

Ventilación de espacios de trabajo en edificios de oficina y su influencia sobre la eficiencia energética

Ventilation of work spaces in office buildings and its influence on energy efficiency



Ernesto Kuchen ernestokuchen@fau.unsj.edu.ar

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat – Universidad Nacional de San Juan – San Juan, Argentina



RESUMEN

Palabras clave

Ventilación mecánica,
Ventilación natural,
Eficiencia energética,
Factor de ocupación

La eficiencia energética del edificio se ve afectada cuando se incrementa el aporte de confort al usuario. La calidad del aire de espacios interiores determina “estrategias de ventilación”, que difieren en natural o mecánica. Hoy en día constituye una variable de importancia en el balance de costos de funcionamiento para el edificio. En cuanto a ello, el objetivo del trabajo es evaluar el empleo de diferentes estrategias de ventilación y el grado en que se ve afectada la eficiencia energética. Para ello, se lleva a cabo un estudio de campo en 60 espacios de trabajo, distribuidos en dos edificios con variantes en el sistema de ventilación. La base de datos para el análisis se obtiene a partir de mediciones y encuestas a los usuarios. Para la evaluación de los resultados se consideran las exigencias de estándares internacionales y el diagnóstico del usuario. Entre los resultados se observa que un incremento sobre el factor de ocupación del edificio conduce a la incorporación adicional de equipamiento de consumo eléctrico, elevando demandas de calidad de aire, ventilación y climatización. Sobre ello se encuentran enormes potenciales de acción sobre los cuales se pueden efectuar cambios para garantizar la eficiencia de edificios en funcionamiento.

ABSTRACT

Key Words

Natural ventilation,
Mechanical ventilation,
Energy efficiency,
Occupation rate

The energy efficiency of buildings is affected when trying to improve levels of user comfort. Indoor air quality determines which ventilation strategies to implement, either natural or mechanical. Nowadays, this decision has become an important variable when balancing the operative costs of a building. Accordingly, this work aims to evaluate different ventilation strategies and their performance in regards to energy efficiency. A field study was carried out in sixty workspaces in two buildings featuring differences in ventilation systems. The database for the analysis was obtained from measurements and user questionnaires. Results were evaluated based on the requirements set by international standards and user observations. Results showed that an increase in the occupation rate in buildings lead to the incorporation of additional equipment with a consequent increase in electrical load, as well as further demands on air quality, ventilation and air conditioning. The study detected important opportunities for action in which changes could be made to ensure the improved efficiency of operating buildings.

1. Introducción

El edificio de la administración pública en Argentina es estudiado por concentrar enorme cantidad de actores sociales y, por ello, es un escenario propicio para generar conciencia colectiva en temas de interés como: eficiencia energética, cuidado de recursos y confort en general. La ventilación y el número de renovaciones de aire en interiores conduce a una mejora en la calidad de vida y productividad de los usuarios en tareas de oficina (Wyon, 2000). Producto de la respiración y la baja ventilación, un incremento del porcentaje de CO₂ (dióxido de carbono), en aire, indica una disminución de calidad del aire (Mølhav et al., 1997). La ventilación tiene efectos positivos sobre la salud, sobre todo cuando se tiene la posibilidad de control de apertura de ventanas (Gossauer et al., 2006). En espacios con ventilación natural (NAT), es la única estrategia para mejorar la calidad del aire.

El aporte de grados de libertad al usuario en la apertura de ventanas, conduce a un incremento en la satisfacción del usuario (ISSO 74, 2004). Normas internacionales definen umbrales de calidad del aire, en función de la concentración del gas CO₂ (DIN EN 13779, 2007), requerimientos mínimos en ventilación (ASHRAE 62, 2010), efectividad de las renovaciones de aire (ASHRAE 129, 1997), etc. Los usuarios no son receptores pasivos del aire que respiran (Wyon, 2000), ya que superadas ciertas concentraciones de CO₂, reaccionan sin poder adaptarse a menores valores de renovación que les sean impuestas, lo cual es posible en edificios con ventilación mecánica (Edificios MEC).

En este trabajo de campo se evalúan las ventajas de la ventilación natural y mecánica, la calidad del aire y eficiencia energética del edificio. Para ello se llevan a cabo mediciones y encuestas en 60 espacios de trabajo distribuidos en dos edificios en la ciudad de San Juan, Argentina. Los resultados indican que la renovación de aire por ventanas en edificios NAT, no es garantía para obtener mejores valores de eficiencia energética y por el contrario, la falta de equipamiento para calefacción suele conducir la incorporación de equipamiento adicional (Ej.: estufas eléctricas), sin un control adecuado sobre el régimen de uso. Por otro lado, mantener la calidad del aire en recintos de

edificios MEC mediante el control de renovaciones de aire por el sistema de climatización podría conducir finalmente a ahorros de energía. Estos resultados pretenden servir de aporte, ya que valores conocidos de concentración de CO₂ permitirían abordar estrategias de ventilación natural, mecánica y sus combinaciones, en pos de hacer más eficientes los sistemas y cuidar los recursos energéticos involucrados en el funcionamiento del edificio.

2. Desarrollo

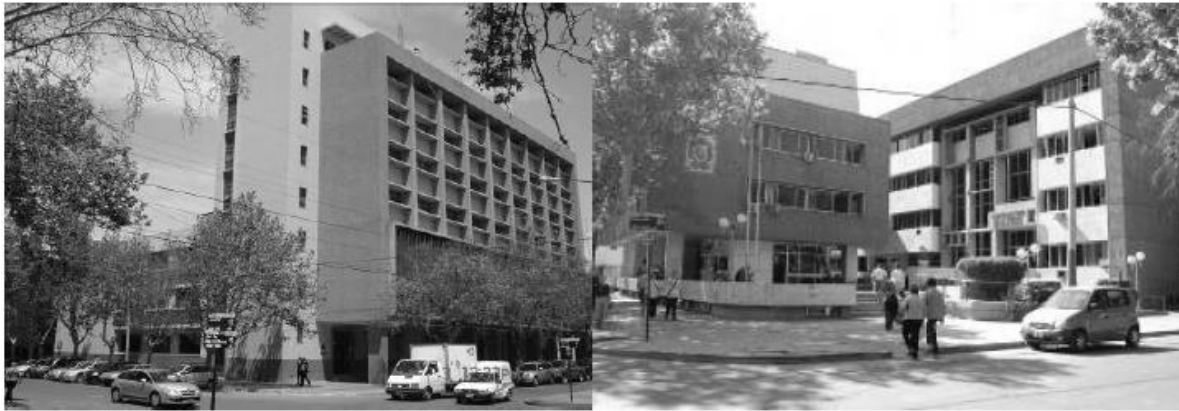
2.1 Objeto de estudio

Se toma el espacio de trabajo en edificios de oficinas de la administración pública de la ciudad de San Juan, Argentina. Se miden 60 unidades, distribuidos en dos edificios con diferencias en ventilación y climatización. El Edificio Central de la Universidad Nacional de San Juan, en adelante ECU (construido en 1952), con ventilación mecánica (en adelante MEC) y el Edificio de la Municipalidad de la Capital de San Juan, en adelante MUN (1976), con ventilación natural (en adelante NAT), (Figura 1). Ambos se proyectan para el plan de reconstrucción (San Juan, terremoto de 1944), se emplazan sobre el eje cívico institucional de la ciudad, en zona bioambiental IIIa (ver Norma IRAM 11603), con clima templado cálido, media anual de temperatura exterior de 17,2°C y de humedad relativa del 53%.

Ambos se proyectan bajo criterios del movimiento moderno e incorporaciones regionalistas del tipo "Bioclimáticas". Características como aridez, elevada radiación solar, amplitud térmica, baja humedad ambiente y vientos del sector sudeste, se combinan en una arquitectura pasiva, resuelta mediante: inercia térmica, uso de parasoles, variación del porcentaje de vidrio según orientación de fachadas en ambos. En ECU predomina un desarrollo longitudinal este-oeste del sector oficinas. Además de variaciones en el sistema de ventilación/climatización se detectan diferencias destacables que se exponen en los resultados.

2.2 Sistemática de medición

A diferencia de la medición de un período extenso (longitudinal), se practica una observación puntual, de tipo transversal, de variables de análisis en tres estaciones del año



ECU "Edificio Central de la Universidad Nacional de S. Juan"
ECU "Central Building of the. National University of S. Juan"

MUN "Edificio de la Municipalidad de la Capital de S. Juan"
MUN "Provincial town hall building"

Figura 1: Edificios analizados, con diferencias en el sistema de ventilación/climatización.
Figure 1: Analyzed buildings with differences in the heating, ventilation and air conditioning systems.



Sensor de CO₂, - Marca:Telaire
7001
CO₂-Sensor – Brand:Telaire7001



CABLE-CO₂ de conexión
CO₂-Cable connection



Acumulador de datos HOBO U12-
006
Data logger HOBO U12-006

Figura 2: Sensor para medición móvil en relevamiento del gas dióxido de carbono, CO₂.
Figure 2: Equipment for the mobile measurement of carbon dioxide, CO₂.

(invierno, período transitorio y verano). Se sistematiza la medición a fin de obtener información de la mayor cantidad de espacios, durante una jornada representativa de cada período de estudio.

La sistemática de medición móvil consiste en trasladar el instrumental de la medición dentro del edificio. Se comienza a primera hora de la mañana. El registro se toma junto al lugar de trabajo (escritorio) a $0,90 \pm 0,20$ m sobre el nivel de piso terminado. El intervalo de medición es de 1' (minuto). El período de adaptación del sensor es de 3' y la medición dura 5'. Para el traslado al siguiente espacio de trabajo deben contemplarse 5' adicionales.

Paralelamente a la medición, el usuario responde una encuesta corta mediante escalas

de valor verificadas en la norma (ISO 10551, 2002), sobre aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos (Kuchen, 2008). La encuesta constituye una medición de tipo subjetiva. A través de un relevamiento ocular y en simultáneo a la medición de cada espacio de trabajo, el asistente de medición vuelca datos sobre una planilla en forma manual, considerando: características de la fachada, ventanas y puertas (tipo y estado de apertura), tipo de parasol, orientación, dimensiones, estado del cielo, estado de funcionamiento del sistema de ventilación/climatización, cantidad de personas, origen de emisión de olores que puedan afectar la calidad del aire, etc. (Kuchen et al., 2009).

En total el procedimiento dura no más de 10 minutos por espacio y considerando el desplazamiento de los sensores, es posible

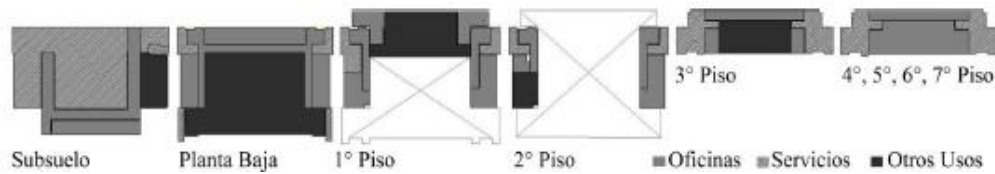


Figura 3a: Distribución en usos para el Edificio ECU.
Figure 3a: Building use distribution in the ECU Building.



Figura 3b: Distribución en usos para el Edificio MUN.
Figure 3b: Building use distribution in the MUN Building.

relevar 4 (cuatro) espacios por hora. El sensor de CO₂ empleado es un Telaire 7001, sensibilidad ± 1 ppm, tiempo de respuesta menor a 60" y precisión ± 50 ppm 2%, a temperatura del aire (t_a) de 25°C, intervalo de 0-2500 ppm para $0^\circ\text{C} < t_a < 50^\circ\text{C}$ y $0\% < \text{humedad relativa (RH)} < 95\%$. Los datos de medición se colectan mediante acumulador de datos (datalogger) tipo HOBO U12-006 conectado al sensor por CABLE-CO₂ (Figura 2).

A fin de obtener datos adicionales para la evaluación del funcionamiento energético se consideran: la potencia instalada en equipos de ventilación/climatización, iluminación, artefactos de consumo eléctrico y aquellos que se prevé que generan una demanda importante de energía (Ej.: ascensores). El ente regulador de energía es quien aporta el registro de consumos históricos del edificio. Mediante esta metodología se pretende evaluar la influencia de variantes de ventilación sobre la eficiencia energética del edificio.

3. Resultados

A continuación se exponen resultados en relación con diferencias detectadas en la distribución de superficie útil, el factor de ocupación (espacios de oficina), la calidad de aire (medición), régimen de ventilación natural (apertura de ventanas), satisfacción del usuario (encuesta) y demanda/consumo de energía en climatización, iluminación y aparatos de consumo eléctrico.

3.1 Superficie útil

De la superficie total del edificio en bruto, se discriminan una neta y otra útil. Esta última es de interés en la evaluación energética ya que es aquella en donde se involucran las mayores demandas de energía del edificio en equipamiento, ventilación, climatización, iluminación, etc. Por ello, los indicadores de eficiencia se toman en la unidad de $[\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{útil}}\cdot\text{a}]$.

La discriminación de superficie útil para el análisis conduce a definir tres Sectores en: Oficinas (espacios de trabajo y pasillos), Servicios (sala de máquinas, baños, ascensores y escaleras) y Otros Usos (Hall, circulaciones, archivos, salas de reuniones). En Figura 3a se muestran las plantas tipo de ECU con una superficie total de 5.320 m². De la cual el 46% se distribuye en Oficinas, 30% en Servicios y un 24% en Otros Usos. En Figura 3b se observa la división para MUN con un total de 5.421 m² que se divide en un Bloque A de 3.664 m², distribuida en 62% Oficinas, 13% Servicios y 25% Otros Usos y un Bloque B de 1.757 m², con un 63%, 10% y 27% respectivamente. En ambos edificios predomina la superficie destinada a Oficinas (espacios de trabajo).

3.2 Factor de ocupación

Es un indicador de uso del espacio interior para evaluar necesidades de ventilación, cargas térmicas y demandas energéticas por oficina. A modo de comparación la Figura 4 muestra que en MUN se destinan 2,5 m² de superficie útil por

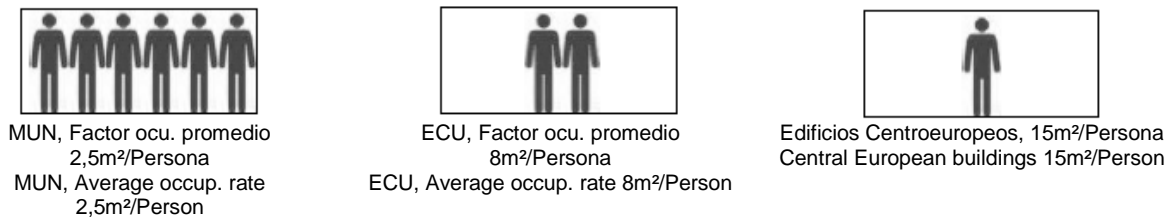


Figura 4: Factor de ocupación. A modo de comparación con referencia a cantidad de usuarios en 15m².
 Figure 4: Occupation rate, a comparison with reference to user quantity in 15m².

persona. En ECU, es menor con 8m²/Pers. En edificios demostrativos tomados como referentes en eficiencia energética, se da un promedio de 15m²/Pers.

El incremento del factor de ocupación en los edificios locales exige aumentar el número de renovaciones de aire para mejorar la calidad del aire interior (ASHRAE 62, 2010) e introducir mayor cantidad de equipamiento en oficinas, afectando las cargas térmicas de verano y solicitando el sistema de ventilación/climatización. Estas condiciones exigen evaluar la calidad del aire en interiores y el consumo energético del edificio.

3.3 Mediciones

Para la evaluación de la calidad del aire se toman datos obtenidos de mediciones y encuestas de los usuarios y se contrastan con el estándar de referencia DIN EN 13779, 2004.

Dióxido de Carbono

La cantidad de gas dióxido de carbono CO₂ es indicador de uso del aire/necesidad de ventilación. Concentraciones elevadas pueden ser perjudiciales para la salud (Mølhav, 2003). Es conocido que el aire exterior posee una concentración promedio de CO₂ de 380 ppm, aunque en zona urbana se registran valores superiores de hasta 440 ppm (Zambrano; Fumo, 2008). La frecuencia de renovaciones de aire se ve afectada por las exigencias de calidad de aire en el interior de espacios de trabajo. El período de invierno limita la frecuencia de apertura de ventanas para la renovación en edificios del tipo NAT. La Tabla 1, muestra las categorías que propone la norma DIN EN 13779 y el período describe la calidad del aire en función de las concentraciones de CO₂ en [ppm].

Tabla 1: IDA “Aire interior”. Clasificación de la calidad del aire según la norma alemana DIN EN 13779, 2007. Fuente: DIN, 2007.

Table 1: IDA “Indoor Air”. Classification of air quality according to DIN EN 13779, 2007. Source: DIN, 2007

Categorías	Descripción de la Calidad del Aire	Intervalos de Concentración de CO ₂
IDA 1	Especial	CO ₂ ≤ 400 ppm
IDA 2	Alta	400 < CO ₂ ≤ 600 ppm
IDA 3	Mediana	600 < CO ₂ ≤ 1000 ppm
IDA 4	Baja	CO ₂ > 1000 ppm

De los 60 espacios, se toman 135 mediciones en MUN y 121 en ECU a lo largo de los tres períodos. Aunque más del 85% de los espacios MEC poseen ventanas operables, se supone que el sistema de ventilación permite asegurar condiciones mínimas de renovación de aire. En espacios NAT, no es posible mantener adecuada ventilación si no se recurre a la apertura de ventanas, estrategia que debe implementarse en invierno inclusive.

La Figura 5 muestra datos relevados de ambos edificios durante el período de invierno, es decir, cuando la estrategia de ventilación se ve mayormente afectada. La suma de frecuencias de valores de medición en espacios con diferentes estrategias de ventilación y se superpone la referencia a edificios Centroeuropeos (Kuchen et al., 2009). De los resultados, se observa que el 85% de los casos en espacios NAT y el 75% en espacios MEC, la concentración de CO₂ se ubica entre 600-1000 ppm y que según referencia, se corresponde con una calidad de aire “media” (Tabla 1). El 15% de los espacios NAT y el 20% de espacios MEC, no superan el límite de 600 ppm (calidad “alta”). Por otro lado, ninguna medición en espacios NAT se

encuentra por encima del valor admisible de 1000 ppm (calidad “baja”). En edificios Centroeuropeos predominan valores más elevados de CO₂ que en edificios locales. Hay que considerar que la estrategia de ventilación en estos últimos se orienta a bajar al mínimo las renovaciones de aire para obtener mejoras en eficiencia energética a partir del concepto de recuperación térmica.

Ventilación manual

En la Figura 6 se muestran valores de concentración de CO₂ máximo, mínimo, desviación estándar y promedio en período de invierno, transitorio y verano de ambos edificios. Estos se comparan con la información del estado de apertura de ventanas, “si/no” del relevamiento simultáneo a la medición. En invierno, no se observa apertura significativa de ventanas. Lo notable de ello es que el edificio NAT no presenta valores elevados de CO₂. La mayor dispersión de datos se da en invierno en el edificio MEC. En período transitorio se observa un mínimo incremento de apertura de ventanas en el edificio MEC y cercano al 25% en el edificio NAT. Los valores de concentración de CO₂, son similares para ambos edificios y según Tabla 1 con predominio de calidad de aire “media”. La apertura de ventanas en NAT se incrementa del invierno al período de verano y aun así no se traduce en una variación significativa en la concentración del gas, de lo cual se deduce que es posible contar con baja estanqueidad del cerramiento de fachada y elevadas infiltraciones de aire. En el edificio MEC se observa un aumento considerable de la apertura de ventanas en verano.

En estrategias de ventilación natural, el usuario posee la libertad de accionar manualmente la apertura de ventanas en ambos edificios. Este único medio de renovación del aire en edificios NAT es una estrategia válida para asegurar condiciones térmicas y de calidad de aire aceptables, que se incrementa en uso del invierno al verano en un proceso de adaptación térmica continuo. En el edificio MEC la estrategia de ventilación por ventanas no es recomendable para una mejora de la eficiencia energética del edificio, ya que las renovaciones de aire deben ser controladas por el sistema de ventilación mecánica. Los motivos de emplear esta estrategia en ambos edificio y la frecuencia de ello conducen a evaluar la opinión del usuario.

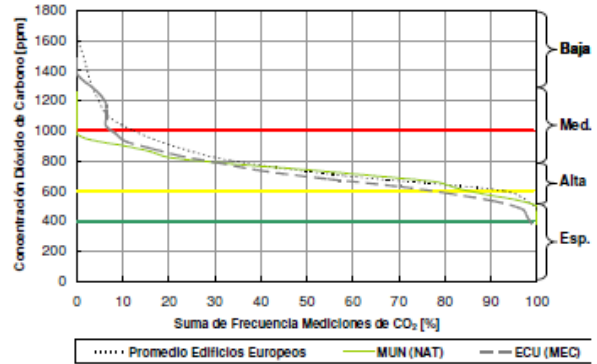


Figura 5: Sumatoria de frecuencias de valores de medición de la concentración de CO₂ en espacios NAT y MEC. Promedio de edificios Centroeuropeos. Límites/categorías definidas en la norma DIN EN 13779. Fuente: Kuchen, 2008.

Figure 5: Sum total of frequencies of measured CO₂ values in NAT and MEC spaces. Average of central european buildings (Kuchen, 2008). Limits / categories according to DIN EN 13779. Source: Kuchen, 2008.

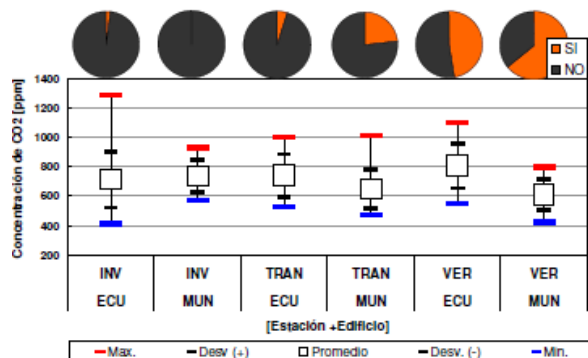


Figura 6: Porcentaje de apertura de ventanas (si/no) en cada período y edificio. Valores máximos, mínimos, medios y desviación estándar en períodos de invierno (INV), transitorio (TRA) y verano (VER). Fuente: Kuchen 2008.

Figure 6: Percentage of window openings (yes/no) in each period and building. Maximum, minimum, average and standard deviation in winter (INV), spring and fall (TRA) and summer (VER). Source: Kuchen, 2008.

3.4 Encuesta

Se trata de una encuesta corta de 2 (dos) páginas que el usuario responde simultáneamente a la medición con sensores. Entre otros, la encuesta se enfoca sobre las percepciones de olores, calidades del aire, térmicas y visuales. En ECU se llevan a cabo 157 encuestas y en MUN, 135 encuestas en los tres períodos de estudio: invierno, período transitorio y verano.

Presencia de olores

Para el análisis sobre la presencia de olores, el usuario responde la pregunta: “En su lugar de trabajo percibe olores:”, pudiendo indicar “si/no”. De modo sorprendente, la Figura 7 muestra una similitud de opinión entre usuarios de ambos edificios. En principio se podría estimar que más de 60% de los usuarios percibe olores en sus espacios de trabajo.

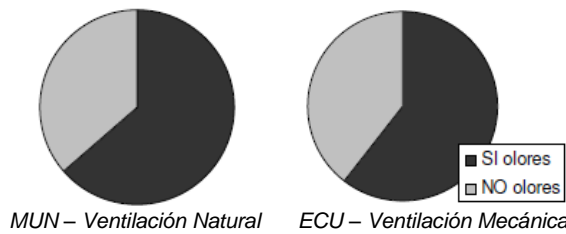


Figura 7: Distribución porcentual del voto de sensación de olores “si o “no”.
Figure 7: Percent distribution of answers to the smell sensation question, “yes” or “no”.

Calidad del aire

En la encuesta, el enunciado sobre calidad del aire dice: “En este instante, percibo la calidad del aire como:”, que se valora mediante una escala de 7 puntos (Figura 8), elaborada mediante los requerimientos idiomáticos locales, propuestos por la norma EN ISO 10551, 2002, con valores que van desde 1 (muy mala calidad), pasando por 2 (mala), 3 (levemente mala), 4 (regular), 5 (levemente buena), 6 (buena), hasta 7 (muy buena calidad de aire).

Muy mala	○	○	○	○	○	○	○	Muy buena
----------	---	---	---	---	---	---	---	-----------

Figura 8: Escala de siete puntos para definir la calidad del aire en la encuesta del usuario.
Figure 8: Seven-point scale to define air quality on the user questionnaire.

Sobre esta escala los que votan 1, 2 y 3, se consideran insatisfechos, los que votan 4 se consideran indiferentes y los que votan 5, 6 y 7, satisfechos con la calida del aire (Kuchen et al., 2009). La Figura 9 muestra la distribución porcentual del voto de satisfacción, en relación a los valores de concentración de CO₂ para valores de hasta 600 ppm y hasta 1000 ppm, medidos en espacios de oficina. Se observa que al elevarse la concentración del gas CO₂, se obtiene un incremento de disconformidad en el edificio NAT del 20 %. En el edificio MEC el incremento de disconformes es despreciable, cercano al 2%, pudiendo entender que los usuarios de espacios

NAT son más sensibles a cambios en la calidad del aire. Como se observa en Figura 5 y Figura 6, no se dispone de valores significativos para elaborar diagramas de distribución para concentraciones mayores a 1000 ppm.

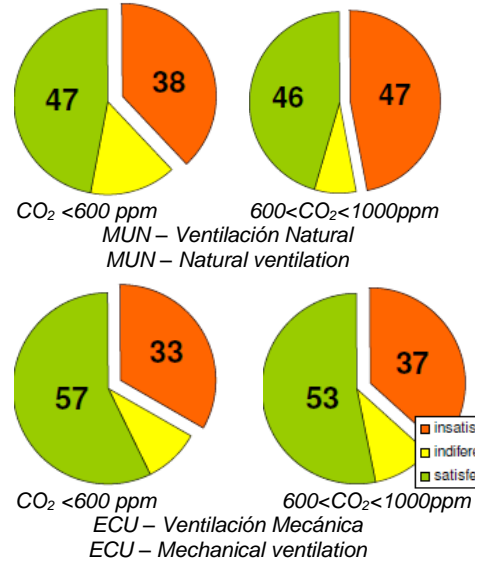


Figura 9: Distribución porcentual del voto de calidad del aire por los usuarios en: insatisfechos, indiferentes y satisfechos.
Figure 9: Percent distribution of user opinion on air quality: dissatisfied, indifferent and satisfied.

3.5 Valores de energía

Consumo de energía final

Los valores de consumo son suministrados por el ente regulador de la energía. El consumo real de energía final en ECU-MEC es de 161,1 kWh/m²a. En MUN-NAT se eleva con factor 3, sobre ECU-MEC, con 496 kWh/m²a, superando el valor de la tarifa contratada.

Equipamiento por oficina

Se prevé que gran parte de la demanda de energía puede estar afectada por el equipamiento de espacios de trabajo, ítem que se denomina “Artefactos Eléctricos”. Los valores se obtienen de medir 21 espacios reales de trabajo en el Bloque A y 14 en el Bloque B del edificio MUN-NAT. En ECU-MEC se consideran 25 espacios de oficina. La Figura 10 muestra una distribución porcentual de demandas que genera el equipamiento de ambos edificios, donde se destacan las “Estufas eléctricas” con el 42%, seguidas de “PC” (CPU) con el 31% en MUN-

NAT y en ECU-MEC, "PC" con el 43% seguido de "Estufas Eléctricas" con el 20%. Esto conduce a comparar con la demanda energética global de cada edificio.

Demanda energética

En relación con estándares internacionales de eficiencia, la demanda de energía se calcula sobre los ítems de análisis: Ventilación, Refrigeración, Calefacción e Iluminación. En MUN-NAT, la demanda calculada sobre estos ítems en el sector Oficinas asciende a 451,5 kWh/m²a, de lo cual, el Bloque B es responsable de más del 70% debido a la existencia equipamiento sobredimensionado para climatización, incorporado recientemente. En ECU-MEC, la demanda de Oficinas asciende a un total de 153,6 kWh/m²a.

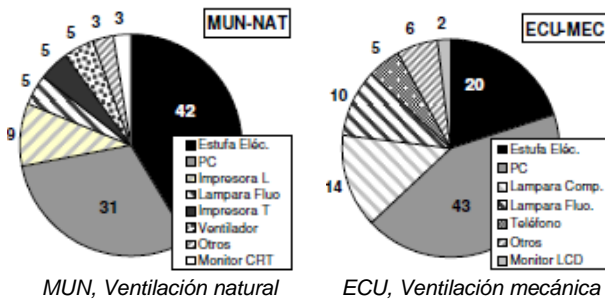


Figura 10: Distribución porcentual de "Artefactos Eléctricos".
Figure 10: Percent distribution of "Electric devices".

La Figura 11 muestra la distribución porcentual de ambas demandas discriminadas en los ítems de análisis y se comparan con la distribución porcentual del valor de referencia para edificios demostrativos de Centroeuropa, pertenecientes al Programa EnBop (Energie Betriebsoptimierung), que significa: optimización energética del edificio en su etapa de funcionamiento (ver EnBop 2008 y Kuchen et al., 2009). En estos edificios se pretende alcanzar una demanda de PE (Energía Primaria) de 100 kWh_{Prim}/m²_{Util}a para cubrir necesidades de ventilación, calefacción, refrigeración e iluminación. En el análisis se incorpora la información del ítem "Artefactos Eléctricos". El ítem "Artefactos Eléctricos" constituye un gran problema por resolver.

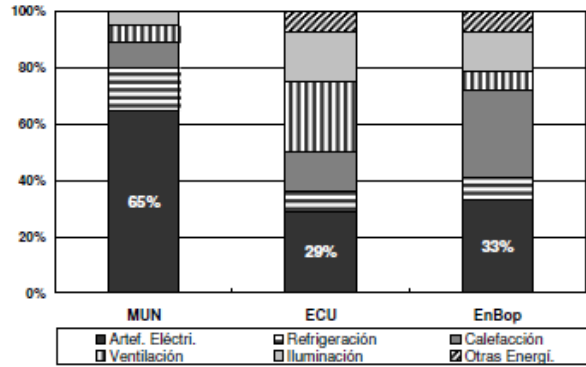


Figura 11: Distribución porcentual de demandas energéticas en los dos edificios analizados y referencia al Programa EnBop.
Figure 11: Percent distribution of energy demands in the analyzed buildings and the EnBop Program.

En MUN-NAT la distribución de demanda se ve afectada fuertemente por el ítem "Artefactos Eléctricos" con el 65% sobre el total. La supremacía de este ítem sobre los demás se debe al elevado factor de ocupación del espacio de trabajo y a la incorporación de gran cantidad de "Estufas Eléctricas" para cubrir demandas de calefacción. En este edificio, el ítem "Refrigeración" y "Calefacción" se cubre mediante el uso de acondicionadores tipo Split frío/calor, de potencias variables.

Potenciales de eficiencia energética

Los resultados indican elevados potenciales de eficiencia para ambos edificios, elaborar propuestas de solución y evaluar su viabilidad como solución al problema del uso de la energía. Una lista de 10 acciones para ambos edificios pretende servir de guía en la toma de decisiones a la hora de producir mejoras, que se inician con soluciones de baja inversión y que conducen a ahorros inmediatos.

Para MUN-NAT:

- Control de ejecución en todo tipo de tareas de saneamiento y de monitoreo del funcionamiento edilicio.
- Reducción Factor de Ocupación.
- Reducción de "Artefactos Eléctricos" por Espacio de Trabajo.
- Prohibición Uso de "Estufas Eléctricas" o incorporación Equipamiento adicional.

- Control on/off Split frío/calor en función del Clima Exterior + Sensor de Presencia Usuarios.
- Semáforo indicador Apertura de Ventanas en función de Concentración de CO₂.
- Actualización de "Artefactos Eléctricos" por "Artefactos Eléctricos Eficientes" Clase "A++"
- Incorporación Sistema de Climatización Central frío/calor.
- Saneamiento Fachada, disminución de Infiltraciones de Aire por Cierre Hermético en Ventanas.
- Saneamiento de Fachada, aislación térmica del paramento exterior.

Para ECU-MEC:

- Control de ejecución en todo tipo de tareas de saneamiento edilicio y de monitoreo del funcionamiento.
- Prohibición Uso de "Estufas Eléctricas" o incorporación Equipamiento adicional.
- Control Renovaciones de Aire mediante 1 (un) Sensor medición de CO₂.
- Control on/off Sistema de Calefacción y Refrigeración en función del Clima Exterior.
- Set-Point de Temperatura Variable, Calefacción/Refrigeración en función del Clima Exterior.
- Control on/off Apertura de Ventanas versus Control on/off Difusor de Ventilación.
- Actualización de "Artefactos Eléctricos" por "Artefactos Eléctricos Eficientes" Clase "A++"
- Control on/off Apertura de Parasoles móviles en Fachada versus Control Ganancia Solar Directa.
- Saneamiento Fachada, disminución de Infiltraciones de Aire por Cierre Hermético en Ventanas.

- Saneamiento de Fachada, aislación térmica del paramento exterior.

4. Conclusiones

El edificio de la administración pública, además de tener la función social de recibir elevado afluente colectivo, es escenario propicio para gestionar cambios de conciencia populares. En general, y en relación al uso de los recursos energéticos, se observa una enorme deficiencia producto del bajo mantenimiento y uso indiscriminado de las instalaciones. La envolvente (fachadas) de edificios construidos hace más de 40 años no es saneada bajo las exigencias de estándares dedicados al cuidado y conservación de la energía y las nuevas intervenciones no suelen ser controladas sus ejecuciones.

El mínimo de eficiencia se atribuye a soluciones del tipo "Bioclimáticas" previstas en la etapa de proyecto. El uso energético se ve afectado por cambios en el régimen previsto para el funcionamiento del edificio. Por ejemplo: la incorporación de Recursos Humanos (personas), no llega a ser motivo de cambios en la estructura de funcionamiento. La sobre ocupación del espacio de trabajo lleva a incluir equipamiento adicional, afectando fuertemente la eficiencia del funcionamiento.

El porcentaje de usuarios que indican percibir olores en los edificios analizados en este trabajo, es elevado (>60%). Aún así, la ventilación por Ventanas suele ser una estrategia empleada sólo en el período de verano y con marcada frecuencia en el edificio de la Municipalidad (MUN). Los bajos niveles de concentración de CO₂ (promedio = 736 ± 111ppm) y la baja apertura de ventanas en invierno es claro indicio del mal estado de la envolvente en ambos edificios. Estos valores muestran el elevado nivel de renovación natural de aire por infiltraciones/baja estanqueidad de la fachada. El relevamiento permite ver que no existe disminución de la calidad del aire en relación a los valores exigidos por la norma de referencia y por el voto de calidad emitido por los usuarios en la encuesta, existe un elevado porcentaje de usuarios disconformes aún en presencia de valores admisibles.

En general se resuelve que, en ambos casos, el funcionamiento del edificio está al servicio del confort del usuario. No se prevé el

cuidado del uso de recursos energéticos con tal de dar respuesta a necesidades personales. De los edificios analizados, se observan mejores valores de consumo y demanda de energía en el edificio Central de la UNSJ (ECU), considerado con climatización total (MEC), por poseer un sistema centralizado para el tratamiento del aire de ventilación.

A diferencia de ello en el edificio MUN, con ventilación natural (NAT), la incorporación de equipamiento para el confort térmico no se ve ligada a una estrategia para el funcionamiento eficiente. El empleo indiscriminado de la “Estufa Eléctrica”, el elevado Factor de ocupación del espacio de trabajo (2,5m²/Persona), la extensa superficie destinada a Oficinas en el edificio (>60%), y la instalación de Splits frío/calor para el acondicionamiento de los espacios, se combinan en un resultado trágico para la eficiencia del edificio: Se supera el valor de la tarifa contratada al servicio de energía provocando multas sobre el consumo energético que paga el Estado Nacional a los entes de suministro de origen privados.

En una serie de recomendaciones, los potenciales de eficiencia se abordan mediante propuestas de solución que pretenden servir de guía a la búsqueda de un equilibrio entre cuidado de energía y calidad de vida de los usuarios. Según el estándar EnBop, el seguimiento del funcionamiento durante la vida útil del edificio conduciría a mejoras de hasta el 30% sobre la eficiencia energética. La posible intervención de las líneas de acción propuestas serán monitoreadas y los resultados expuestos en futuras publicaciones.

Agradecimientos

Se agradece al MINCyT (Ministerio de Ciencia y la Tecnología de la Nación Argentina), al CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Argentina) y la UNSJ (Universidad Nacional de San Juan), por el fomento a investigadores vinculados a este trabajo, desarrollado en el marco del Proyecto de Investigación PICT2009-0014.

Referencias Bibliográficas

ASHRAE 129 (1997) Measuring Air Change Effectiveness. American Society of Heating,

Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE 62 (2010) Ventilation for acceptable indoor air quality. Public review draft, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

DIN EN 13779 (2007) Lüftung von Nichtwohngebäuden. Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen.

EN ISO 10551 (2002) Ergonomie des Umgebungsklimas. Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklima unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen.

EnBop (2008) Energie Betriebsoptimierung. <http://www.enob.info>

Gossauer, E.; Leonhart, R.; Wagner, A. (2006) A Survey on Workplace Occupant Satisfaction. A Study in Sixteen German Office Buildings. Proceedings of EPIC, Lyon Francia.

IRAM 11603 (1996) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Argentina.

ISSO-74 (2004) Thermische Behaaglijkheid, Publication 74, ISSO, Rotterdam, Holanda.

Kuchen, E. (2008) Spot monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäude. Tesis Doctoral. Universidad Técnica de Braunschweig, ISBN 978-3-89959-783-7, 203 Pag., Tönning, Alemania.

Kuchen, E.; Fisch, M. N.; Leão, M.; Toledo-Borges, E. (2009) Optimum Indoor Air-Quality defined by Measurements and Questionnaires in German Office Buildings. *Bauphysik* 31 (5), 313-318.

Kuchen, E.; Plesser, S.; Fisch, M.N. (2012) Eficiencia energética y confort en edificios de oficina. El caso alemán. *Revista Hábitat Sustentable* 2(2), 34-44.

Mølhav, L.; Clausen, G.; Berglund, B. (1997) Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigation. *Indoor Air*.

Mølhav L. (2003) Organic compounds as indicator of air pollution, *Indoor Air* 13(6), 12-19.

Wyon, D. (2001) Enhancing Productivity While Reducing Energy Use in Buildings, *E-Vision 2000: Key Issues That Will Shape Our Energy Future - Summary of Proceedings*. 233-253.

Zambrano, J.; Fumo, N. (2008) Valoración de la calidad del aire de la biblioteca UNET con base a niveles de CO₂. *Revista Ciencia e Ingeniería* 29(2), 207-212

Recibido: 10|10|2013
Aceptado: 26|11|2013