

INFORME TÉCNICO

Caso: Palacio Comunal
Municipio: San Carlos Sud
Provincia: Santa Fe



Fuente: Google 2021

La Plata, mayo 2023

LAYHS - Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable / FAU UNLP /CIC

Calle 47 Nro 162 (1900) La Plata - Tel: +54 221 4236587/90 int 255 - Mail: layhs@fau.unlp.edu.ar

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 Comunal, San Carlos Sud, Santa Fe.

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en la calle 9 de Julio entre San Martín y América de la comuna de San Carlos Sud en la provincia de Santa Fe (Latitud: -31.7613; Longitud: -61.1012). Posee clima cálido húmedo en Zona IIb (IRAM 11603).

Este edificio de mediados del s. XX está localizado en el centro de la pequeña localidad a metros de la plaza principal. El poblado de fines del siglo XIX está rodeado de campos sembrados y originalmente fue fundado por colonos alemanes. Hacia el norte siguen San Carlos Centro fundado por colonos alemanes y luego San Carlos Norte fundado por colonos franceses. Antiguas colonias de inmigrantes que comparten una historia común, aunque mantienen una independencia administrativa. Por el modo constructivo su eficiencia energética es baja. El sector auditado al frente tiene una superficie habitable de 396,26 m² y un volumen a climatizar de 1137,27 m³ con una altura media de locales de 2,87m.

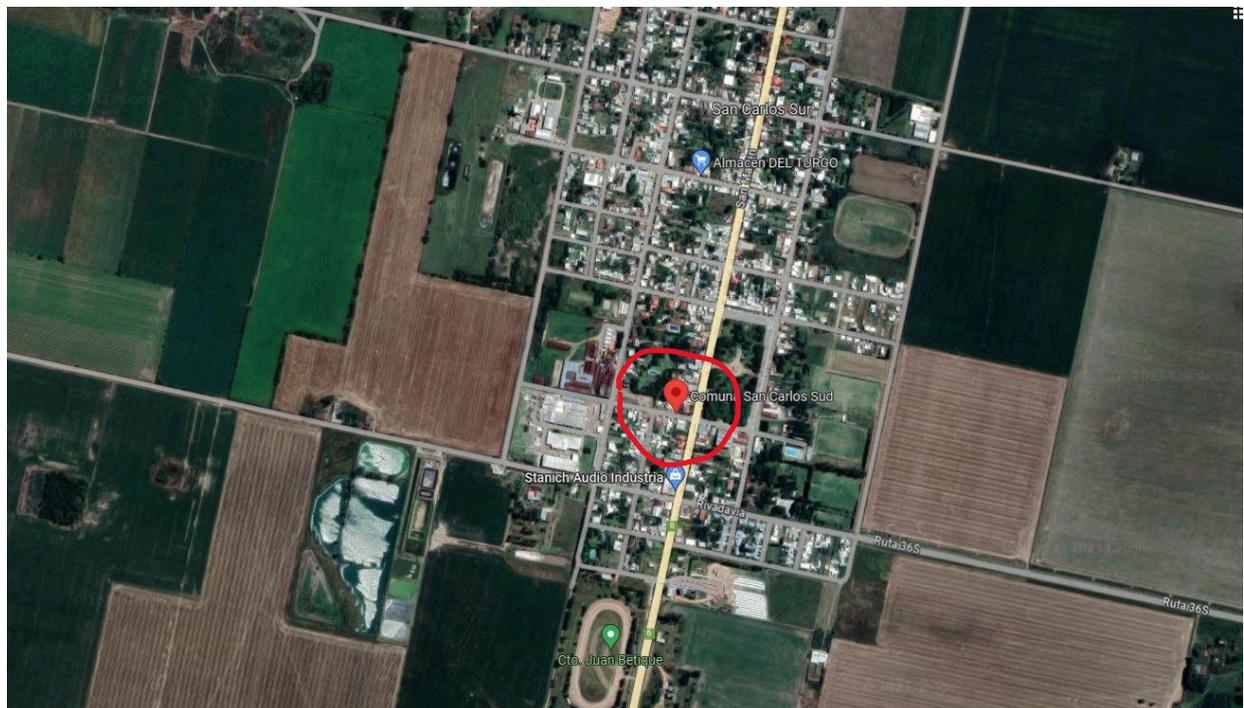


Figura 1: Implantación del edificio en el tejido urbano. Fuente: Google maps.

Es un edificio de compacidad media y se encuentra lindando con la comisaría y una vivienda vecina. Posee una baja superficie vidriada en relación con la envolvente total. Está materializado con muros de ladrillos de 30cm de espesor revocado en ambas caras ($R= 0,53 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1,88 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los techos son de chapa metálica sobre tirantería de madera y cielorraso suspendido ($R= 0.61 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son de marcos y hojas de aluminio con vidrios de 3+3 mm espesor ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de hormigón pobre ($R= 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$). Posee aceptable iluminación natural mediante rajadas en el techo y el sistema de alumbrado interior es tipo fluorescente y LED. La climatización es mediante equipos tipo Split de 2TR y 1TR y calefactores TB a gas natural. Cuenta con 5 oficinas, archivo, depósito, sala de espera y anexos.

Diagnóstico:

El edificio es de construcción convencional en la zona de baja eficiencia energética en su envolvente. El personal manifiesta que es caluroso 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 11874,10 kWh/año en calefacción y 31382,01 kWh/año en refrigeración y con todas las medidas de rehabilitación podría reducirse a 6629,38 kWh/año y 21393,68 kWh/año respectivamente. Implica una reducción en la demanda de 44,17% en calefacción y 31,83% en refrigeración. Así tendríamos como indicador de comparación en calefacción 16,73 kWh/m².año y 53,99 kWh/m².año en refrigeración con un total de 70,72 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.

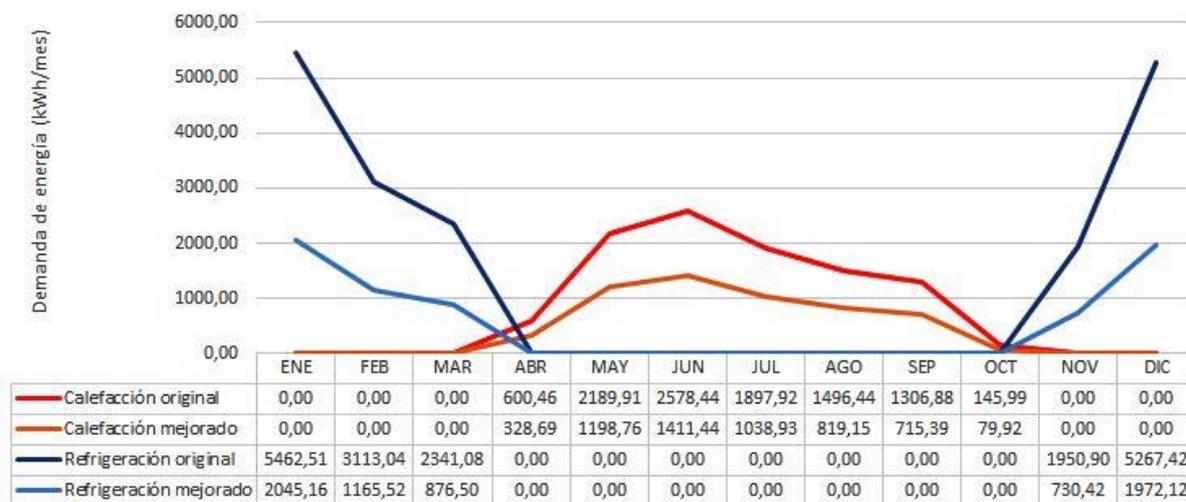


Figura 1: Comparación de demandas de energía en climatización mensual original y con mejoras.

Recomendaciones rehabilitación:

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

- 1) En techos reforzar con 100 mm de lana de vidrio tipo Rolac plata.
- 2) En muros aislar con EIFS/SATE de 4 o 5 cm de EPS de 30Kg/m³ en la cara opaca exterior.
- 3) La medida quizá más costosa sea cambiar las carpinterías de ventanas por otras con DVH junto a persianas metálicas exteriores automatizadas.

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 OZAJKOWSKI
 Director LAYHS - FAU - UNLP

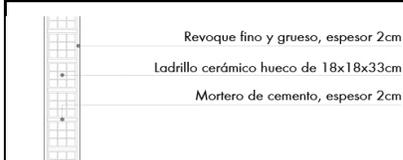
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Carlos Sud, Provincia de Santa Fé

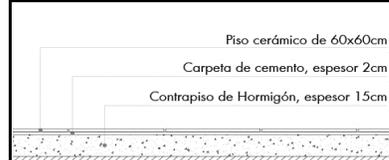
EDIFICIO Comuna de San Carlos Sud

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Chapa con cielorraso suspendido en algunos locales de madera machimbrada, en otros de yeso

Muros

Ladrillo hueco con revoque interior y exterior, espesor total 20cm

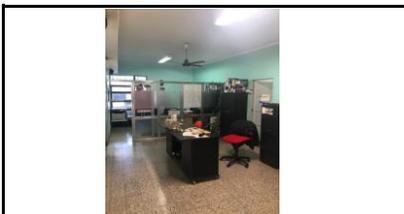
Piso

Baldosas cerámicas

Carpintería Marcos de aluminio y vidrio simple

Instalaciones térmicas Aires acondicionados

Instalaciones lumínicas Led, dicróicas, sodio y fluorescente

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	396,26 m ²
Volumen habitable	1137,27 m ³
Compacidad -Co-	1,50 -
Factor de forma -f-	0,35 -
Factor de exposición -fe-	0,87 -
Altura media de locales -h-	2,87 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda calefacción anual /m2	25,78 kWh/m ² año
Demanda refrigeración anual /m2	45,77 kWh/m ² año
Coefficiente global de pérdidas Gcal	1,73 W/m ³ .K
Coefficiente de pérdidas Scal	2,95 W/m ² .K

Pérdidas por envolvente calefacción	Techos	388,33 W/K
	Muros	378,74 W/K
	Aberturas	291,16 W/K
	Pisos	109,77 W/K
	Renovación de aire	796,09 W/K

Necesidad de energía por balance	43256,11 kWh/año
Aporte de energía según mediciones	kWh/año
Diferencia porcentual entre las dos últimas	%

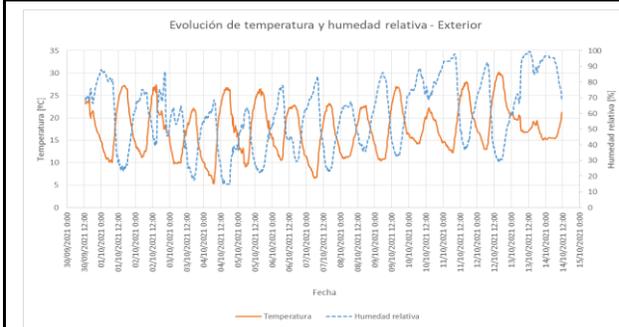
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Carlos Sud, Provincia de Santa Fé
 EDIFICIO Comuna de San Carlos Sud

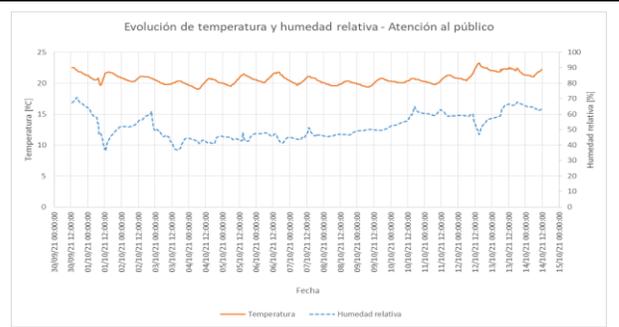
SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H30 - Hobo en el edificio

Hobo interior: H23

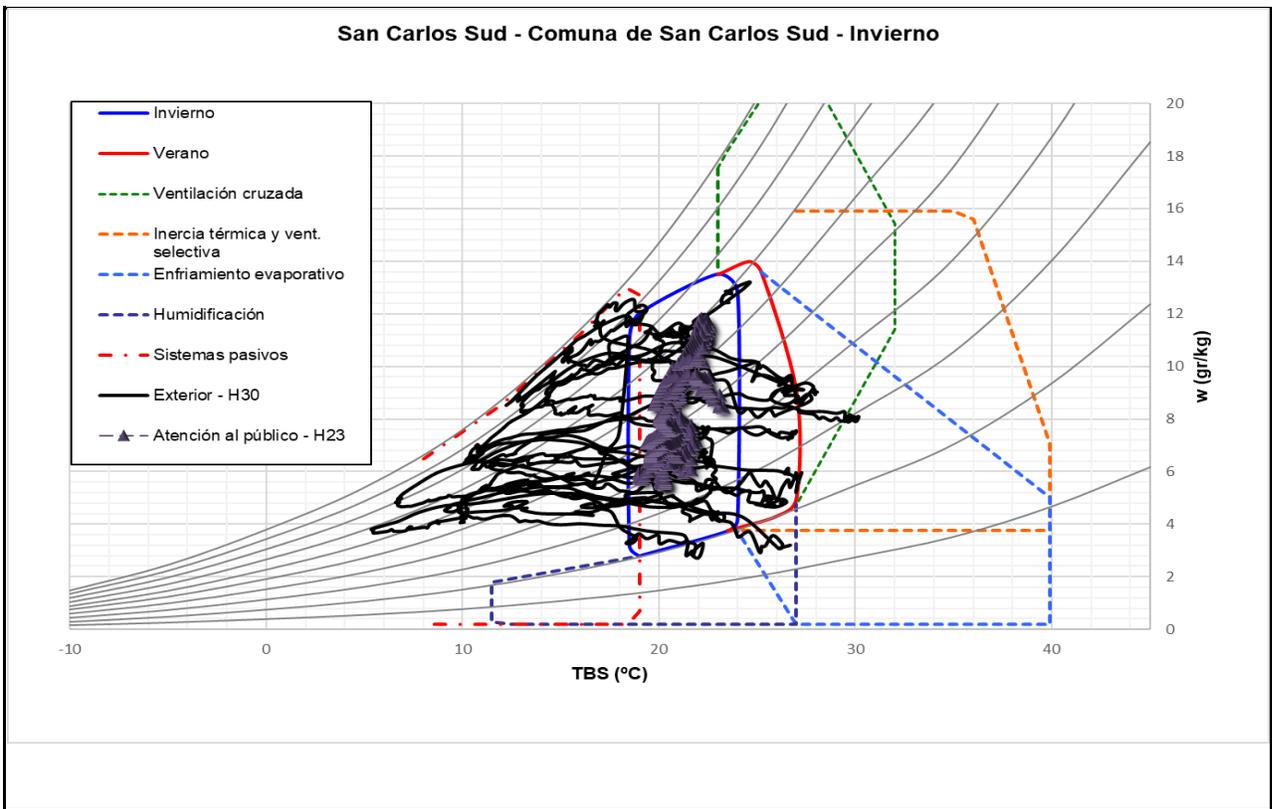


Lectura: 30/9/2021 13:00
 14/10/2021 11:30
 T [°C] Prom: 17,62
 HR [%] Prom: 59,52



Lectura: 30/9/2021 13:00
 14/10/2021 11:30
 T [°C] Prom: 20,69
 HR [%] Prom: 51,86

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO



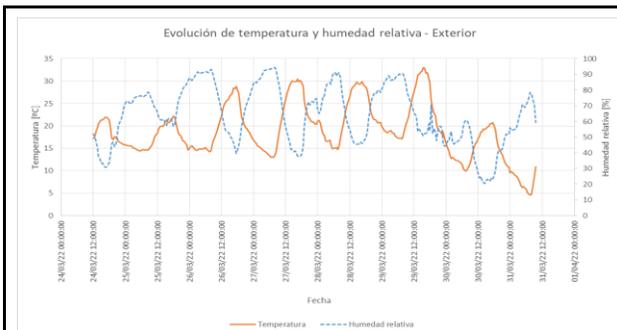
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Carlos Sud, Provincia de Santa Fé
 EDIFICIO Comuna de San Carlos Sud

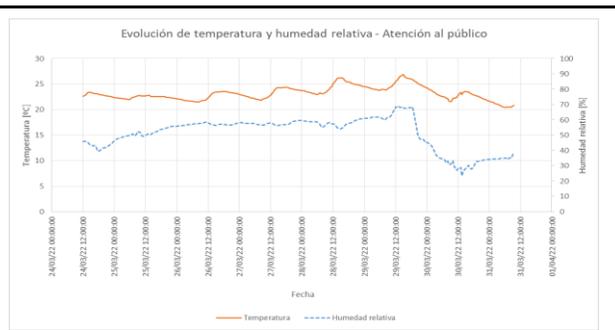
SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H26 - Hobo en el edificio

Hobo interior: H23

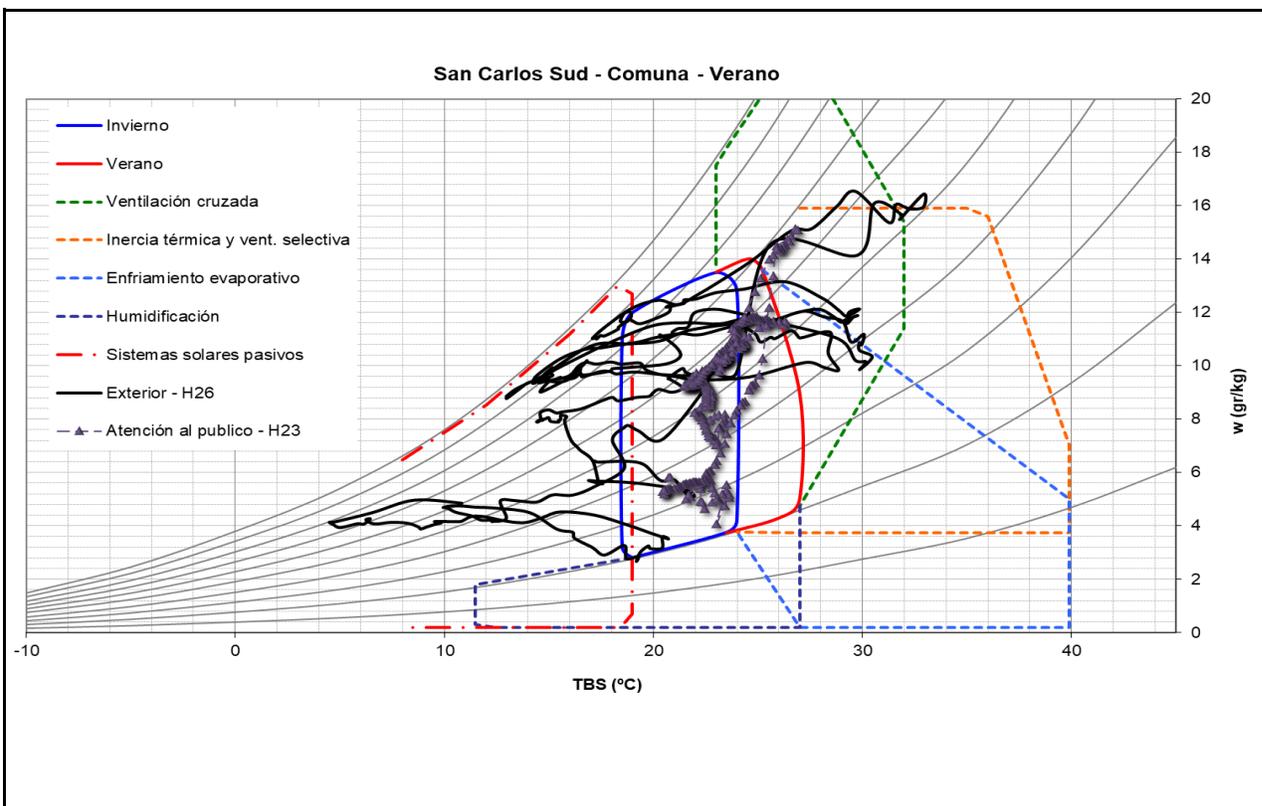


Lectura: 24/3/2022 12:00
 31/3/2022 09:30
 T [°C] Prom: 18,88
 HR [%] Prom: 64,07



Lectura: 24/3/2022 12:00
 31/3/2022 09:30
 T [°C] Prom: 23,20
 HR [%] Prom: 51,24

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO



REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Palacio Comunal

Localidad: San Carlos Sud, Santa Fe.

El edificio se encuentra localizado en la calle 9 de julio entre Belgrano y San Martín de la comuna de San Carlos Sud en la provincia de Santa Fe (Latitud: -31.7616; Longitud: -61.1020). Posee clima cálido húmedo en Zona IIb (IRAM 11603).

Este edificio de mediados del siglo XX está localizado en el centro de la pequeña localidad lindando a metros de la plaza principal 27 de septiembre. Es la capital nacional de la cerveza ya que allí se fundó la primera cervecería del país en 1884. La localidad se fundó como colonia de inmigrantes en 1858 y fue poblada por alemanes, suizos, italianos y franceses. En 1868 la Colonia San Carlos se divide y en 1894 vuelve a dividirse en tres, creándose la comuna de San Carlos Sud. Tiene una población de 2102 hab (INDEC, 2010) y 95km². El palacio comunal integra a la comisaría y comparten el mismo predio teniendo el ingreso desde el sur. El edificio se caracteriza por su baja eficiencia energética. El sector auditado tiene una superficie habitable de 396,26 m² y un volumen a climatizar de 1137,27 m³ con una altura media de locales de 2,87m.



Figura 0: Implantación del edificio en el tejido urbano. Fuente: Google maps.

Es un edificio de compacidad media y se encuentra integrado a la comisaría compartiendo tabiques internos y lleva a que tenga un factor de exposición $Fe = 0.87$. Posee una baja superficie vidriada en relación con la envolvente total. Está materializado con muros de ladrillos de 30cm de espesor revocado en ambas caras ($R = 0,53 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1,88 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los techos de chapa metálica con cielorraso suspendido ($R = 0.61 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1,63 \text{ W/m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son de marcos y hojas de aluminio con vidrios de 3+3 mm espesor ($R = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 5.86 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de hormigón pobre ($R = 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Posee aceptable iluminación natural en algunas dependencias, otras internas requieren de alumbrado artificial permanente. El alumbrado interior es mixto fluorescente/LED. La climatización es mediante equipos tipo Split de 2TR y 1TR y calefactores 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 $Car= 15 \text{ m}^3/\text{h.persona}$ (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.

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 Paraná (Entre Ríos) distante 82 km. Los datos fueron tomados de la Norma IRAM 11900/18 que muestra datos mensuales de temperaturas medias ($^{\circ}\text{C}$) 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	San Carlos Sud, Provincia de Santa Fe
Edificio	Comuna de San Carlos Sud
Localidad más cercana en la base de datos:	Paraná - Prov. Entre Ríos

Mes ()	Días ()	Tm ($^{\circ}\text{C}$)	Tdc-Tm ($^{\circ}\text{C}$)	Tm-Tdr ($^{\circ}\text{C}$)	HR (%)	Radiación solar media mensual (W/m^2)								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Horizontal
Enero	31	27,6	0	7,6	61	44	36	35	34	114	289	321	184	157
Febrero	28	27,7	0	7,7	64	50	32	30	29	64	218	277	193	131
Marzo	31	25,8	0	5,8	67	55	24	22	22	24	147	227	187	89
Abril	30	20,5	0	0,5	72	57	15	13	13	13	62	125	123	52
Mayo	31	15,4	4,6	0	73	56	11	8	8	8	31	86	98	29
Junio	30	13,5	6,5	0	75	47	9	7	7	7	18	61	73	22
Julio	31	15,3	4,7	0	73	45	9	7	7	7	20	62	73	22
Agosto	31	16,2	3,8	0	68	67	15	11	11	11	43	107	119	46
Septiembre	30	16,5	3,5	0	64	55	19	17	17	17	72	132	125	70
Octubre	31	18,4	1,6	0	66	54	28	25	25	41	169	237	183	115
Noviembre	30	23,6	0	3,6	67	39	29	28	28	79	216	250	154	121
Diciembre	31	26,5	0	6,5	64	46	39	37	36	98	237	265	160	182
Anual	365	20,6	24,7	31,7	68	615	266	240	237	483	1522	2150	1672	1036

Tabla 1: Datos mensuales de temp medias y radiación solar por orientación de la Ciudad de Paraná (Entre Rios). Lat: -31.741, Long: -60.510

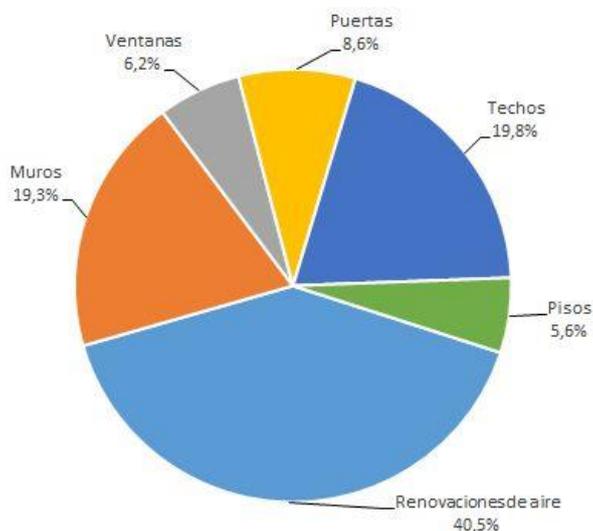


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

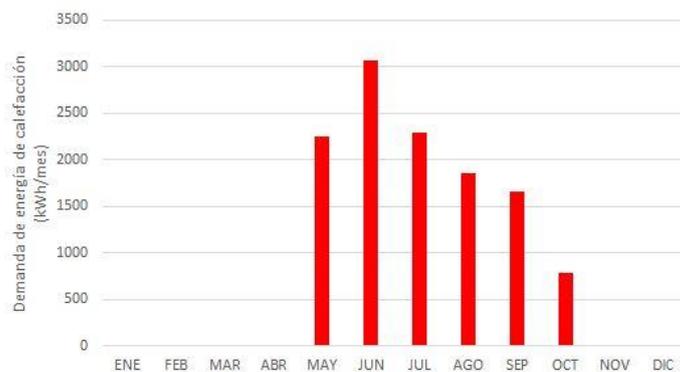


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para T_{Bcal}= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales	
Superficie habitable	396,26 m ²
Volumen habitable	1137,27 m ³
Indice Compacidad Co	1,50 adim
Factor de forma f	0,35 adim
Factor de exposición Fe	0,87 adim
Altura media de locales	2,87 m
Superficie envolvente	263,93 m ²
Superficie expuesta	228,34 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 1,73 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 2,95 W/m²K que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **11874,10 kWh/año** y 29,97 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 (19.3%), muros (19.8%) y vidriados (14.8%, 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 W/m²K)
- En techos reforzar con 100 mm de lana de vidrio tipo Rolac plata. (K_{t1}= 0.42 W/m²K)
- 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 W/m²K)
- Por la complejidad no se prevé mejoras en pisos. (K_p= 1.34 W/m²K)

La implementación de las mejoras en muros, techos y vidriados permitirá reducir la demanda de energía en calefacción en un 44,17 %. El edificio tendrá un Coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas Gcal (IRAM 11604) de 0,96 W/m³K, que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **6629,38 kWh/año** y 16,73 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

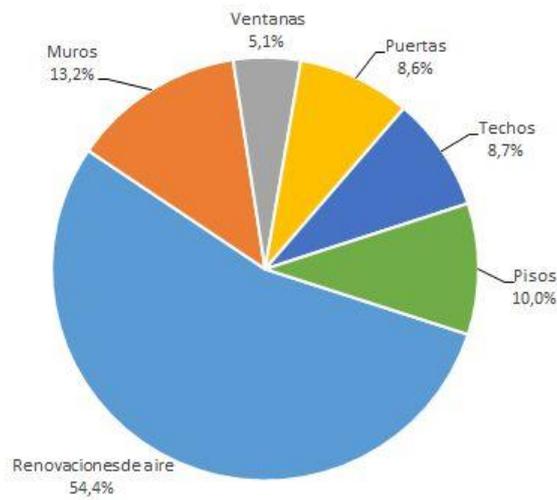


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada



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 es LED. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 44,17%. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:

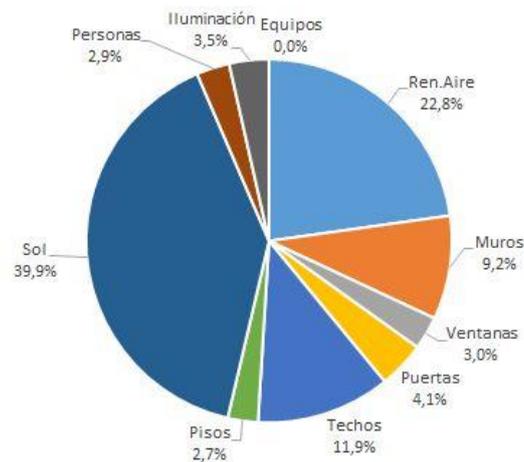


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 39,9%, los techos con el 11,9%, los muros con un 9,2%, y las ventanas con un 3,0%. 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 **31382,01 kWh/año** y 79,20 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

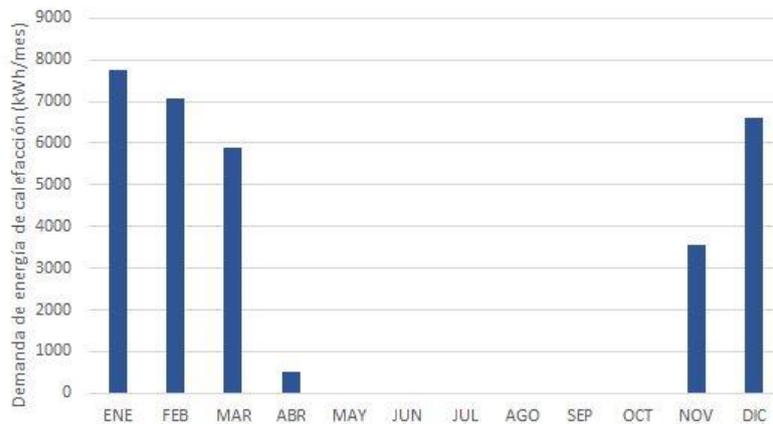


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

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 **31,83%** 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.

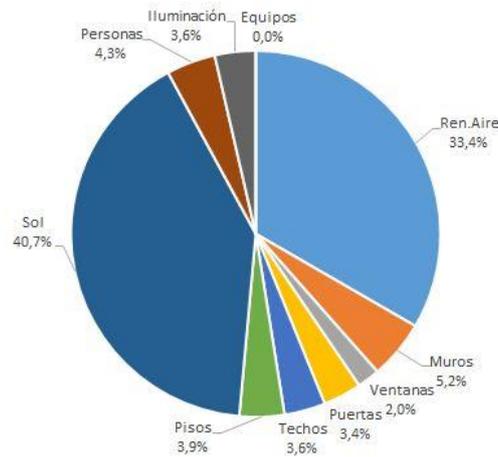


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **21393,68 kWh/año** y 53,99 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 35,22% 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 109,16 kWh/m²año a 70,72 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	7737,94	5275,09
FEB	0,00	0,00	7081,07	4827,29
MAR	0,00	0,00	5905,27	4025,73
ABR	0,00	0,00	492,65	335,85
MAY	2240,63	1250,96	0,00	0,00
JUN	3063,98	1710,64	0,00	0,00
JUL	2289,34	1278,15	0,00	0,00
AGO	1850,96	1033,40	0,00	0,00
SEP	1649,84	921,11	0,00	0,00
OCT	779,35	435,12	0,00	0,00
NOV	0,00	0,00	3547,10	2418,12
DIC	0,00	0,00	6617,97	4511,59
Total	11874,10	6629,38	31382,01	21393,68
Reducción de demanda (%)		44,17		31,83

Total climatización anual original	43256,11 (kWh/año)	109,16 (kWh/m ² año)
Total climatización anual mejorado	28023,06 (kWh/año)	70,72 (kWh/m ² año)
Reducción de demanda total (%)		35,22

DECal	DECal+	DERef	DERef+
29,97	16,73	79,20	53,99
kWh/m ² año	kWh/m ² año	kWh/m ² año	kWh/m ² año
Reducc (%)	44,17		31,83

Tabla 3: Síntesis de resultados de diagnóstico energético.

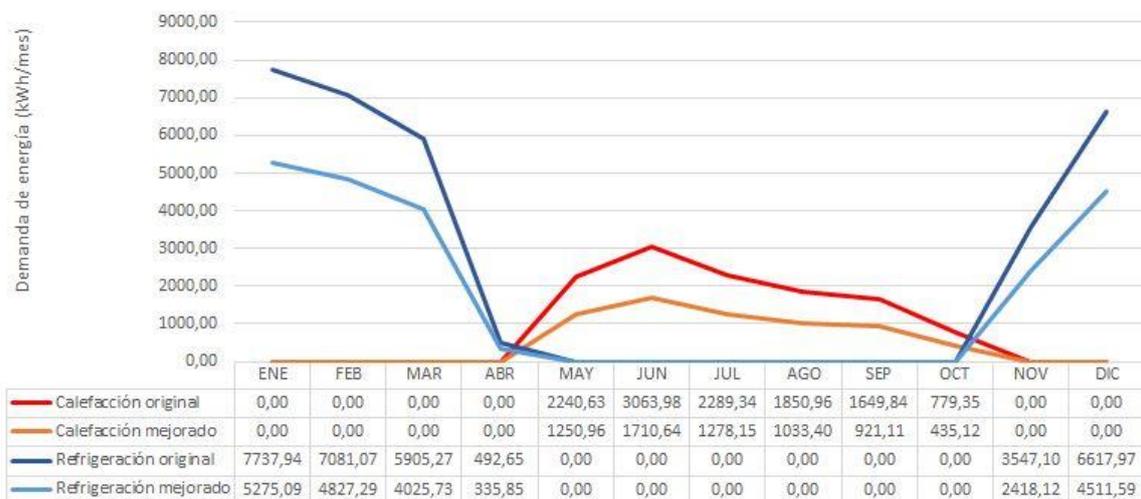


Figura 11: Comparación anual.

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



Dr. JORGE DANIEL OZAJKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP