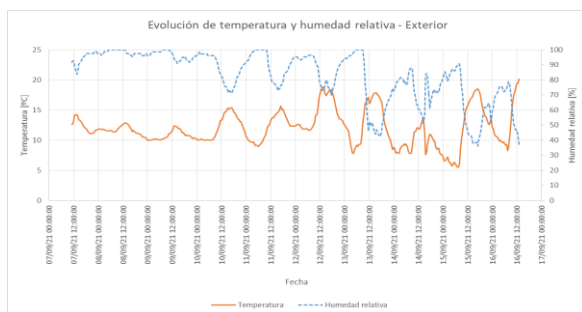
MUNICIPIO Rauch, Provincia de Buenos Aires

EDIFICIO Palacio Municipal

SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H15 - Hobo ubicado en el edificio

Hobo interior: H31

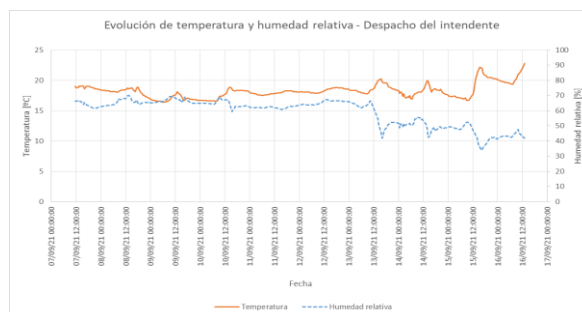


Lectura: 7/9/2021 11:00

16/9/2021 13:00

T [°C] Prom: 12,02

HR [%] Prom: 83,13

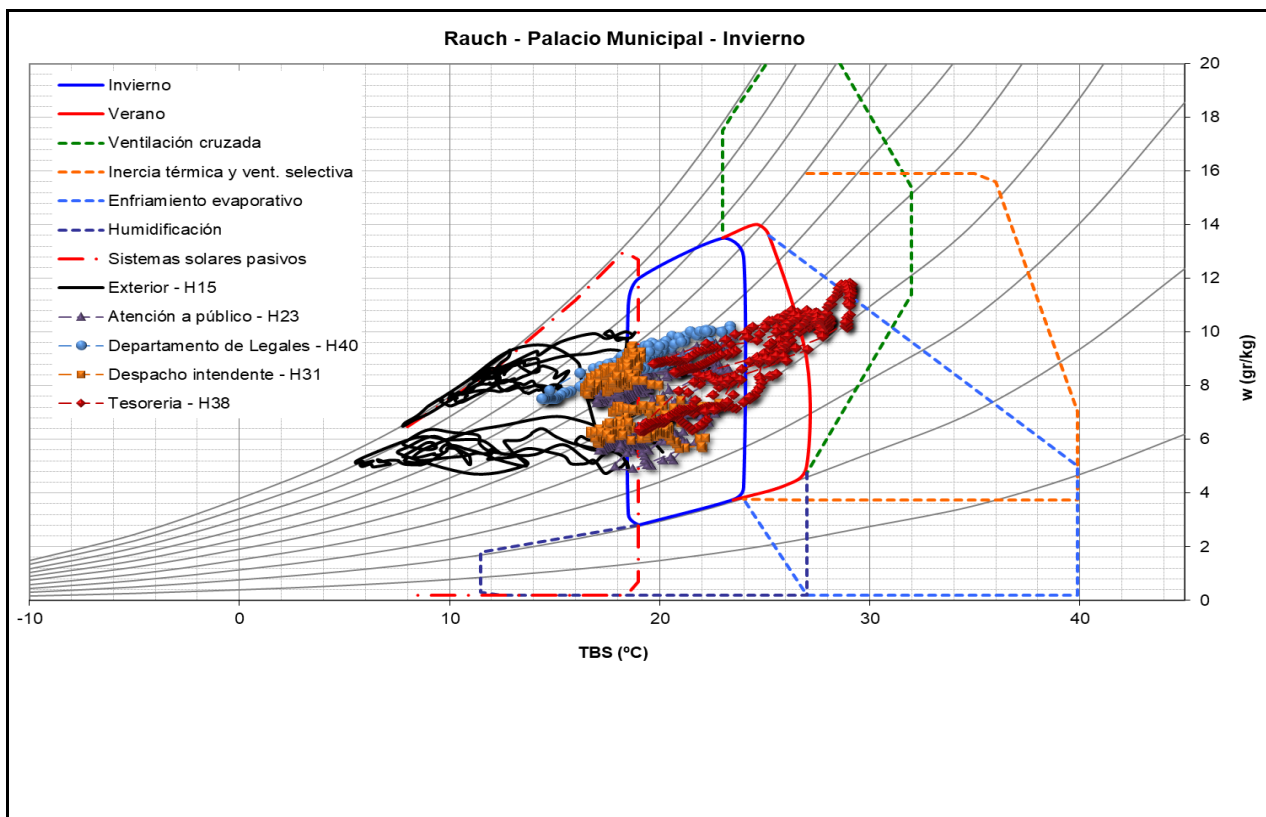


Lectura: 7/9/2021 11:30

16/9/2021 13:00

T [°C] Prom: 18,24

HR [%] Prom: 58,84

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO

FICHA RESUMEN N° 1

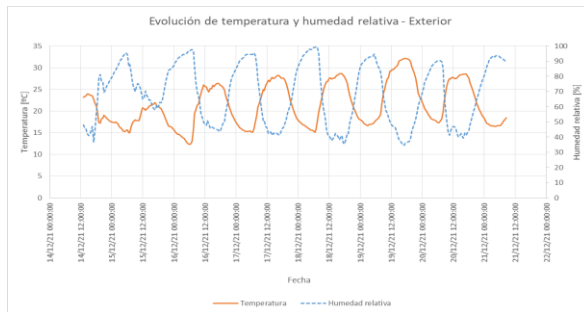
MUNICIPIO Rauch, Provincia de Buenos Aires

EDIFICIO Palacio Municipal

SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H15 - Hobo ubicado en el edificio

Hobo interior: H65

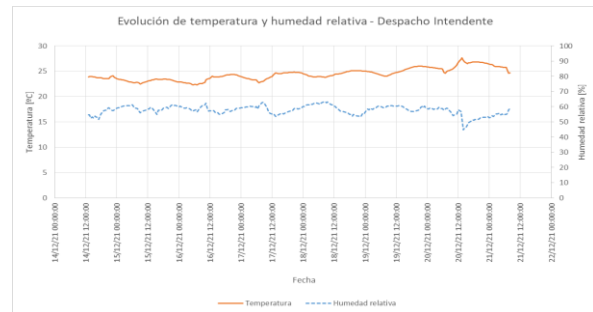


Lectura: 14/12/2021 13:00

21/12/2021 08:30

T [°C] Prom: 21,44

HR [%] Prom: 68,32

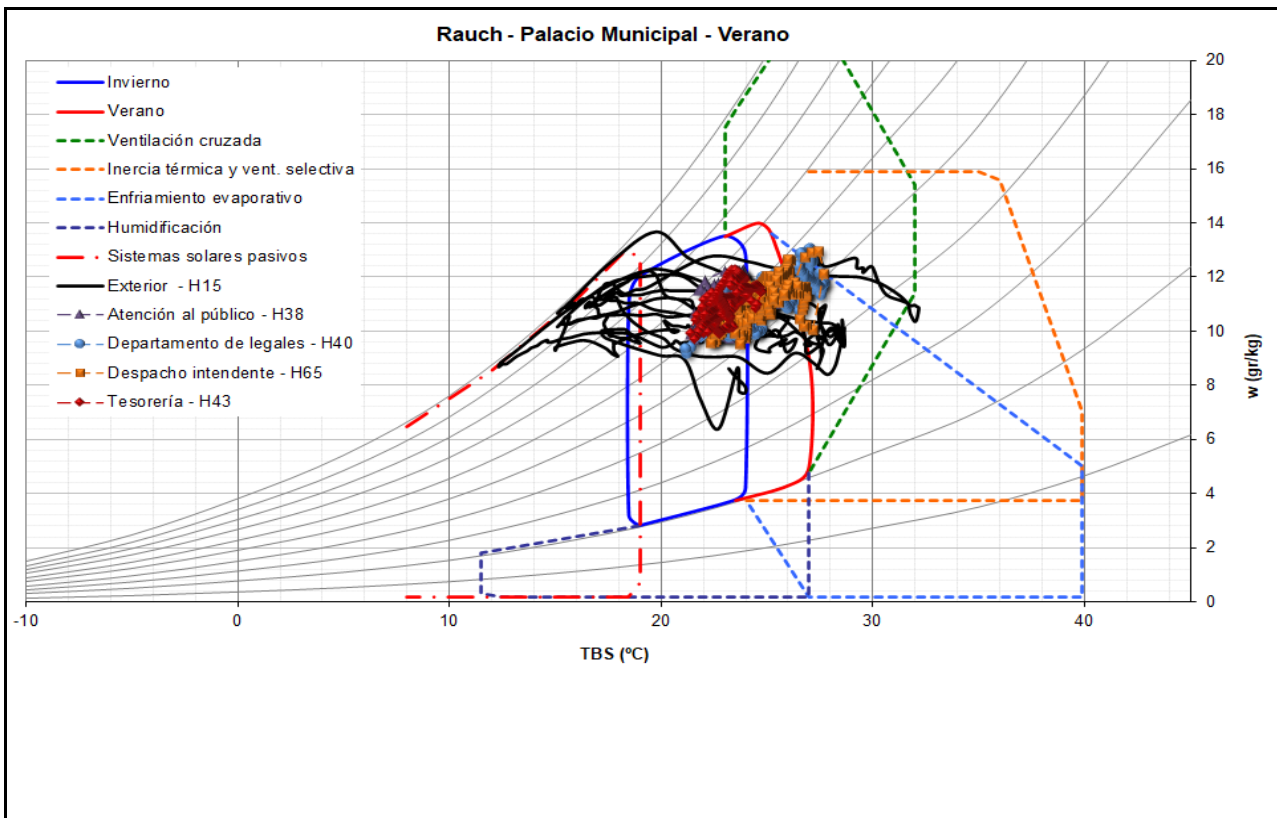


Lectura: 14/12/2021 13:00

21/12/2021 08:00

T [°C] Prom: 24,41

HR [%] Prom: 57,71

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO

REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Palacio Municipal

Localidad: Rauch, Prov. de Buenos Aires.

El edificio se encuentra localizado en calle Rivadavia 750 (Lat -36.7746; Long -59.0798) 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. Su construcción es de 1938, obra del Arq./Ing. Francisco Salamone y se encuentra parcialmente restaurado. El municipio fue fundado en 1865 y alcanzó la condición de pueblo en 1872 y de ciudad en 1979. Se implantó entre los arroyos Pantanoso y Chapaleufú. La actividad principal del municipio es la agricultura y ganadería. El municipio tiene una población de 20102 hab. (2022).

El edificio, de dos pisos, tiene una superficie habitable de 882,60 m² y un volumen a climatizar de 3442,14 m³ con una altura media de locales de 3,90 m. Posee en la azotea una torre usada como archivo. La fachada principal del edificio está orientada al noroeste y es exento en el centro de una manzana parqueizada. Posee servicios de energía eléctrica y gas natural por red. Los edificios municipales no poseen medidor de energía eléctrica activos por acuerdo con la empresa de la zona, si de gas natural. El sistema de calefacción es en parte mediante caldera a gas y aire caliente por conductos junto a calefactores a gas tipo tiro balanceado. El sistema de refrigeración es mediante Split en cada oficina.

Está materializado con gruesas paredes de ladrillos comunes revocado en ambas caras ($R = 0.87 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1.15 \text{ W/m}^2\text{K}$), la estructura es de H⁹A⁹ con contrapiso de H⁹P⁹ terminados con baldosas graníticas, mármol y granito natural según sectores, el techo es H⁹A⁹ y cielorrasos suspendidos de yeso ($R = 0.34 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 2.92 \text{ W/m}^2\text{K}$) posee azotea accesible. Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de metal con un vidrio de 4mm de espesor y cortinas de enrollar exteriores de madera ($R = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). La planta baja se encuentra elevada sobre un plano noble ($R = 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ 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 razonablemente en confort sea en invierno como en verano (ver ficha resumen). La oficina del intendente y Tesorería tienden a ser frías 1/3 de las horas en la semana de medición mientras que Tesorería se muestra sobrecalentada. La gran amplitud térmica muestra o un mal funcionamiento del sistema o una actitud de derroche al modificar el termostato por los empleados. En verano la oficina del intendente en la arista oeste y legales se muestra infra-refrigerada mientras Tesorería mantiene el confort higrotérmico.

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 248 km hacia el sur, que es la más cercana en la base de datos. 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	Rauch, Provincia de Buenos Aires
Edificio	Palacio Municipal
Localidad más cercana en la base de datos:	Ezeiza - Pcia. Buenos Aires

Mes	Días	Tm	Tdc-Tm	Tm-Tdr	HR	Radiación solar media mensual								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Horizontal
()	()	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(W/m ²)								
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.

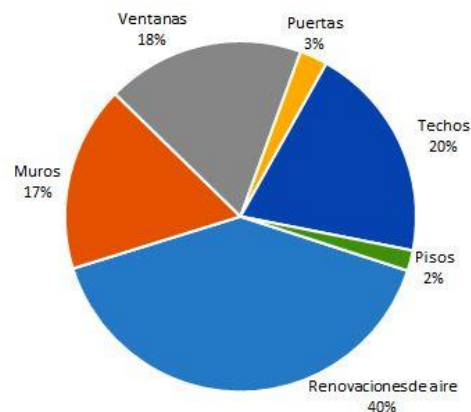


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

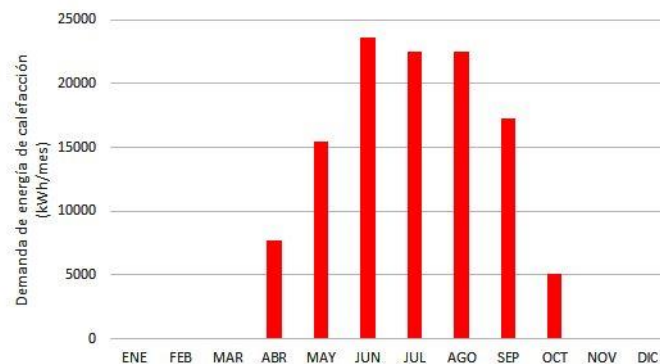


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para TBcal= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales		
Superficie habitable	882,60	m ²
Volumen habitable	3442,14	m ³
Indice Compacidad Co	1,38	adim
Factor de forma f	0,26	adim
Factor de exposición Fe	1,00	adim
Altura media de locales	3,90	m
Superficie envolvente	638,12	m ²
Superficie expuesta	638,12	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 $1,74 \text{ W/m}^3\text{K}$ y un Coeficiente de pérdidas unitarias $4,06 \text{ W/m}^2$ que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **114054,19 kWh/año** y $129,23 \text{ kWh/m}^2\text{año}$, 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 (20%), muros (17%) y vidriados (21%, 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 o 1.2 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. ($K_{m2} = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- En techos reforzar con 100 mm de lana de vidrio tipo Rolac plata sobre cielorrasos o en azotea de losa de H⁹A⁹ realizar un “techo invertido” usando placas de $0,7 \times 0,7 \text{ m} \times 75\text{mm}$ de EPS extruido de 20 kg/m^3 (tipo: Neotech Roof Placa Termodrenante), cubierto con un geotextil y 5 a 8 cm de arcilla expandida de granulometría media. ($K_m = 0,31$ a $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ según opción adoptada)
- La intervención más costosa es en vidriados en aislamiento. En las ventanas usar DVH. ($K_{v1} = 2,86 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- 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 39,66 %. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de $1,05 \text{ W/m}^3\text{K}$ y un Coeficiente de pérdidas unitarias $4,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **68823,99 kWh/año** y $77,98 \text{ kWh/m}^2\text{año}$, para una temperatura base de calefacción de 20°C .

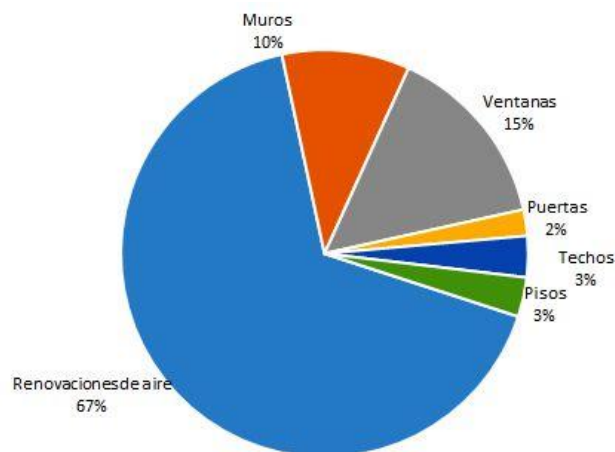


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada

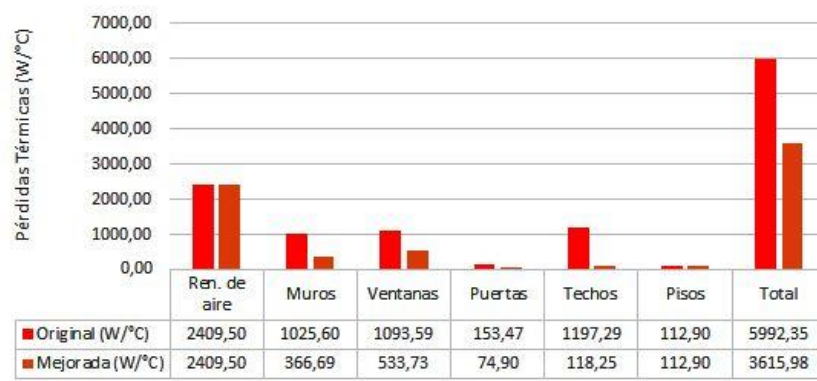


Figura 4: Comparación entre versión original y mejorada

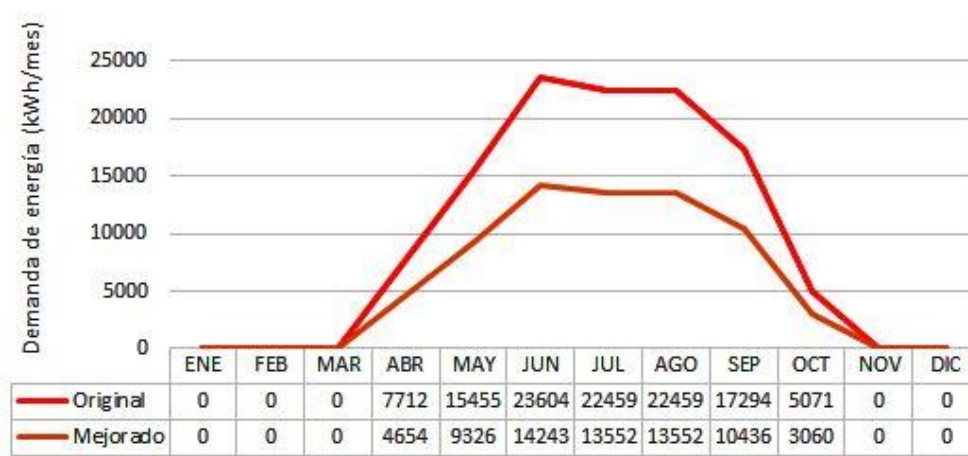


Figura 5: Comparación entre versión original y mejorada mensual

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 está siendo migrada a LED y podría no haber fracción de ahorro. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 39,66%. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización. El sistema de calefacción por inyección de aire caliente junto a los calefactores por convección a gas son la peor y menos eficiente opción. Para edificios históricos de gran volumen la opción más eficiente es un sistema por piso radiante por agua caliente combinado con una bomba de calor geotérmica o una caldera de agua caliente de condensación. Los conductos de aire existentes pueden usarse para complementar el manejo del aire sea en invierno como en verano.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 65%, los techos con el 4%, los muros con un 3%, y las ventanas con un 4%. 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.

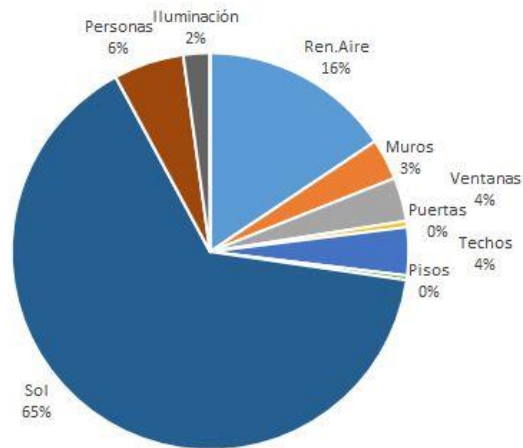


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **160302,83 kWh/año** y 181,63 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

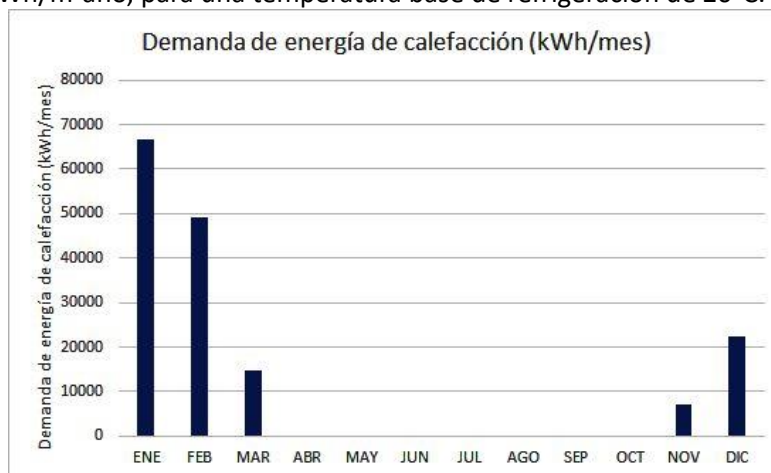


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

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 **63,76 %** 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.

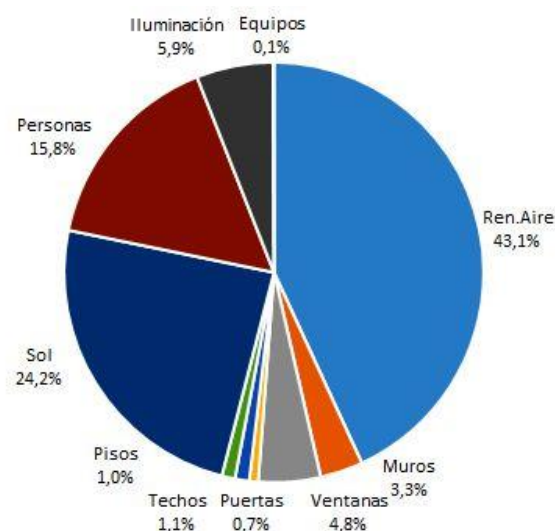


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **58095,04 kWh/año** y 65,82 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

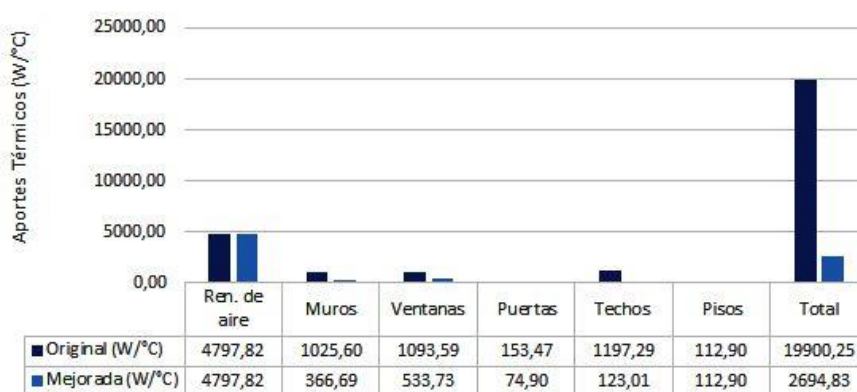


Figura 9: Comparación de edificio original y mejorado. Situación verano.

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.

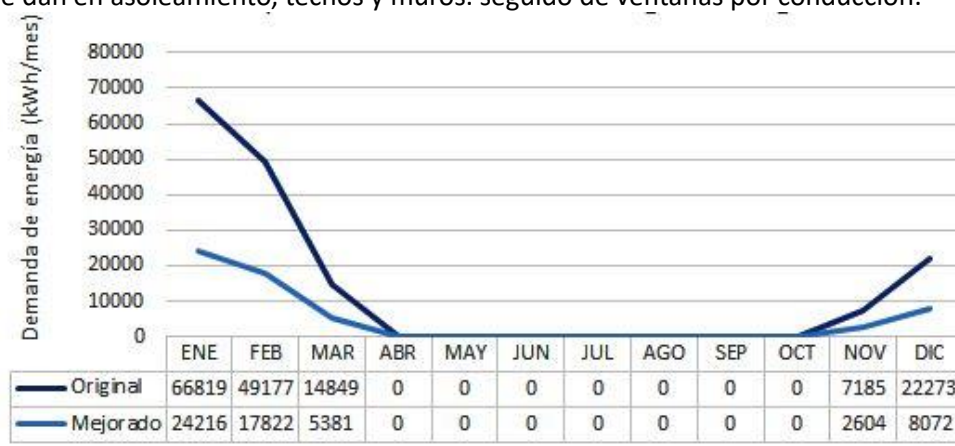


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

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 53,74% 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 310,85 kWh/m²año a 143,80 kWh/m²año. Esto muestra la necesidad de implementar soluciones en 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	0,00	0,00	66819,46	24215,91
FEB	0,00	0,00	49176,57	17821,98
MAR	0,00	0,00	14848,77	5381,31
ABR	7712,15	4653,76	0,00	0,00
MAY	15455,47	9326,33	0,00	0,00
JUN	23603,87	14243,34	0,00	0,00
JUL	22458,73	13552,32	0,00	0,00
AGO	22458,73	13552,32	0,00	0,00
SEP	17293,92	10435,71	0,00	0,00
OCT	5071,33	3060,20	0,00	0,00
NOV	0,00	0,00	7184,89	2603,86
DIC	0,00	0,00	22273,15	8071,97
Total	114054,19	68823,99	160302,83	58095,04
Reducción de demanda (%)		39,66		63,76

Total climatización anual original	274357,02	(kWh/año)	310,85	(kWh/m² año)
Total climatización anual mejorado	126919,03	(kWh/año)	143,80	(kWh/m² año)
Reducción de demanda total (%)				53,74

DECal	DECal+	DERef	DERef+
512,60	309,32	720,46	261,10
kWh/m²año	kWh/m²año	kWh/m²año	kWh/m²año
Reducc (%)	39,66		63,76

Tabla 3: Síntesis de resultados.

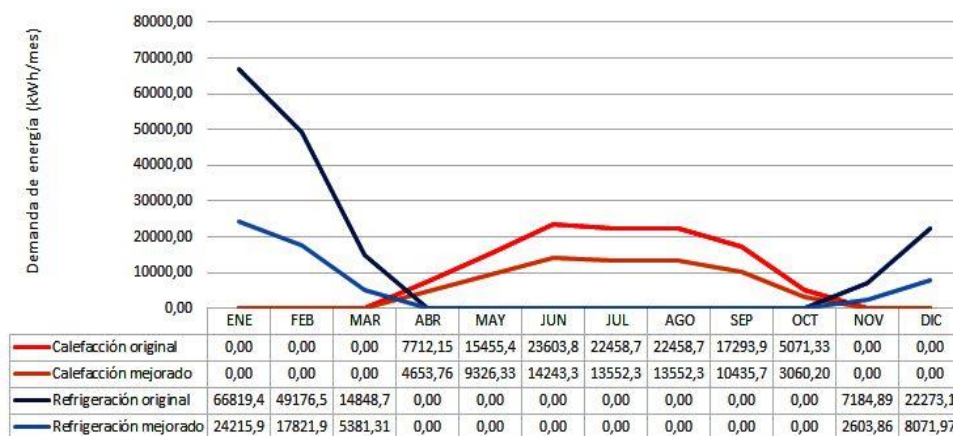


Figura 11: Comparación anual caso: Palacio Municipal de Rauch. Prov. De Buenos Aires.

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