

INFORME TÉCNICO

Caso: Escuela Secundaria “Gral Manuel Belgrano”

Municipio: San Antonio de Areco

Provincia: Buenos Aires



Fuente: Propia, 2021.

La Plata, febrero 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: Escuela Secundaria “Gral Manuel Belgrano”. San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires

Descripción:

El edificio se encuentra localizado en calle Rivadavia 728, entre Aubain y Av. Quetgles (Lat -34,2547; Long -59,4656) en clima templado cálido de transición en Zona IIIa (IRAM 11603). Este edificio funciona como escuela secundaria de gestión municipal y fue inaugurada en 2019. El municipio creado en 1730 a 113 km de la ciudad de Buenos Aires es uno de los más antiguos de la Provincia de Buenos Aires. Tiene una población de 23114 habitantes. El partido de 857 km² es de carácter rural agrícola ganadero. El grupo edilicio se compone de una escuela provincial de educación técnica, una sede de la Universidad Nacional UNSaA y la Escuela Secundaria auditada en la misma manzana. Aquí se analiza la escuela. Tiene una superficie habitable de 928,65 m² y un volumen a climatizar de 2971,69 m³ con una altura media de locales de 3,20 m. La fachada principal del edificio está orientada al noroeste, tiene una forma de U conteniendo un patio descubierta rodeado de galerías hacia donde dan las aulas y espacios administrativos. El edificio posee gas natural de red y energía eléctrica.

El edificio está materializado con cerramientos opacos de bloques de concreto sin revocar en ambas caras ($R= 0.42 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 2.39 \text{ W/m}^2\text{K}$), el techo es de chapa aluminizada pre pintada de color negro con cielorraso suspendido de placas de lana de vidrio rígidas con terminación en PVC blanco sobre estructura de perfiles de chapa de acero ($R= 0.74 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.35 \text{ W/m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de aluminio con un vidrio de seguridad de 3+3 con protección solar de bloques de concreto ($R= 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 5.82 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de H^oP^o ($R= 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K= 1.38 \text{ W/m}^2\text{K}$).

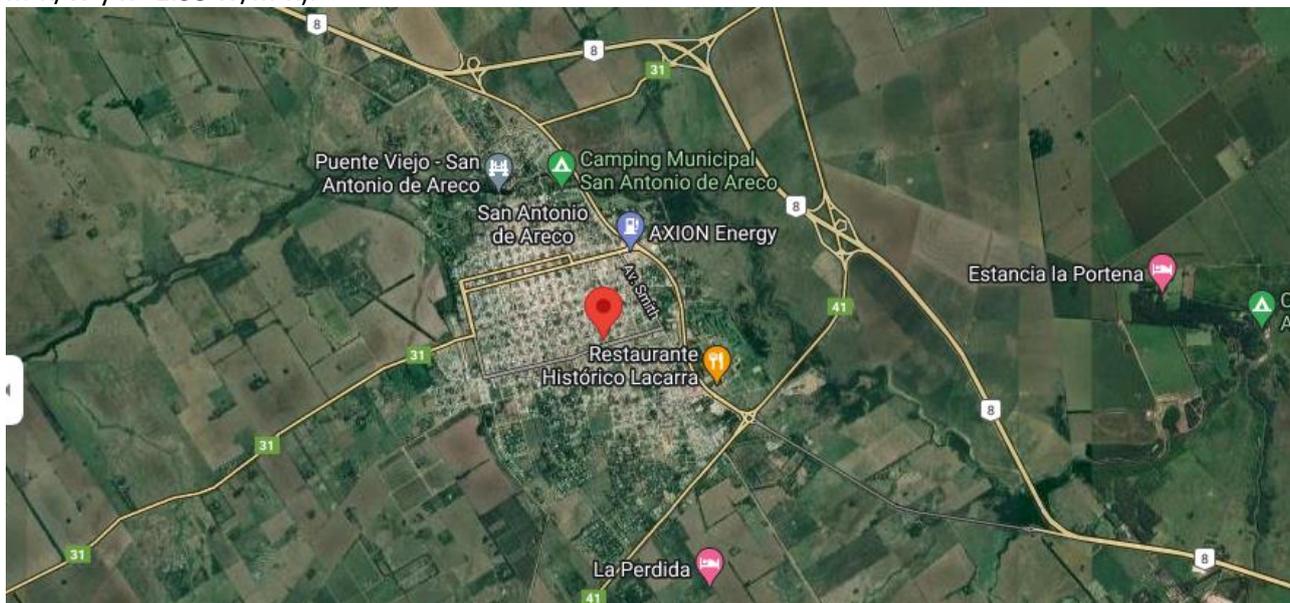


Figura: Localización de la Escuela Manuel Belgrano en la Ciudad de S.A. de Areco. Fuente: Google Maps.

Diagnóstico:

El edificio nuevo y se encuentra en buen estado de conservación. Tanto aulas como espacios anexos tienen sistema de climatización por aire caliente a gas natural y refrigeración sector administrativo. El edificio es de baja eficiencia energética. El municipio no proveyó consumos históricos para analizar. Hay monitoreo higrotérmico de verano e invierno (ver Ficha).

La modelización muestra una demanda potencial de energía en climatización de **185665,71 kWh/año** y 199,93 kWh/m²año que podría reducirse en un 31,17 % con medidas pasivas de rehabilitación energética. No hay fracción de ahorro en iluminación ni en climatización, ya que la iluminación es LED y los equipos son eficientes.

Recomendaciones rehabilitación:

Las medidas más importantes es trabajar sobre la envolvente:

1. agregar 10 cm de lana de vidrio con foil de aluminio inferior sea levantando las chapas o sobre el cielorraso; las chapas en sector de aulas deben pintarse con pintura refractante blanca para tener "techo frío".
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 los vidriados a DVH. Al ser un establecimiento educativo deben mantenerse las renovaciones de aire por razones sanitarias.

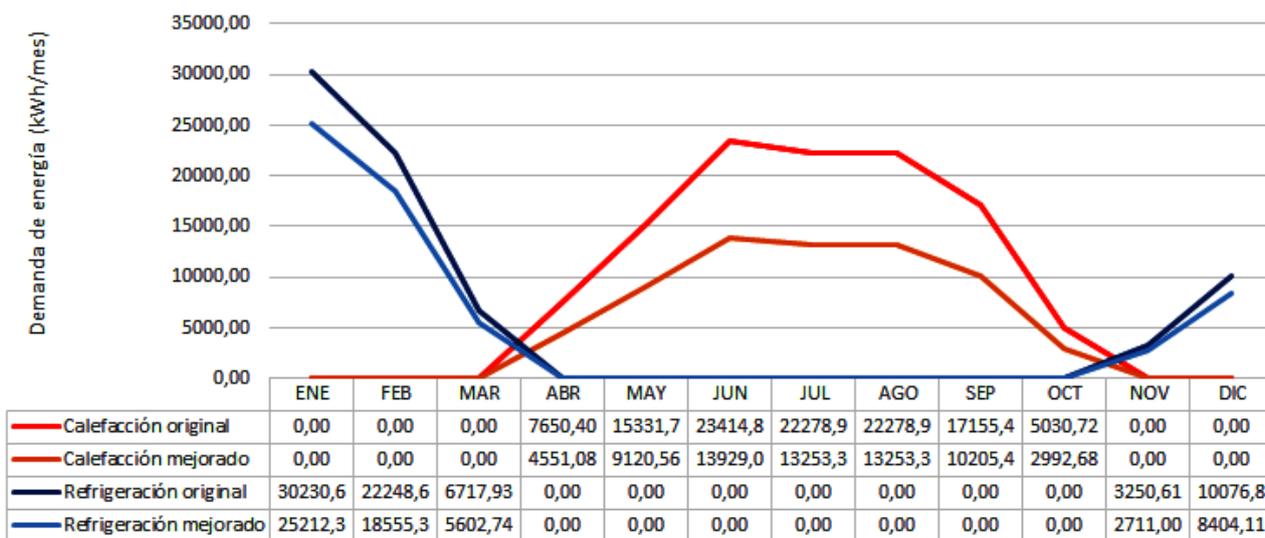


Figura 1: Comparación anual de la variación de demanda de energía simulada del caso original y mejorado.

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 OZAJKOWSKI
 Director LAYHS - FAU - UNLP

FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires

EDIFICIO Escuela Municipal General Manuel Belgrano

DIRECCIÓN Rivadavia 728

FECHA VISITA 1 19/08/2021 al 26/08/2022

FECHA VISITA 2 06/12/2021 al 17/12/2022

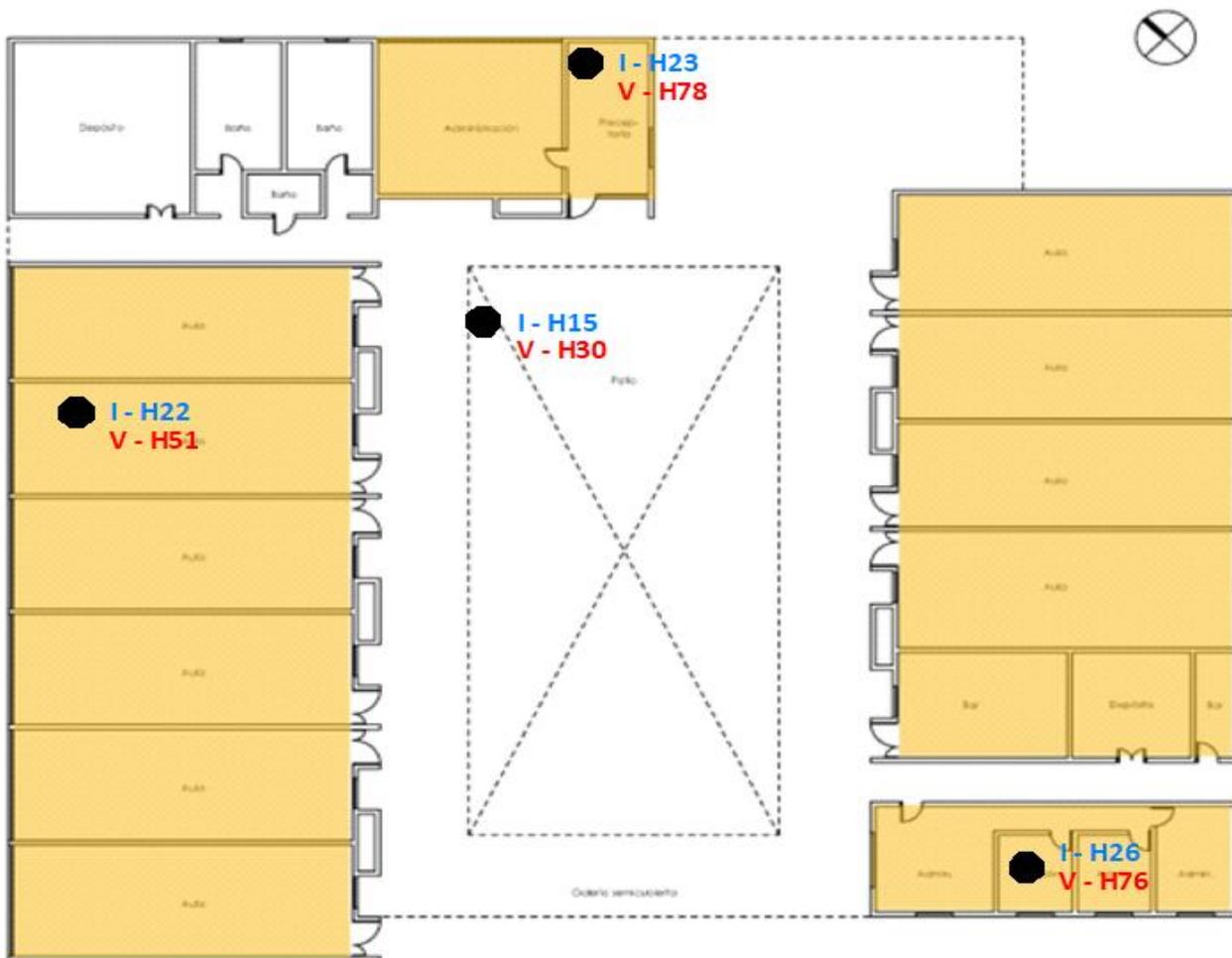
Implantación



-34,25 latitud sur

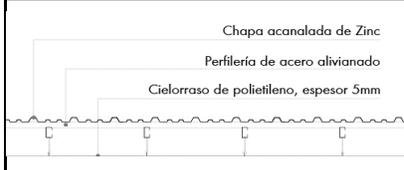
-59,46 longitud oeste

PLANO DEL EDIFICIO CON UBICACIÓN DE HOBOS



FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires
EDIFICIO Escuela Municipal General Manuel Belgrano

RESEÑA CONSTRUCTIVA**Cubierta**

Chapa de zink
Cielo raso de planchas de EPS

Muros

Ladrillo cerámico hueco de 18
Revoques de cemento

Piso

Baldosas cerámicas

Carpintería	Aluminio con un vidrio de seguridad de 3+3mm
Instalaciones térmicas	Calefactores a gas natural por aire caliente
Instalaciones lumínicas	Iluminación LED

FOTOGRAFÍAS DEL EDIFICIO**ASPECTOS DIMENSIONALES**

Superficie habitable	928,65 m ²
Volumen habitable	2971,7 m ³
Compacidad -Co-	1,20 -
Factor de forma -f-	0,31 -
Factor de exposición -fe-	1,00 -
Altura media de locales -h-	3,20 m

ASPECTOS ENERGÉTICOS

Demanda anual calefacción/m2	90,25 kWh/m ² año
Demanda anual refrigeración/m2	57,85 kWh/m ² año
Coefficiente global de pérdidas	2,00 W/m2K
Coefficiente de pérdidas P/m ²	4,67 W/m3K

Pérdidas por envolvente	Techos	1253,68 W/K
	Muros	1468,46 W/K
	Aberturas	811,95 W/K
	Pisos	330,03 W/K
	Renov. Aire	2080,18 W/K

Necesidad de energía climatización	185665,7 kWh/año
Aporte de energía según mediciones	0 kWh/año
Diferencia porcentual entre las dos últimas	0 %

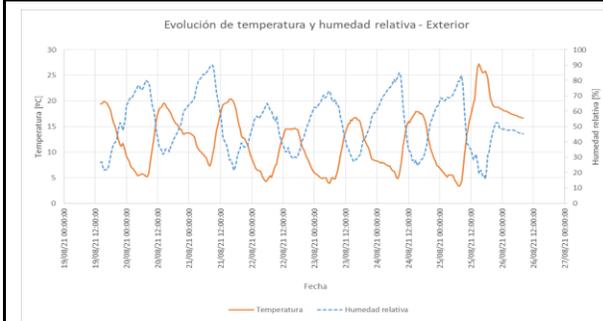
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires
 EDIFICIO Escuela Municipal General Manuel Belgrano

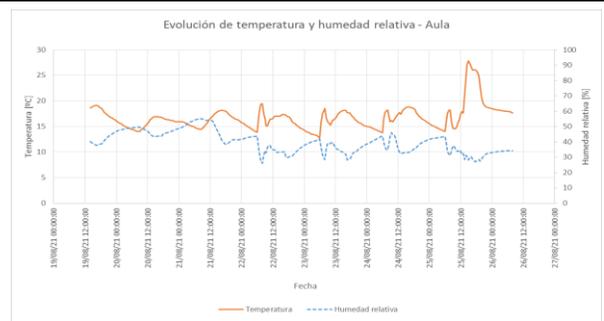
SITUACIÓN DE CONFORT EN INVIERNO

Hobo exterior: H15 - Hobo colocado en el edificio

Hobo interior: H22

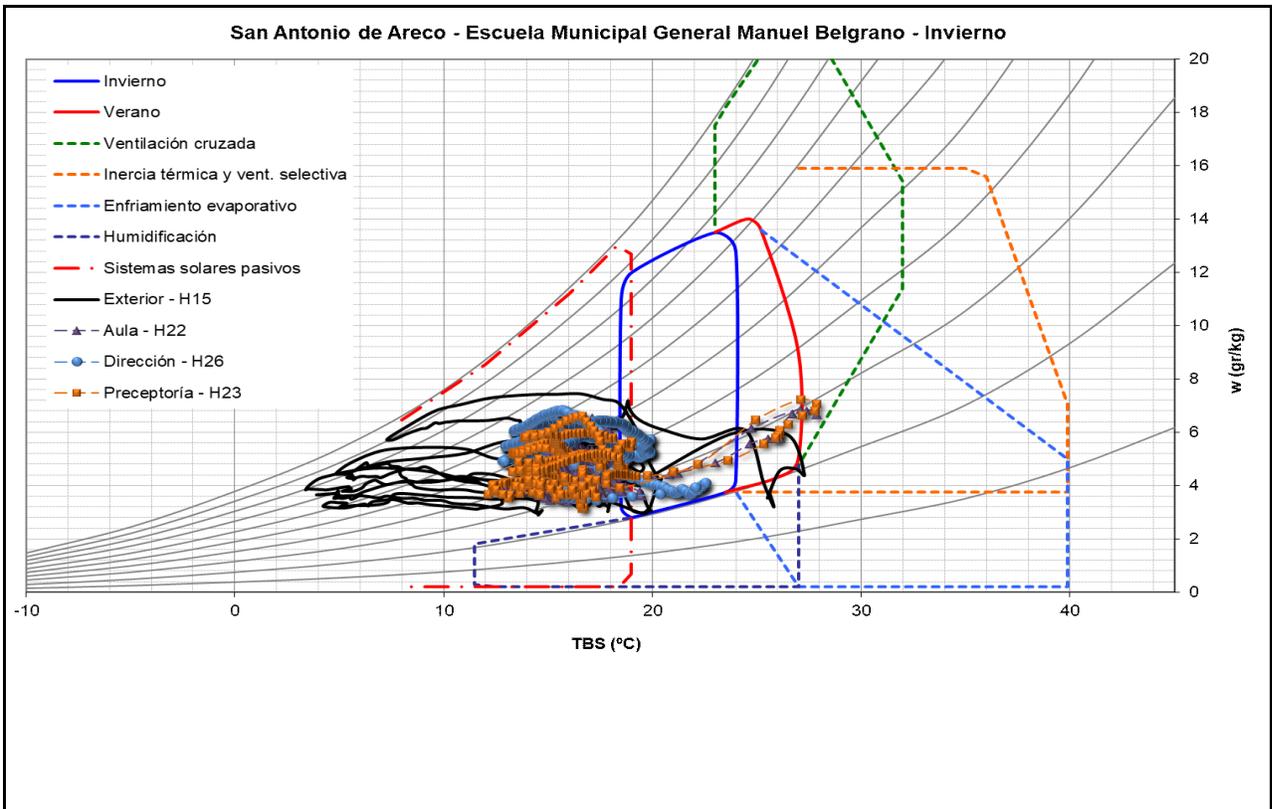


Lectura: 19/8/2021 14:00
 26/8/2021 08:00
 T [°C] Prom: 12,34
 HR [%] Prom: 51,83



Lectura: 19/8/2021 14:00
 26/8/2021 08:00
 T [°C] Prom: 16,71
 HR [%] Prom: 39,69

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN INVIERNO



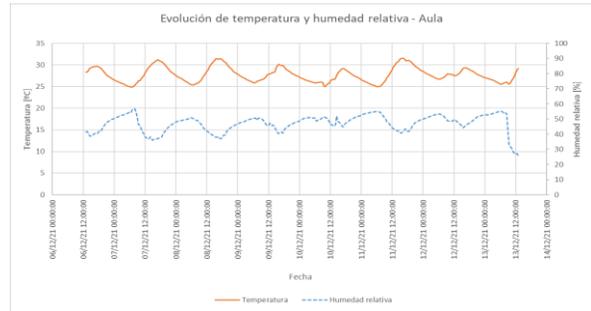
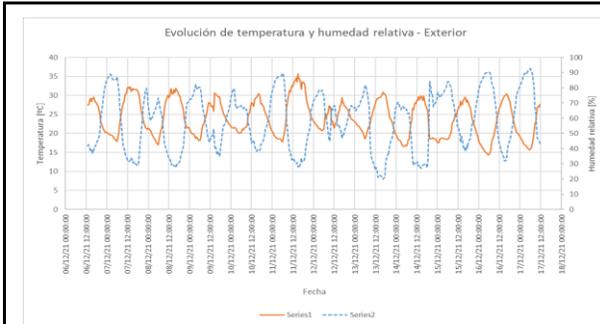
FICHA RESUMEN N° 1

MUNICIPIO San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires
 EDIFICIO Escuela Municipal General Manuel Belgrano

SITUACIÓN DE CONFORT EN VERANO

Hobo exterior: H30 - Hobo colocado en el edificio

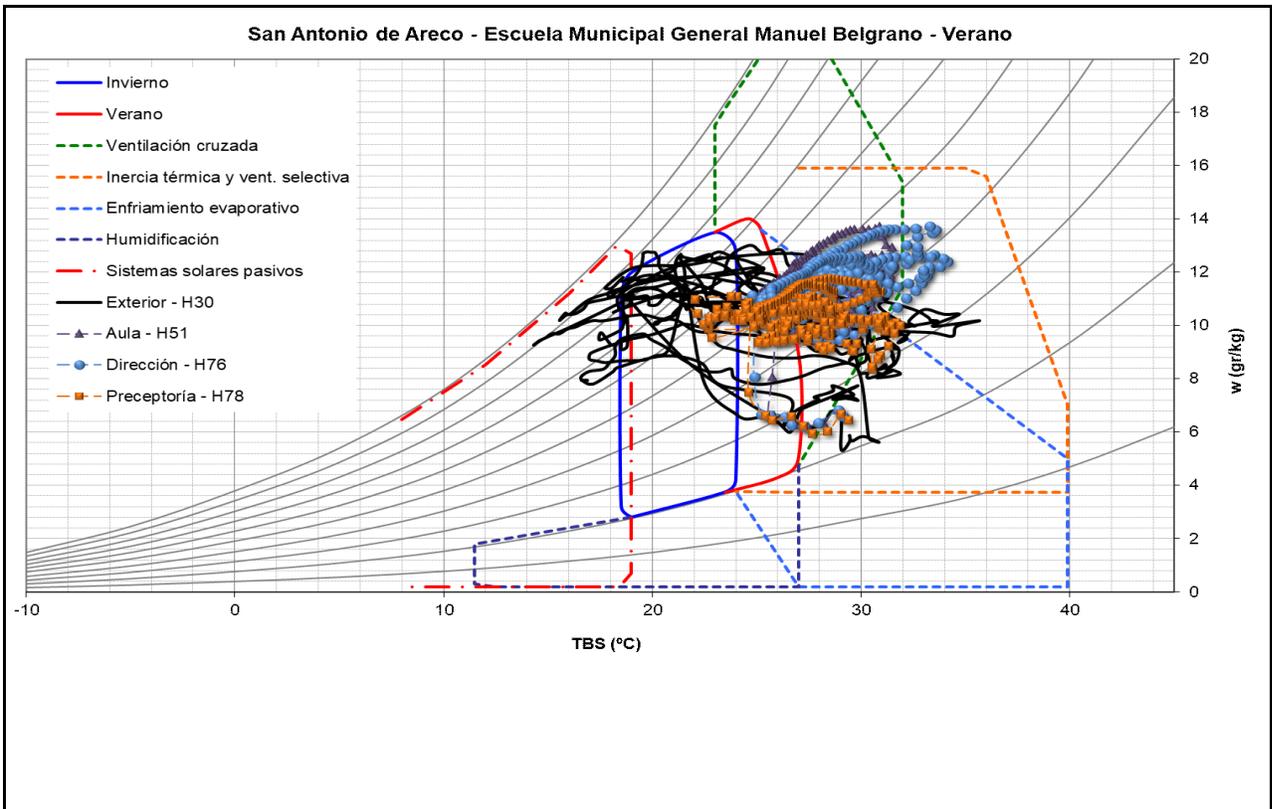
Hobo interior: H51



Lectura: 6/12/2021 13:00
 17/12/2021 11:30
 T [°C] Prom: 24,00
 HR [%] Prom: 57,89

Lectura: 6/12/2021 13:00
 13/12/2021 13:00
 T [°C] Prom: 27,71
 HR [%] Prom: 47,10

SITUACIÓN DE CONFORT HIIGROTÉRMICO EN VERANO



REPORTE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ORIGINAL Y MEJORADO

Caso: Escuela Secundaria Gral Manuel Belgrano

Localidad: San Antonio de Areco, Prov. de Buenos Aires.

El edificio se encuentra localizado en calle Rivadavia 728, entre Aubain y Av. Quetgles (Lat -34,2547; Long -59,4656) en clima templado cálido de transición en Zona IIIa (IRAM 11603). Este edificio funciona como escuela secundaria de gestión municipal y fue inaugurada en 2019. El municipio creado en 1730 a 113 km de la ciudad de Buenos Aires es uno de los más antiguos de la Provincia de Buenos Aires. Tiene una población de 23114 habitantes. El partido de 857 km² es de carácter rural agrícola ganadero. El grupo edilicio se compone de una escuela provincial de educación técnica, una sede de la Universidad Nacional UNSaA y la Escuela Secundaria auditada en la misma manzana. Aquí se analiza la escuela. Tiene una superficie habitable de 928,65 m² y un volumen a climatizar de 2971,69 m³ con una altura media de locales de 3,20 m. La fachada principal del edificio está orientada al noroeste, tiene una forma de U conteniendo un patio descubierto rodeado de galerías hacia donde dan las aulas y espacios administrativos. El edificio posee gas natural de red y energía eléctrica. El edificio está materializado con cerramientos opacos de bloques de concreto sin revocar en ambas caras ($R = 0.42 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 2.39 \text{ W/m}^2\text{K}$), el techo es de chapa aluminizada pre pintada de color negro con cielorraso suspendido de placas de lana de vidrio rígidas con terminación en PVC blanco sobre estructura de perfiles de chapa de acero ($R = 0.74 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 1.35 \text{ W/m}^2\text{K}$). Las carpinterías de ventanas y puertas son amplias de aluminio con un vidrio de seguridad de 3+3 con protección solar de bloques de concreto ($R = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $K = 5.82 \text{ W/m}^2\text{K}$). Los solados son de baldosas calcáreas sobre contrapiso de H^oP^o ($R = 0.72 \text{ m}^2\text{K/W}$ 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 $Car = 15 \text{ m}^3/\text{h.persona}$ (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 no encuentra en confort en verano (ver ficha resumen). No se pudo instalar instrumental en invierno.

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 51 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	San Antonio de Areco, Provincia de Buenos Aires
Edificio	Escuela Municipal General Manuel Belgrano

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 (W/m^2)								
						Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	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.

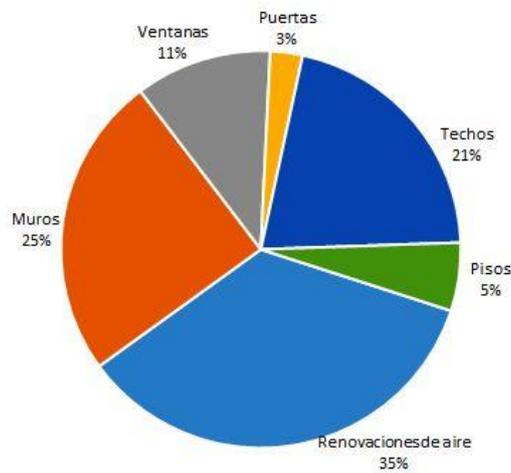


Figura 1: Pérdidas térmicas discriminadas situación original

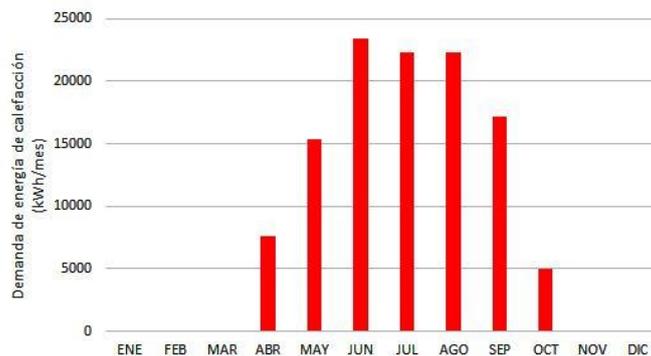


Figura 2: Demanda de energía en calefacción en kWh/mes calculado para T_{Bcal}= 20°C, situación original

Aspectos dimensionales	
Superficie habitable	928,65 m ²
Volumen habitable	2971,69 m ³
Indice Compacidad Co	1,20 adim
Factor de forma f	0,31 adim
Factor de exposición Fe	1,00 adim
Altura media de locales	3,20 m
Superficie envolvente	776,32 m ²
Superficie expuesta	776,32 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 2,00 W/m³K y un Coeficiente de pérdidas unitarias 7,66 W/m²K que resulta en una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **113140,96 kWh/año** y 90,25 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 (21%), muros (25%) y vidriados (14%, 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 no pueden reducirse por razones de salubridad.

2. INVIERNO - PROPUESTA MEJORADA:

- Aislamiento térmico exterior tipo EIF/SATE con 50mm de EPS de 30Kg/m³ y doble basecoat armado con

mallado de vidrio de 110 g/m². ($K_{m2} = 0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- b. En techos reforzar con 100 mm de lana de vidrio tipo Rolac plata. ($K_{t1} = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- c. La intervención más costosa es en vidriados, sea en aislamiento. En las ventanas usar Doble Vidriado con adaptador en la misma hoja. ($K_{v1} = 3.33 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- 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 40,51 %. El edificio tendrá una Demanda anual energía eléctrica en calefacción de **67305,48 kWh/año** y 53,69 kWh/m²año, para una temperatura base de calefacción de 20°C.

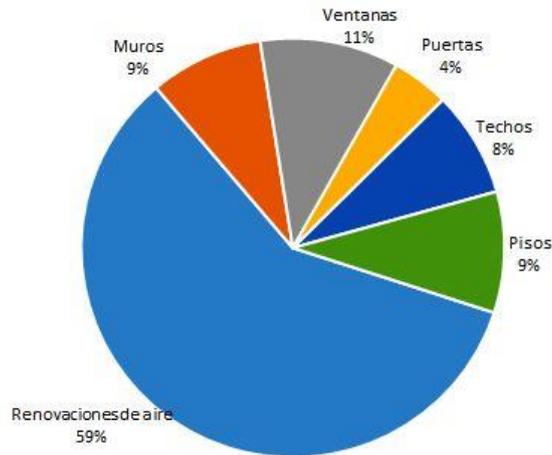


Figura 3: Pérdidas térmicas discriminadas situación mejorada



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 de LED y no hay fracción de ahorro. Tampoco hay fracción de ahorro en la calefacción por aire caliente a gas natural ya que son equipos nuevos. Las principales medidas de diseño eficiente que restan son las propuestas a fin de lograr reducir la demanda en un 40,51 %. Los valores son en energía secundaria y no contemplan la eficiencia energética de equipos climatización. En techos dado que son de color negro es conveniente en especial para reducir la irradiación interior en el infrarrojo pintar de color blanco. La inversión más costosa es en la adaptación de las carpinterías para recibir el doble vidriado. No se requiere protección solar adicional.

4. VERANO - VERSIÓN ORIGINAL:

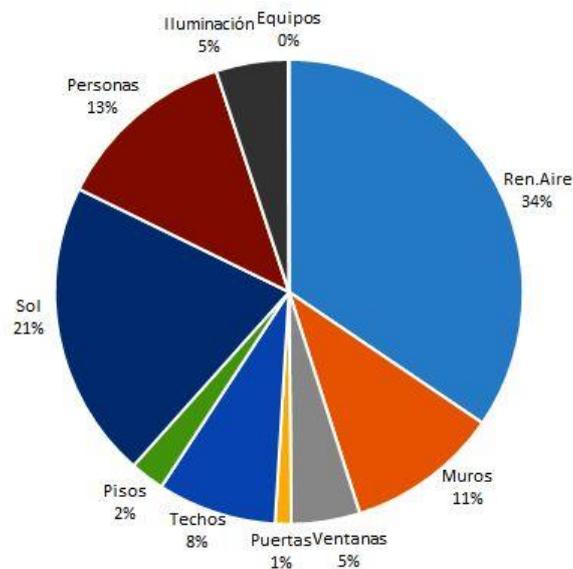


Figura 6: Aportes térmicos discriminados. Situación original verano.

La figura 6 muestra la discriminación de aportes térmicos en el edificio. Se destacan el asoleamiento con el 21%, los techos con el 8%, los muros con un 11%, y las ventanas y puertas vidriadas con un 6%. 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 3 m²/persona.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una Demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **72524,74 kWh/año** y 57,85 kWh/m²año, para una temperatura base de refrigeración de 20°C.

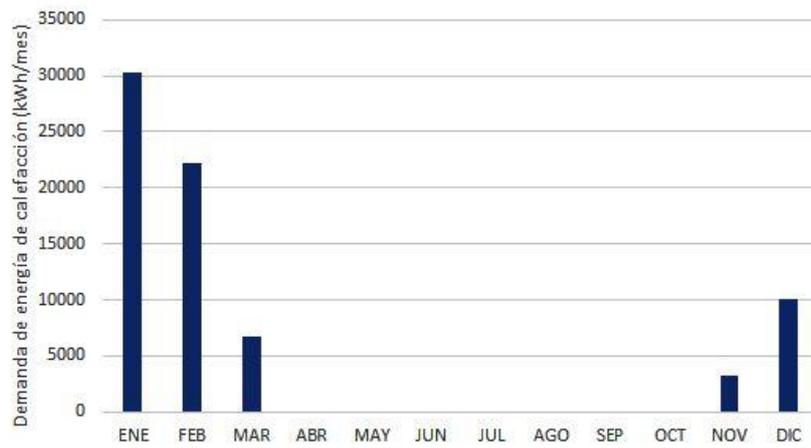


Figura 7: Variación mensual de la demanda de energía en refrigeración actual.

5. VERANO - PROPUESTA MEJORADA:

Se mantienen las mejoras propuestas para el invierno .

La figura 8 muestra la importante reducción 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 **16,60 %** 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.

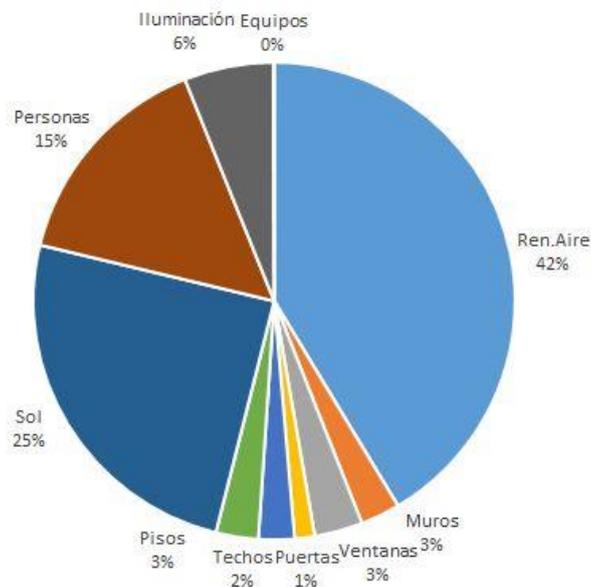


Figura 8: Aportes térmicos discriminados. Situación mejorada verano.

Del diagnóstico surge que el edificio tiene una demanda anual energía eléctrica en refrigeración de **60485,46 kWh/año** y 48,25 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 techos y muros, seguido de ventanas por conducción.

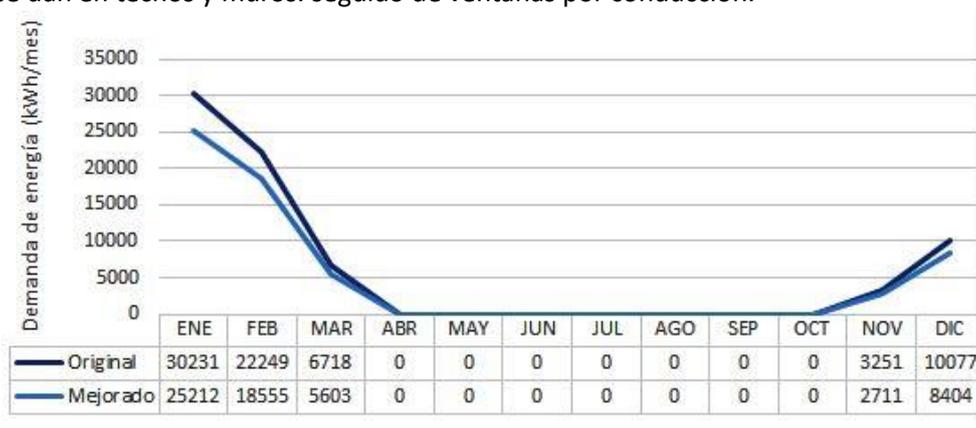


Figura 10: Comparación de la demanda de energía en refrigeración mensual del edificio original y mejorado. Situación verano.

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 31,17 % 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 199,93 kWh/m²año a 137,61 kWh/m²año. Esto muestra la necesidad de implementar soluciones en superficies vidriadas, muros y techos.

Demanda de energía Comparación anual	Calefacción		Refrigeración	
	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)	Original (kWh/mes)	Mejorado (kWh/mes)
ENE	0,00	0,00	30230,68	25212,32
FEB	0,00	0,00	22248,63	18555,30
MAR	0,00	0,00	6717,93	5602,74
ABR	7650,40	4551,08	0,00	0,00
MAY	15331,72	9120,56	0,00	0,00
JUN	23414,87	13929,08	0,00	0,00
JUL	22278,90	13253,31	0,00	0,00
AGO	22278,90	13253,31	0,00	0,00
SEP	17155,45	10205,46	0,00	0,00
OCT	5030,72	2992,68	0,00	0,00
NOV	0,00	0,00	3250,61	2711,00
DIC	0,00	0,00	10076,89	8404,11
Total	113140,96	67305,48	72524,74	60485,46
Reducción de demanda (%)		40,51		16,60

tal climatización anual original	185665,71	(kWh/año)	199,93	(kWh/m ² año)
Total climatización anual mejorado	127790,94	(kWh/año)	137,61	(kWh/m ² año)
Reducción de demanda total (%)				31,17

DECal	DECal+	DERef	DERef+
90,25	53,69	57,85	48,25
kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año	kWh/m2año
Reducc (%)	40,51		16,60

Tabla 3: Síntesis de resultados.

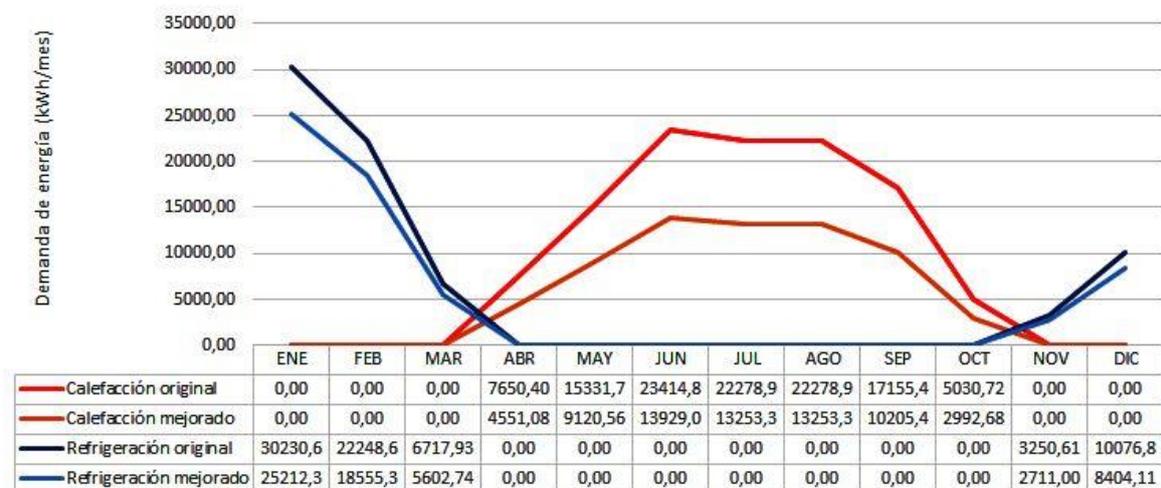


Figura 11: Comparación anual caso: Escuela Secundaria Gral. Belgrano. San A. Areco, Prov. de Buenos Aires.

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