



2014 Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales



Docencia
Investigación
Extensión
Comunicaciones
Científicas y Tecnológicas
Anuales
2014

D **I** Docencia
Investigación
E **G** Extensión
Gestión



Facultad de
Arquitectura y
Urbanismo

DIRECCIÓN GENERAL:

Decano Facultad de Arquitectura y Urbanismo

DIRECCIÓN EJECUTIVA:

Secretarías de Investigación, de Extensión y de Desarrollo Académico

COMITÉ ORGANIZADOR:

Herminia ALÍAS

Andrea BENITEZ

Anna LANCELLE

Venetia ROMAGNOLI

COORDINACIÓN EDITORIAL Y COMPILACIÓN:

Secretaría de Investigación

COMITÉ ARBITRAL:

Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA / Gladys Susana BLAZICH / Mario DE BÓRTOLI / Walter Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René CANESE / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Susana COLAZO / Patricia DELGADO / Claudia FINKELSTEIN / María del Socorro FOIO / Pablo Martín FUSCO / Graciela Cecilia GAYETZKY de KUNA / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ / Delia KLEES / Amalia LUCCA / Elena Silvia MAIDANA / Aníbal Marcelo MIGNONE / María del Rosario MILLÁN / Daniela Beatriz MORENO / Bruno NATALINI / Patricia NÚÑEZ / Mariana OJEDA / María Mercedes ORAISON / Silvia ORMAECHEA / María Isabel ORTIZ / Jorge PINO / Nidia PIÑEYRO / Ana Rosa PRATESI / Liliana RAMIREZ / María Ester RESOAGLI / Lorena SANCHEZ María del Mar SOLIS CARNICER / Luis VERA.

DISEÑO GRÁFICO E IMPRESIÓN:

VIANET | Avda. Las Heras 526 PB Dto."B" | Resistencia | Chaco | Argentina | vianetchaco@yahoo.com.ar

CORRECCIÓN DE TEXTO:

Cecilia VALENZUELA

COLABORADORAS:

Lucrecia SELUY; Evelyn ABILDGAARD

EDICIÓN

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Nacional del Nordeste

(H3500COI) Av. Las Heras 727 | Resistencia | Chaco | Argentina

Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos. Impreso en Argentina. Setiembre de 2015.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores. Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

019.

CALIDAD DE AIRE AMBIENTE Y TEMPERATURA EN EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE FORMOSA

**MARTINA, Pablo¹ / CÓCERES, Héctor² / ALÍAS, Herminia³ / BARRETO, David⁴ / CORACE, Juan José⁵ /
ARCE, Jorge⁶ / COMEZANA, Carlos⁷ / RAFANIELLO CAPRA, José⁸**

pablo@ing.unne.edu.ar; h_coceres@yahoo.com.ar; heralias@arq.unne.edu.ar; davidbarreto1990_gmail.com; jcorace@ing.unne.edu.
ar; arceter@hotmail.com; cacomezana@yahoo.com.ar

1. Ingeniero Electromecánico. Docente e investigador. Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER). Depto. de Termodinámica. Facultad de Ingeniería (FI), UNNE. Resistencia, Chaco.
2. Ingeniero en construcciones. Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Docente e investigador. Facultad de Ingeniería (FI), Facultad de Arquitectura (FAU), UNNE, Resistencia, Chaco y Facultad de Recursos Naturales (FRN) de la Universidad Nacional de Formosa (UNaF), Formosa.
3. Arquitecta. Magíster en Gestión Ambiental. Especialista en Docencia Universitaria. Docente e investigadora. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), UNNE. Resistencia, Chaco.
4. Becario de investigación. Carrera de Ingeniería Civil de la FRN de la Universidad Nacional de Formosa (UNaF).
5. Licenciado en Física. Docente e investigador. Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (GIDER). Depto. de Termodinámica. Facultad de Ingeniería (FI), UNNE. Resistencia, Chaco.
- 6 y 8. Ingeniero en construcciones. Docente. Facultad de Recursos Naturales (FRN). Universidad Nacional de Formosa.
7. Ingeniero en construcciones. Especialista en Evaluación Ambiental. Docente. Facultad de Recursos Naturales (FRN) de la Universidad Nacional de Formosa (UNaF), Formosa.

RESUMEN

Se comentan los avances de un proyecto de investigación en desarrollo en la Universidad Nacional de Formosa (UNaF). Su **objetivo** es realizar una evaluación de la calidad ambiental del aire interior y del desempeño térmico-luminoso de los edificios más representativos del campus de la UNaF, lo que permitiría definir pautas institucionales para el uso racional de la energía y para el saneamiento ambiental en su edificación. Tomado como caso el edificio de la Facultad de Recursos Naturales (FRN), se exponen los resultados de mediciones de calidad de aire interior, así como de temperaturas, en una muestra de cuatro aulas, para detectar posibles problemas de contaminación ambiental y de discomfort.

PALABRAS CLAVE: edificios educativos; ambiente; temperaturas; monitoreos; energía.

DIMENSIÓN DEL TRABAJO: investigación.

INTRODUCCIÓN

La **hipótesis** del trabajo plantea que la magnitud de la demanda de energía para climatización e iluminación artificial de un edificio depende de su diseño. Un edificio "adecuado" desde el punto de vista de su desempeño higrotérmico-lumínico y ambiental, acompañado de la concientización de sus usuarios sobre la necesidad del URE y del saneamiento de la calidad del aire, puede lograr un ahorro energético sustancial, así como un mejor desempeño ambiental.

La *Calidad del Aire Interior* se refiere a las condiciones del aire dentro y alrededor de los edificios, especialmente en lo que se relaciona con la salud y el confort de los usuarios. Los contaminantes en el aire interior pueden estar en mayor cantidad que los del aire exterior (OSMAN, 2011). Por otra parte, y desde otro punto de vista, el clima local tiene una influencia importante en el ambiente térmico interior de los edificios, en los cuales sus características tecnológicas y morfológicas juegan un rol relevante en el impacto del clima y el control de las condiciones térmicas internas. La envolvente del edificio influye con su resistencia y su capacidad térmica en la estabilización de las temperaturas internas (FILIPPÍN ET AL., 2007). En este sentido, los principales centros urbanos de la región noreste argentina presentan un clima muy cálido, que determina situaciones críticas de consumo de energía para acondicionamiento ambiental de los edificios durante casi seis meses al año. La ciudad de Formosa pertenece a la zona bioambiental "I", *muy cálida* (IRAM 11603, 2012), y dentro de ella, se incluye en la subzona "a" (amplitudes térmicas mayores a 14° C).

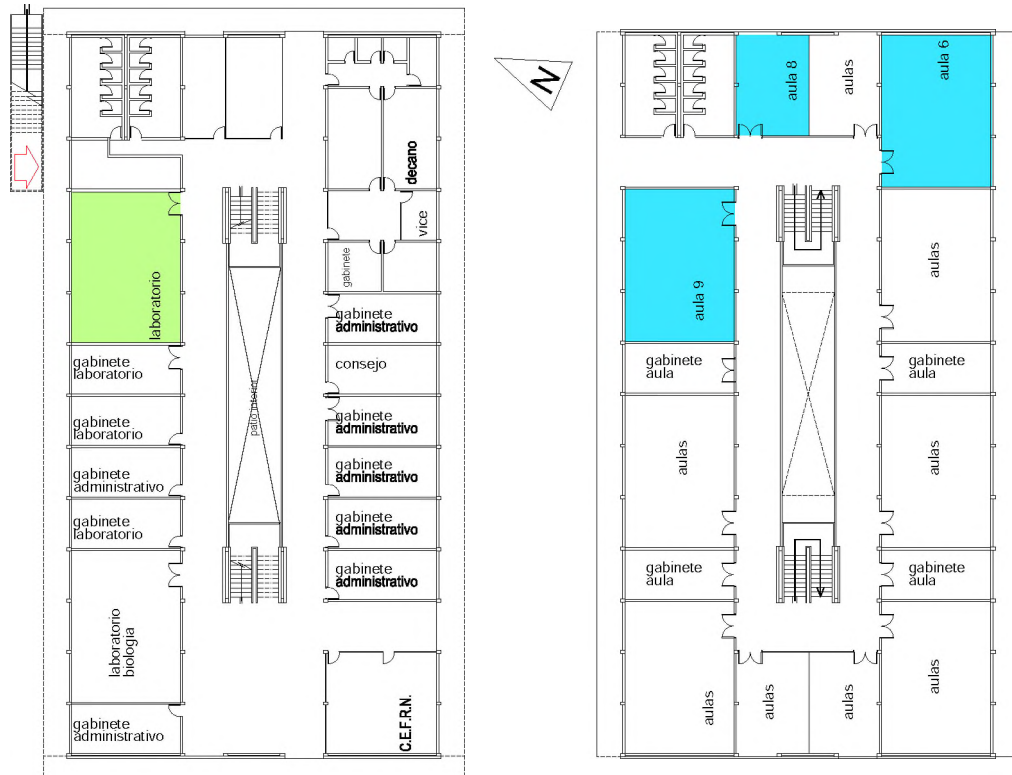
En el país existen numerosos equipos de investigación dedicados al estudio de cuestiones referidas al desempeño y funcionamiento integral de los edificios, tanto ambientalmente como desde el punto de vista de su comportamiento frente a la acción del clima. Entre dichos equipos de investigación merece citarse, por su cercanía geográfica y por la similitud climática en que se insertan los edificios estudiados, el de la cátedra *Estructuras II* de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste, así como el *Grupo de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables* (GIDER), del Depto. de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE, varias de cuyas investigaciones constituyen antecedentes directos del presente proyecto.

En este contexto, el edificio de la Facultad de Recursos Naturales (FRN), caso de análisis que se aquí se presenta, está implantado en el Campus Universitario de la UNaF, de las avenidas Gutnisky y de Pueyrredón (figura 1), en el sector sudoeste de la ciudad de Formosa (Lat.: 26,11°; Long.: 58,12° Oeste; Alt.: 65 msnm), en un área urbana de media densidad. La UNaF, formada a partir del redimensionamiento de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), absorbió las sedes de esta ubicadas en la provincia de Formosa, y alberga actualmente las facultades de Ciencias de la Educación Agraria y la de Recursos Naturales Renovables y la facultad de Humanidades y de Ciencias de la Administración y Económicas, así como profesorado y tecnicaturas dependientes de estas.



Figura 1. Fotos satelitales de la ciudad de Formosa (izquierda) y del Campus de la UNaF (derecha). Se señala el edificio de la FRN (derecha, enmarcado en un rectángulo)

Tecnología constructiva del edificio y sus parámetros higrotérmicos





Exterior laboratorio y aula 9



Exterior esquina aula 6



Exterior esquina

Figura 2. Esquemas en planta del edificio de la FRN de la UNaF, con sombreado de los locales monitoreados (página anterior) y fotografías de sectores exteriores del edificio y sus protecciones climáticas.

Las diferentes resoluciones constructivas aplicadas a los cerramientos y espacios de los edificios más representativos del Campus de la UNaF se ven representadas por la tecnología del hormigón armado, que resulta predominante, tanto en la resolución de la estructura portante como en los entresijos y cubiertas (azoteas). Esta situación se ve representada por el edificio de la FRN, que constituye el caso de análisis, dentro del campus de la UNaF. Se realizó en dicho edificio un análisis funcional, espacial y técnico-constructivo, a partir del cual se definió una muestra de cuatro locales representativos de las diferentes zonas: laboratorio de planta baja y aulas 8, 9 y 6 de planta alta (figura 2). Se aplicaron las verificaciones higrotérmicas (según normas IRAM 11601, 11605 y 11507-4) a los componentes de las envolventes de los locales de la muestra definida, que se sintetizan en la tabla I. Se verificó una baja resistencia térmica de la envolvente en general y la existencia de puentes térmicos significativos en muros y techos, representados por la estructura portante.





Locales monitoreados	Aula 8 (sensor TK_1)	Aula 9 (sensor TK_2)	Aula 6 (sensor TK_4)	Laboratorio de física y química (sensor TK_3)
Ubicación	planta alta (ver esquema)	planta alta (ver esquema)	planta alta (ver esquema)	planta baja (ver esquema)
Dimensiones	4,80mx6,70mx3,25m	7,20mx10,00mx3,25m	7,20mx10,00mx3,25m	7,20mx10,00mx3,25m
Espacio interior				
Techos	Azotea losa alivianada de hormigón.			Entrepiso losa de hormigón armado
Sup. de techo expuesta al exterior (m ²)	32,16	72,00.	72,00.	-----,
Transmitancia térmica (IRAM 11601 y 11605)	1,57 – Nivel de confort: fuera de categoría, por ser demasiado alto.			-----
Muros exteriores	Ladrillos huecos revocados exterior e interiormente. Espesor = 0,15m.			
Sup. de muro expuesta al exterior (m ²)	19,47	14,10	37,5	14,10
Transmitancia térmica (IRAM 11601 y 11605)	1,40 – Nivel de confort “C” (mínimo) (Superficie expuesta al exterior: 16,45 m²)			
Carpinterías	Ventanas marco aluminio natural y vidrio simple, sin protección exterior.	Ventanas marco aluminio natural y vidrio simple, con parasolado exterior.		
Sup. vidriada (m ²)	1,00	16,45	16,45	16,45
Transmitancia térmica (IRAM 11507-4))	5,69 - Fuera de categoría de aislación térmica, por ser demasiado alto)	1,60 - Categoría de aislación térmica “K3” (nivel intermedio)		

Tabla I. Algunos parámetros constructivos e higrotérmicos de las envolventes de las aulas monitoreadas

Calidad del aire interior según mediciones de particulado ambiental

Mediciones de material particulado en aulas del edificio de la FRN- UNaF				
Locales monitoreados	Valor promedio PM0,5 (part/ pie ³)	Valor máximo PM0,5 (part/ pie ³)	Valor promedio PM2,5 (part/ pie ³)	Valor máximo PM2,5 (part/ pie ³)
Aula 8 (Sup.: 32,16m ²)	166.000	198.500	73.090	89.600
Aula 9 (sup.: 72m ²)	135.100	168.800	32.200	49.600
Aula 6 (sup.: 72m ²)	89.900	98.900	22.000	29.200
Laborat. (sup.: 72m ²)	119.300	158.400	24.100	29.800

Tabla II. Resultados de la medición de particulado ambiental (promedio de las mediciones efectuadas cada 15 minutos en cada aula durante un lapso de una hora) en las cuatro aulas del edificio de la FRN de la UNaF

La calidad de aire interior puede ser afectada por gases (monóxido de carbono, radón, compuestos orgánicos volátiles), material particulado, microbios contaminantes (moho, bacterias) o cualquier material o factor estresante de energía que puede inducir a condiciones adversas para la salud. Los métodos principales para mejorar la calidad del aire interior en la mayoría de los edificios son la filtración y el uso de ventilación para diluir los contaminantes. Para conocer la calidad del aire interior deben recogerse muestras de aire, controlar la exposición humana a los contaminantes y elaborar modelos informáticos de flujo de aire dentro de los edificios. En este sentido, se realizó en el edificio de la FRN de la UNaF la medición de material particulado PM_{0,5} y de PM_{2,5} (partículas en suspensión en el aire de diámetro aerodinámico igual o menor a 0,5 micrones y 2,5 micrones, respectivamente). Dicha medición se llevó a cabo en los espacios interiores de los mismos locales definidos para los monitoreos térmicos, entre el 25 y el 29 de marzo de 2014, en el horario comprendido entre las 16,30 y las 17,15 (durante este lapso se realizaron mediciones cada quince minutos en cada aula), en condiciones de uso habitual y para una situación climática exterior promedio de 26,4° C, con cielo claro y con aire en calma (sin viento).

Las mediciones se realizaron a una altura de 1,50 m respecto al nivel de piso. El instrumental utilizado fue un contador de material particulado por sistema láser (marca DYLOS DC1700, cuyo caudal de aire de muestreo es fijo, de 2,83 litros/seg.). La unidad de las mediciones es la cantidad de partículas/pie³. Las características de las partículas no son especificadas por el instrumento: pueden ser granos de polvo, polen, ácaros, tierra, hollín, microcarbones, etc.

Las peores condiciones (mayor cantidad de partículas) se registraron para el aula 8, tanto en los valores promedio como en los máximos (tabla II). Dicha aula es la de menor superficie de la muestra considerada y, por otra parte, posee una superficie de ventilación considerablemente menor (ventanas elevadas y muy angostas). Las mejores condiciones se registraron para el aula 6. Los valores medidos en los cuatro locales se consideran satisfactorios, por ser inferiores a los permitidos por las Normas Argentinas de Protección del Medio Ambiente, basadas en las Normas de la EPA (Environmental Protection Agency - USA).

Mediciones de temperatura

Se determinó que los monitoreos térmicos, estivales e invernales se realizarían en las cuatro aulas indicadas en tabla I y en la figura 2 (laboratorio de planta baja y aulas 8, 9 y 6 de planta alta). El instrumental de medición consistió en sensores de temperatura (termocuplas tipo "K"), conectados a un módulo de adquisición de datos (Data Logger - Registrador Virtual *NOVUS FIELD LOGGER*, de 8 canales analógicos, conversor y software de adquisición de datos "Field Chart").

Mediciones invernales (20 de agosto al 4 de septiembre de 2013, las 24 horas de cada día): las aulas estuvieron en condiciones de uso normal. Durante el período de medición se registraron temperaturas mínimas promedio de 2° C y máximas de 33° C. La *situación más favorable* (temperaturas más altas) se obtuvo para el laboratorio, ubicado en planta baja, lo que podría explicarse por su situación resguardada en la parte superior. Las *temperaturas internas más bajas* se registraron en las aulas 8 y 6. Las temperaturas de las cuatro aulas se mantuvieron, durante aproximadamente 20 horas de cada día, por encima de las temperaturas exteriores. Solamente estuvieron 1° C, en promedio, por debajo de las exteriores en horas de máxima exterior. En cambio, se mantuvieron siempre unos 7° C en promedio por encima de las temperaturas exteriores en las horas de mínima exterior.

Mediciones estivales (29 de noviembre al 16 de diciembre de 2013): durante este período se registraron temperaturas mínimas promedio de 22° C, y máximas de 42° C. La *situación más favorable* (temperaturas más bajas) se obtuvo, al igual que para el registro de invierno, para el laboratorio. Las *temperaturas internas más altas* se registraron en las aulas 6 y 9, que poseen mayores superficies de envolvente expuestas al exterior. Las temperaturas de las cuatro aulas se mantuvieron amortiguadas con respecto a las temperaturas exteriores (con máximas que resultaron, en promedio, 4° C inferiores a las máximas exteriores, y con mínimas 4° C superiores a las mínimas exteriores).

En síntesis, se han detectado **en invierno** temperaturas interiores que durante el 50 % del período de registro se hallaron por debajo del límite inferior de la franja de confort regional, definida entre 19° C y 28° C (ALÍAS ET AL., 2011), y **en verano**, temperaturas interiores que, durante el 75 % del período de registro, se hallaron por encima del límite superior de la franja de confort regional.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo expone los avances de un proyecto de investigación en curso en la UNaF. **El principal aporte**, más allá de los resultados específicos obtenidos respecto de las variables analizadas hasta el momento, **lo constituye la metodología de análisis y evaluación empleada, así como los métodos y técnicas específicos utilizados en cada caso, que permiten la recolección de datos sistemáticos y precisos respecto del objeto de estudio, para una posterior sistematización y formulación de un diagnóstico**, que permita la interpretación de dichos datos a la luz de cuerpos teóricos específicos. Esta metodología resulta válida para la evaluación de cualquier tipología edilicia, en sus aspectos ambientales e higrotérmicos.

Resta aún encarar los monitoreos y análisis lumínicos interiores en diferentes épocas del año y su contrastación con normativa vigente, en función de la tipología y orientaciones de las aberturas existentes. Los resultados obtenidos hasta el momento mediante las mediciones de calidad del aire ambiente de la muestra de locales del edificio son satisfactorios. Por su parte, los resultados del monitoreo térmico de dicho edificio definen un desempeño tal que se hacen necesarias propuestas de mejoramiento de las envolventes de los locales, que contribuyan a la reducción del consumo eléctrico para climatización artificial, a la vez que resulten transferibles al mejoramiento de las condiciones de otros edificios del campus de la UNaF.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- ALÍAS, H. M. *et ál.* (2011). "Simulaciones de desempeño térmico de aulas de la Facultad de Arquitectura de la UNNE y contrastación con mediciones en días de invierno". En: *AVERMA*, Vol. 15. Pp. 05.37 a 05.45.
- FILIPPÍN C., FLORES LARSEN S. y FLORES L. (2007). "Comportamiento energético de verano de una vivienda másica y una liviana en la región central de Argentina". En: *AVERMA*. Vol. 11. Pp. 05.17 a 05.23.
- INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM). *Normas Técnicas Argentinas* 11601 (2002); 11603 (2012); 11605 (1996) y 11507-4 (2010). Buenos Aires, Argentina.
- OBSERVATORIO DE SALUD Y MEDIO AMBIENTE DE ANDALUCÍA (OSMAN) y FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2011). *Calidad del aire interior*. Junta de Andalucía. Madrid, España. ISBN 978-84-964-5934-8. Pp. 5; 10.