

Evaluación del Comportamiento Higrotérmico de Locales en Estudio en la Facultad de Ingeniería – UNaM

Carlos R. Brazzola ^{a*}, María A. Derkach ^a

^a *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*
e-mails: brazzola@fio.unam.edu.ar, antonela.derkach@gmail.com

Resumen

El presente trabajo busca desarrollar una metodología para la Auditoría Energética en instalaciones de Educación Tecnológica con propuestas de mejoras en Ahorro Energético. En el desarrollo del mismo se puso énfasis sobre el ahorro de energía eléctrica, sin que ello implique una disminución del confort higrotérmico. Para esto último, se efectuó la medición y el registro de las variables Temperatura de Bulbo Seco y Humedad Relativa Ambiente, en algunos de los espacios más representativos. Se utilizaron para la medición de parámetros, adquisidores de datos marca Hobo, realizándose registros en invierno y, posteriormente en verano, permitiendo realizar un “Pre-diagnóstico”. Se introdujeron los datos relevados a un diagrama psicrométrico [1] y se analizaron los mismos, para posteriormente plantear soluciones en el caso de que exista discomfort higrotérmico. Se presentan soluciones basadas en el uso eficiente de la energía, y en medidas de ahorro energético, aportando a un estilo de vida más sostenible.

Palabras Clave – Ahorro Energético, Confort Térmico, Edificio Público de Aprendizaje, Sustentabilidad.

1 Introducción

Los cambios relacionados con los subsidios aplicados a las tarifas de los servicios públicos, y en particular, la referida a la energía eléctrica, conlleva a un aumento de los costos de producción por lo cual se deben buscar medios de ahorro energético a fines de poder, a través de estrategias adecuadas, realizar las actividades productivas/educativas sin pérdida de calidad. [2]

El ahorro de energía, su consumo responsable y el uso eficiente de las fuentes energéticas son esenciales a todos los niveles de consumo (industrial, comercial, residencial) [2] [3] impactando directamente en el uso de los recursos naturales de nuestro medio ambiente. La importancia de las medidas de ahorro y eficiencia energética se manifiesta, por un lado, en la necesidad de reducir la factura de consumo eléctrico logrando de esta manera un beneficio económico para el usuario y por otro, en garantizar una mejor calidad de vida para futuras generaciones a través del uso racional de los recursos naturales. [4] En la Facultad de Ingeniería de Oberá actualmente no se aplican suficientes procedimientos de auditoría energética para cuantificar el ahorro y la eficiencia de las medidas implementadas. Tampoco se verifican si las medidas implementadas realmente producen cambios significativos en el consumo de energía eléctrica.

El estudio técnico propuesto en este trabajo de investigación busca encontrar respuestas sobre las condiciones higrotérmicas en que se encuentran los espacios de la Facultad de Ingeniería UNaM. En el caso de que los resultados fuesen negativos, se plantearán posibles soluciones basadas en el uso de recursos naturales renovables mostrando el compromiso de la institución educativa con el medio ambiente. Esto último permitirá que se genere un ahorro en el pago de las facturas de servicio de energía eléctrica. En este sentido, el camino hacia la eficiencia energética en las empresas, comercios

*Autor en correspondencia.

e instituciones, sobre todo en el ámbito educativo, tiene un impacto socioeconómico importante para la FI – UNaM ya que no solo servirá de modelo para aplicación en otras instalaciones, sino que los procedimientos y resultados serán transferidos a los estudiantes, docentes y personal administrativo a efectos de que estos colaboren con las estrategias de implementación, medición y diagnóstico de medidas de ahorro de energía.

En otras palabras, este proyecto busca sugerir propuestas de ahorro energético sin disminuir el confort climático (identificando áreas y equipos o instalaciones susceptibles de mejora) y comprobar la implementación de las mejoras mediante nuevos balances térmicos de los locales. El ahorro de energía eléctrica se traduce directamente en beneficios económicos para aquellas organizaciones que implementen planes de auditoría energética, permitiendo ahorrar energía, sin perder productividad o dejar de usar equipamientos fundamentales para la construcción del conocimiento.

2 Metodología

En primer término, se instalaron dispositivos adquirentes de datos (HOBO Data Loggers, Figuras 1 y 2) para el relevamiento de Temperaturas (en °C) y Humedades Relativas (en %) en los siguientes espacios de la Facultad de Ingeniería UNaM: Interior Oficina de Administración, Pasillo Exterior de Oficina de Administración y Interior Aula B1. Estos locales han sido seleccionados teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores, el volumen y frecuencia de público circulante, orientación de los espacios, entre otros. Los dispositivos han sido colocados en lugares que fueron considerados como “seguros” ante posibles robos o manipulaciones innecesarias, y apartados de zonas que pudiesen modificar las condiciones naturales del ambiente (lo que llevaría a arrojar resultados inciertos, por ejemplo, zonas de radiación solar directa).

La toma de datos fue realizada desde el día 22/06/2022 al 07/07/2022 con una frecuencia de 15 minutos, correspondiendo al periodo de invierno del presente año. Los resultados obtenidos fueron volcados a el software “HOBOWare” donde se han obtenido gráficas de variación de Temperatura (en °C) VS Tiempo (en días) y Humedad Relativa (en %) VS Tiempo (en días). Con ello, los valores diarios máximos y mínimos de ambas variables, han sido introducidos en un programa de computación con base en Excel (Psiconf 1.0 de la UNLP) [5], que incluye un diagrama psicrométrico indicando áreas cuyos puntos representan condiciones en que la mayoría de las personas manifiestan sentirse confortables.



Fig. 1. Dispositivos HOBO para medición en interior.



Fig. 2. Dispositivo HOBO para medición en exterior.

3 Resultados y Discusión

Las Figuras 3, 4 y 5 representan las gráficas obtenidas del software HOBOWare y muestran la variación de Temperatura (en °C) y de Humedad relativa (en %) en función del tiempo, de los espacios estudiados en la universidad, respectivamente.

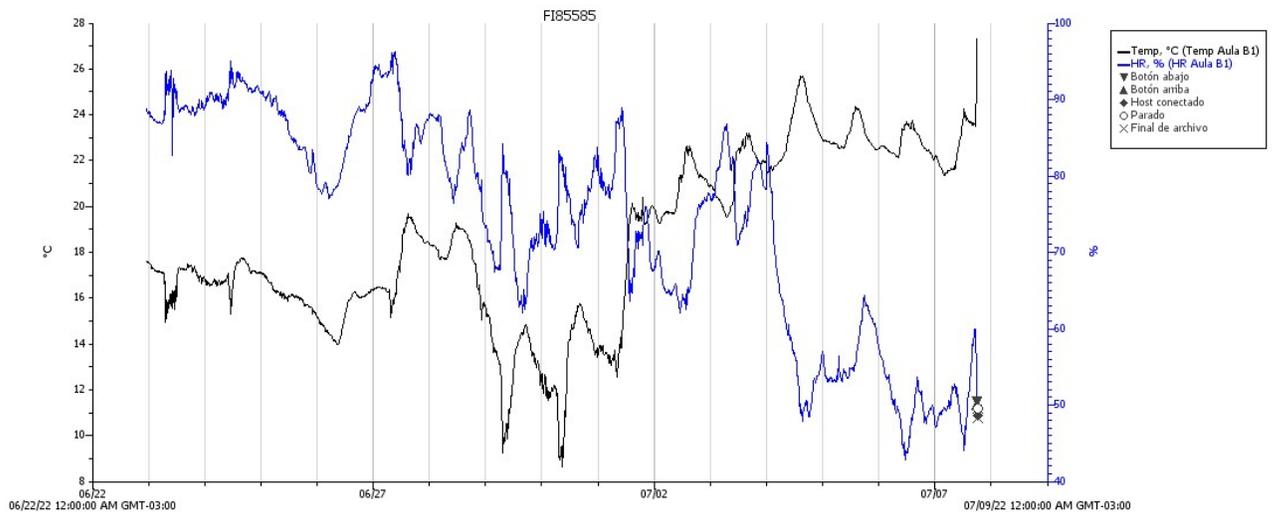
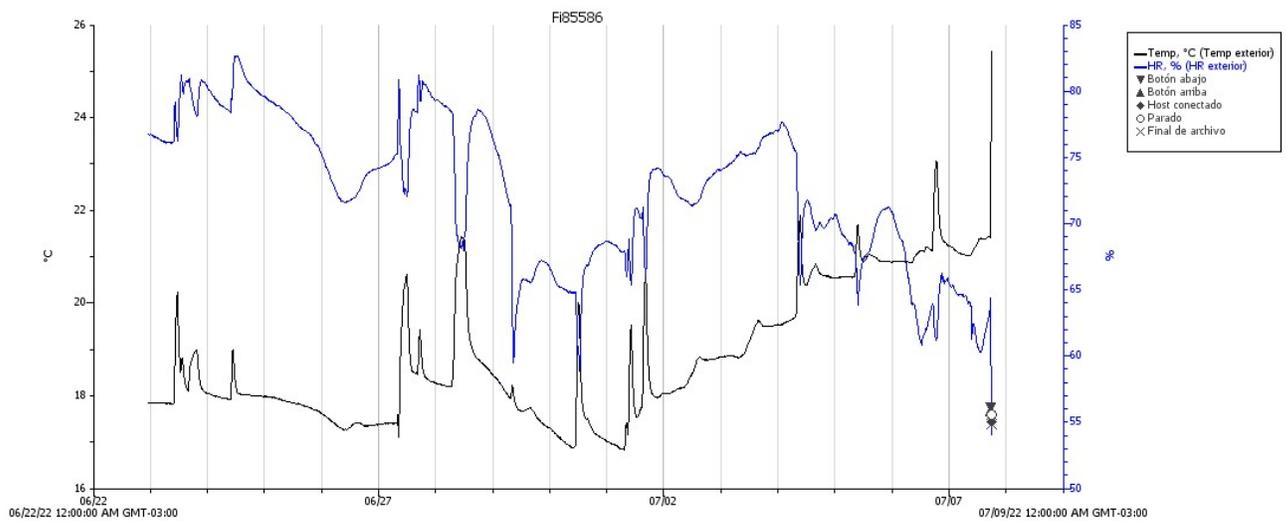
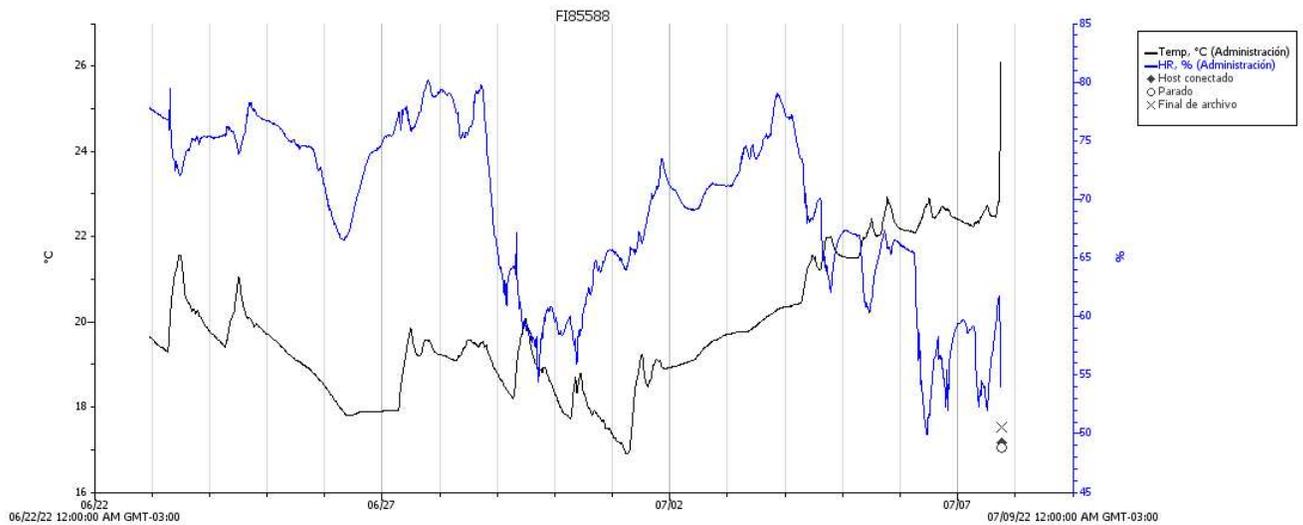


Fig. 3. Variación de Temperatura (en °C) y Humedad Relativa (en %) en función del tiempo (en días). Pasillo Exterior de Of. De Administración.



**Fig. 4. Variación de Temperatura (en °C) y Humedad Relativa (en %) en función del tiempo (en días).
Interior del Aula B1.**



**Fig. 5. Variación de Temperatura (en °C) y Humedad Relativa (en %) en función del tiempo (en días).
Interior Oficina de Administración.**

Las Tablas 1, 2 y 3 exponen los valores máximos y mínimos diarios de las variables mencionadas anteriormente, y dejan en evidencia las Figuras 6, 7 y 8 donde se muestra la evolución de las temperaturas máximas y mínimas (en °C) en función del tiempo (en días).

Tabla 1 - Máximos y Mínimos diarios de Temperatura (en °C) y Humedad Relativa (en %). Pasillo Exterior de Of. De Administración.

Lugar: Exterior Pasillo Administración									
Instrumento: HOBO F185585									
Propiedades	Fecha	22/6/2022	23/6/2022	24/6/2022	25/6/2022	26/6/2022	27/6/2022	28/6/2022	29/6/2022
Temperatura [°C]	Máxima	17,61	17,56	17,75	17,13	16,35	19,65	19,25	15,63
	Media	17,57	16,25	16,54	16,19	15,16	17,40	17,15	12,44
	Mínima	17,54	14,94	15,32	15,25	13,98	15,15	15,06	9,24
Humedad Relativa [%]	Máxima	88,72	93,86	95,05	91,09	92,66	96,30	88,56	84,23
	Media	88,42	88,29	91,95	85,15	84,88	88,16	80,97	73,17
	Mínima	88,12	82,73	88,85	79,22	77,10	80,02	73,38	62,12
Propiedades	Fecha	30/6/2022	1/7/2022	2/7/2022	3/7/2022	4/7/2022	5/7/2022	6/7/2022	7/7/2022
Temperatura [°C]	Máxima	15,78	20,42	22,61	23,21	25,70	24,34	23,74	24,25
	Media	12,21	16,49	20,94	21,36	23,57	23,41	22,89	22,81
	Mínima	8,65	12,56	19,27	19,51	21,44	22,47	22,04	21,37
Humedad Relativa [%]	Máxima	83,74	89,00	77,84	86,73	84,41	64,42	57,38	59,98
	Media	77,01	76,26	69,96	78,83	66,16	58,71	50,09	52,00
	Mínima	70,28	63,53	62,08	70,93	47,90	52,99	42,80	44,02

Tabla 2 - Máximos y Mínimos diarios de Temperatura (en °C) y Humedad Relativa (en %). Interior Aula B1.

Lugar: Interior Aula B1									
Instrumento: HOBO F185586									
Propiedades	Fecha	22/6/2022	23/6/2022	24/6/2022	25/6/2022	26/6/2022	27/6/2022	28/6/2022	29/6/2022
Temperatura [°C]	Máxima	17,85	20,23	18,99	17,99	17,61	20,61	21,44	18,47
	Media	17,85	19,02	18,45	17,80	17,43	18,86	19,82	17,88
	Mínima	17,85	17,82	17,92	17,61	17,25	17,11	18,20	17,30
Humedad Relativa [%]	Máxima	76,81	81,18	82,63	79,58	75,16	81,24	79,34	76,40
	Media	76,75	78,63	80,52	77,45	73,38	76,63	73,63	67,94
	Mínima	76,69	76,08	78,41	75,31	71,59	72,02	67,92	59,47
Propiedades	Fecha	30/6/2022	1/7/2022	2/7/2022	3/7/2022	4/7/2022	5/7/2022	6/7/2022	7/7/2022
Temperatura [°C]	Máxima	20,01	20,73	18,85	19,63	21,90	21,68	23,07	21,54
	Media	18,44	18,77	18,44	19,23	20,72	21,11	21,97	21,29
	Mínima	16,87	16,82	18,04	18,82	19,54	20,54	20,87	21,04
Humedad Relativa [%]	Máxima	68,62	74,16	74,09	77,00	77,68	71,25	70,91	65,47
	Media	63,73	69,75	72,73	75,52	71,54	67,53	65,88	62,87
	Mínima	58,85	65,34	71,37	74,05	65,39	63,81	60,86	60,27

Tabla 3 - Máximos y Mínimos diarios de Temperatura (en °C) y Humedad Relativa (en %). Interior Oficina Administración.

Lugar: Interior Oficina Administración									
Instrumento: HOBO F185588									
Propiedades	Fecha	22/6/2022	23/6/2022	24/6/2022	25/6/2022	26/6/2022	27/6/2022	28/6/2022	29/6/2022
Temperatura [°C]	Máxima	19,65	21,56	21,06	19,72	18,51	19,84	19,58	20,08
	Media	19,64	20,43	20,23	19,12	18,15	18,87	19,20	19,14
	Mínima	19,63	19,29	19,41	18,51	17,80	17,89	18,82	18,20
Humedad Relativa [%]	Máxima	77,79	79,43	78,28	76,69	74,72	80,19	79,74	67,12
	Media	77,73	75,73	76,07	74,00	70,60	77,50	72,94	60,75
	Mínima	77,67	72,03	73,85	71,31	66,49	74,81	66,15	54,39
Propiedades	Fecha	30/6/2022	1/7/2022	2/7/2022	3/7/2022	4/7/2022	5/7/2022	6/7/2022	7/7/2022
Temperatura [°C]	Máxima	18,79	19,25	19,70	20,34	22,01	22,92	22,90	26,09
	Media	18,09	18,08	19,32	20,02	21,18	22,21	22,49	24,16
	Mínima	17,39	16,92	18,94	19,70	20,34	21,51	22,08	22,23
Humedad Relativa [%]	Máxima	65,72	73,50	71,38	79,00	77,22	67,38	66,24	61,75
	Media	60,84	68,75	70,25	75,06	69,65	63,86	58,07	56,87
	Mínima	55,96	64,01	69,11	71,12	62,08	60,34	49,91	51,99

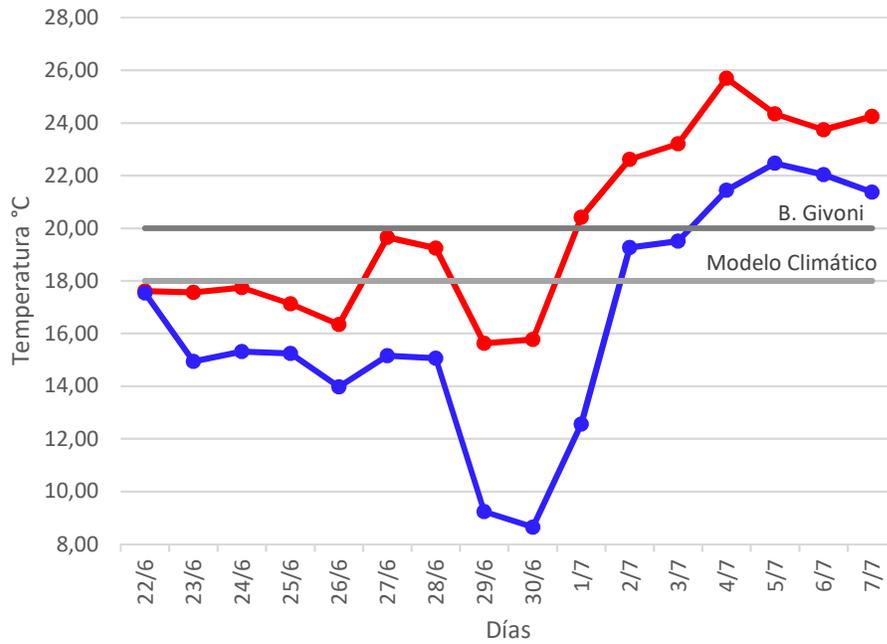


Fig. 6. Variación de Temperaturas Máximas y Mínimas diarias (en °C) Exterior Pasillo Administración.

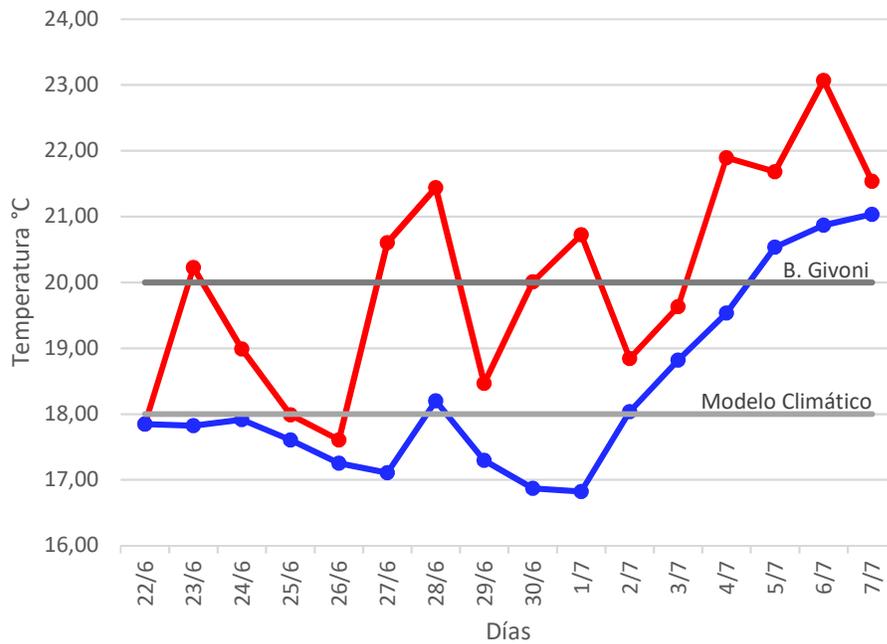


Fig. 7. Variación de Temperaturas Máximas y Mínimas diarias (en °C) Interior Aula B1.

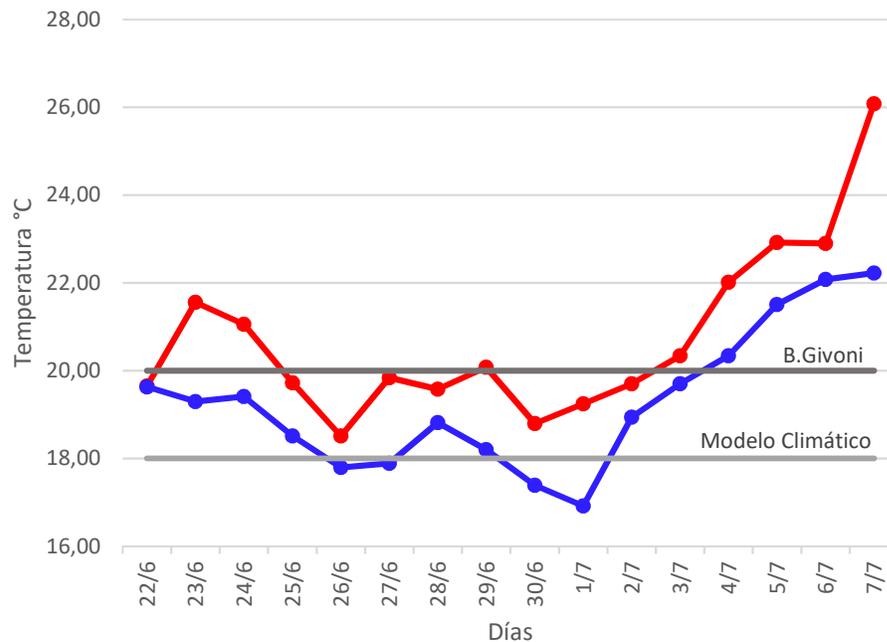


Fig. 8. Variación de Temperaturas Máximas y Mínimas diarias (en °C) Interior Oficina Administración.

De lo anterior, es posible visualizar que a lo largo del periodo analizado hay amplitudes térmicas de aproximadamente 9°C en los locales interiores y de 17°C en el pasillo exterior. Teniendo en cuenta que la zona de confort térmico en invierno según el Modelo Climático para la zona templada húmeda es de 18°C y según B. Givoni [1] es de 20°C (para una HR del 70%) se puede visualizar cuán lejos del confort se encuentran los locales estudiados. Es fácil ver que en el Pasillo Exterior de la Administración se experimentan, la mayor parte de los días, temperaturas que se encuentran por fuera del nivel de confort. [6] [7] Por otro lado, en las Figuras 9, 10 y 11 se analiza el comportamiento higrotérmico mediante el modelo bioclimático de Givoni, utilizando la planilla PSICONF [5], versión 1.0 de la UNLP. Los puntos y polilíneas de color rojo y azul, muestran la variación higrotérmica (en base a temperaturas máximas y mínimas diarias, respectivamente) de los locales a lo largo del periodo estudiado, correspondiente a la estación invernal del presente año.

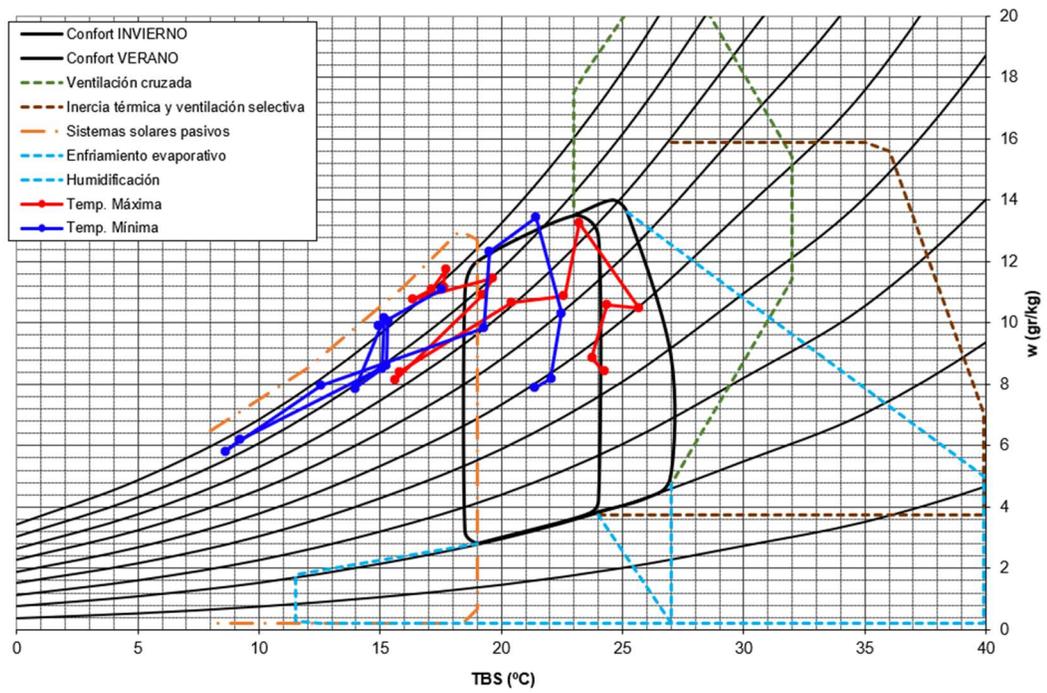


Fig. 9. Confort Higrotérmico de Exterior Pasillo Administración.

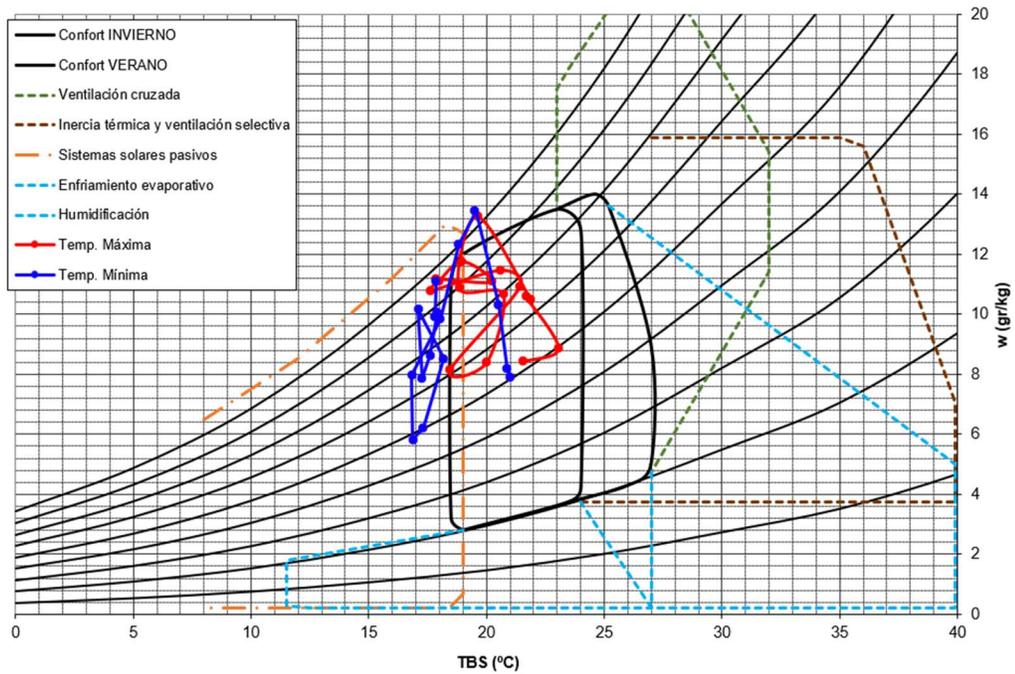


Fig. 10. Confort Higrotérmico de Interior Aula B1. [1]

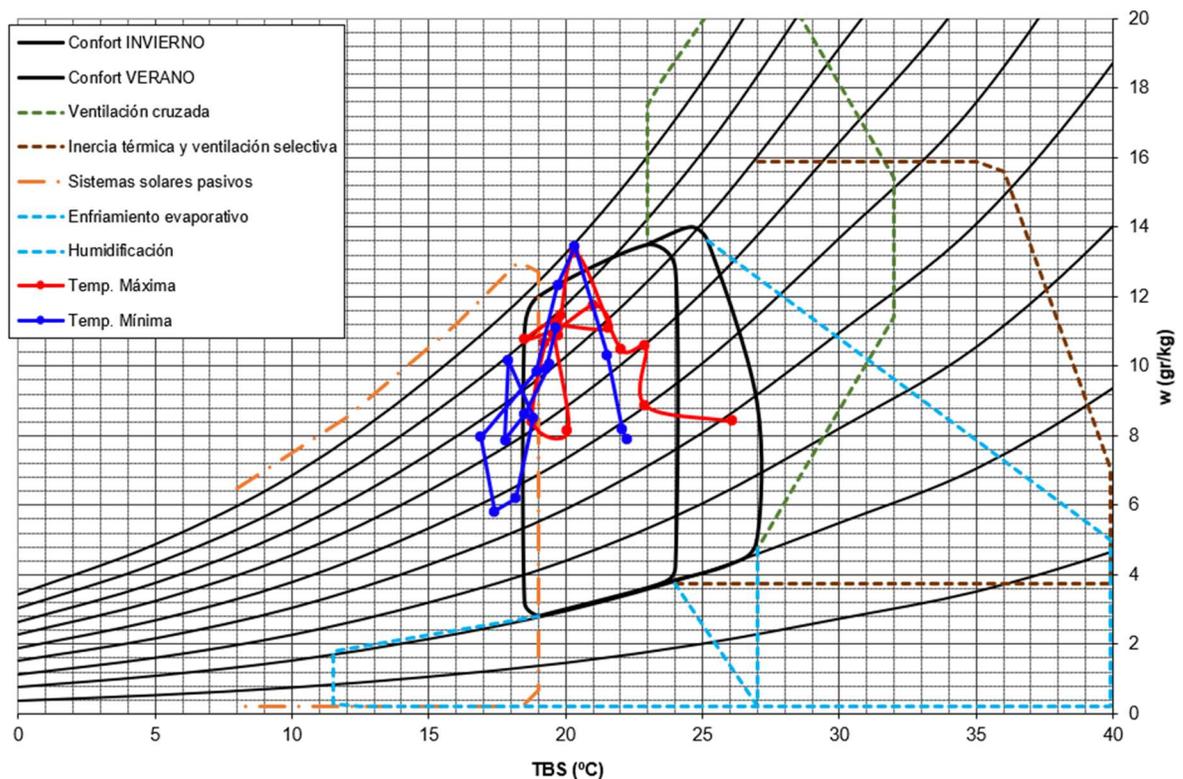


Fig. 11. Confort Higrotérmico de Interior Oficina Administración. [1]

Analizando la posición de los puntos en el diagrama, que surgen de las mediciones realizadas, con las áreas mencionadas, se determina que:

- *Caso Pasillo Exterior Administración:* con respecto a la polilínea que representa a las temperaturas mínimas diarias, se puede visualizar que más del 50% de los puntos (12/16) se encuentran por fuera de la zona de confort; por lo que una solución sería la utilización de sistemas solares pasivos, tal como la radiación solar directa. Como se trata de un pasillo que no presenta contacto directo con el sol, ni tampoco corresponde a un espacio completamente cerrado; se deberían evaluar soluciones que involucren una buena circulación del aire atmosférico de forma tal que se mantengan temperaturas confortables para el público circulante.

- *Caso Interior Aula B1:* nuevamente se tiene que la mayoría de los puntos pertenecientes a la polilínea de color azul (temperaturas mínimas) se encuentran fuera de la zona de confort, aunque cercanos a la zona de confort. La solución sería la implementación de sistemas solares pasivos. Al tratarse de un espacio cerrado y con aberturas, lo más conveniente sería el aprovechamiento de la radiación solar directa. Para ello, las aberturas deberían mantenerse, durante la mañana y la tarde, sin ningún tipo de protección que debilite o impida el pasaje de la radiación natural. Si el número de aberturas no es suficiente para climatizar el ambiente, se deberá optar por sistemas de calefacción artificiales como ser los aires acondicionados frío/caliente.

- *Caso Interior Administración:* en este caso se tiene que las mayorías de los puntos de ambas polilíneas se encuentran dentro de la zona de confort. Esto significa que bastaría con

controlar el ingreso de radiación solar directa a través de las aberturas durante el día y la tarde para mantener una zona confortable para el público.

4 Conclusiones

De la campaña invernal podemos deducir que, hasta ahora el comportamiento de las instalaciones abordadas no responden adecuadamente, pero si estableciéramos un porcentaje de rendimiento no debería encontrarse por debajo del 70%. Esto último tiene una excepción y es en el caso del Pasillo Exterior de la Administración, ya que es la zona que cuenta con mayor número de puntos por fuera de la zona de confort y, por lo tanto, debería ser al que más hincapié debería hacerse en cuanto a implementación de soluciones que mejoren el confort. Las demás zonas se podrían mejorar aún más con una correcta manipulación y control del ingreso de radiación solar directa. Resta la campaña de mediciones en verano para obtener un panorama completo del comportamiento de estos locales ya que en la provincia de Misiones predomina la estación de verano, siendo calurosas y prolongadas.

Por otro lado, la investigación no se encuentra meramente completa por falta de medición, profundización y desarrollo en otros objetivos originalmente planteados (calibración de datos con software, balances térmicos, etc.). Es un proceso que lleva tiempo y que debe ser continuo en los años para llevar a cabo cambios e implementación de estrategias que reduzcan el consumo eléctrico y mejoren el confort en todo el edificio de aprendizaje.

5 Referencias

- [1] B. Givoni, "Man, Climate and Architecture". 2nd ed. Applied Science Publishers, Londres, 1979.
- [2] Panesi, A. R. Q., Fundamentos de Eficiencia Energética Industrial, Comercial e Residencial, Sao Paulo, Jubela Livros, CDU: 621.316.9, 189 p., ISBN: 85-99823-03-5, 2006.
- [3] Academia Nacional de Ingeniería, Eficiencia Energética: situación actual y recomendaciones, un enfoque de política pública, Instituto de Energía, Documento N°3, Buenos Aires, 2012.
- [4] Aedo M. P., Larrain S., Guía Práctica para el Uso Eficiente de la Energía: Manual para Consumidores y Usuarios, LOM Ediciones, ISBN 956-7889-30-9.
- [5] Czajkowski, Jorge Daniel. Una aplicación para la traficación y análisis del confort higrotérmico, con datos de instrumental analógico o digital según el modelo de Baruch Givoni. Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable; Cátedra de Instalaciones Czajkowski-Gómez; Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 2022.
- [6] IRAM-ISO. "Auditorías ambientales. Principios generales para su realización". Norma IRAM- ISO 14010, diciembre 1996.
- [7] IRAM. "Acondicionamiento térmico de edificios". Serie de normas nacionales: 11525, 11601, 11603, 11604, 11605, 11625.

Sitios web consultados:

<https://www.argentina.gob.ar/energia/ahorro-y-eficiencia-energetica>.

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3102>.

<http://www.optimagrid.com/optimagrid/es/presentacion.php>.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141630>.