

**DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DEL AIRE EN ESPACIOS DE TRABAJO EN EL EDIFICIO  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, ARGENTINA**

**A. Alonso<sup>1</sup>, E. Kuchen<sup>2</sup>, E. Toranzo<sup>3</sup>**  
Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa)  
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)

Av. Ignacio de la Roza 590 Oeste. Complejo Universitario "Islas Malvinas" –CPA: J5402DCS – Rivadavia – San Juan  
Tel. 0264-4233259 – e-mail: alcion88@hotmail.com

*Recibido: 13/08/12; Aceptado: 27/09/12*

**RESUMEN:** Asegurar condiciones de higiene del aire mediante sistemas de ventilación y apertura de ventanas adecuados, conduce a mejorar la productividad de los usuarios en sus tareas y a prevenir el síndrome del edificio enfermo. La norma DIN EN 13779 (2007), indica valores de referencia sobre calidad del aire en función de la concentración de CO<sub>2</sub>. Es objetivo diagnosticar y definir condiciones de habitabilidad para usuarios de espacios de trabajo. Para ello, se llevan a cabo mediciones con sensores y encuestas en diferentes épocas del año. La correlación de los datos del relevamiento permite elaborar indicadores de calidad. Se observa que los límites de calidad propuestos por la norma son estrictos pudiendo afectar la eficiencia del edificio ya que más del 90% de las mediciones revelan nivel de calidad de aire “media”, sobre lo cual, sólo el 15% de los usuarios manifiestan disconformidad.

**Palabras clave:** edificio de oficina, calidad del aire, DIN EN 13779, eficiencia energética, adaptación del usuario.

**INTRODUCCIÓN**

El confort del usuario de espacios de trabajo y la eficiencia energética del edificio constituyen áreas del conocimiento que afectan el desarrollo de una arquitectura amigable con el medio ambiente y que exigen ser resueltas de manera conjunta. El monitoreo durante la vida útil del edificio permite corroborar/corregir su buen/mal funcionamiento, prever gastos innecesarios de energía, evitar emisiones al ambiente y garantizar condiciones de calidad a sus usuarios.

La insatisfacción frecuente de usuarios de espacios interiores se debe a efectos térmicos, visuales, acústicos y de la calidad del aire. El hacer prevalecer el aporte de un máximo confort frecuentemente compromete el alcance de una eficiencia energética en el edificio. En la actualidad se pasa más de un tercio del día dentro de espacios interiores, por lo que es necesario asegurar condiciones de calidad del aire (Venegas, 2010). La mala calidad, suele conducir al Síndrome del Edificio Enfermo, SBS (Sick-Building-Síndrome), el cual se manifiesta a través de síntomas de enfermedad en los usuarios que trabajan dentro del mismo (ver también OMS, Organización Mundial de la Salud).

Hoy, basándose en la habilidad de adaptación de los usuarios, se persigue la reducción del consumo energético afectando al mínimo los niveles de confort. La ausencia de normativas nacionales dedicadas a cuantificar la cualidad del aire conduce a considerar normas internacionales que establecen requerimientos mínimos en ventilación para definir la calidad del aire interior (ASHRAE 62, 2001), indicar niveles de concentración de CO<sub>2</sub> admisibles (DIN EN 13779, 2007), efectividad de las renovaciones de aire (ASHRAE 129, 1997), calidad del aire mediante sistemas de ventilación mecánica (CEN 1752, 1996), definición de la calidad del aire en términos porcentuales de insatisfacción de los usuarios para locales con climatización (UNE 100-011, 1991), etc. En las presentes normas, se llega a concluir que el CO<sub>2</sub> [ppm], es un gas indicador del nivel de calidad del aire y que niveles elevados afectan la concentración y productividad de usuarios en sus tareas de oficina.

Este trabajo nace en el seno del proyecto PICT304/10 "Eficiencia Energética y Confort en Espacios de Trabajo" (EEC), mediante el cual se estudian una serie de edificios en términos de eficiencia energética y calidad ambiental. Como objeto de estudio se presenta el Edificio Central de la UNSJ (Universidad Nacional de San Juan) y se somete a un estudio de campo a lo largo del período anual. La obtención de datos sobre el consumo de energía, la percepción de calidad del aire a usuarios mediante encuestas y mediciones de la concentración de CO<sub>2</sub> con sensores, permite encontrar correlaciones, tendencias y hacer predicciones sobre la calidad ambiental interior. Para la evaluación se emplea la norma DIN EN 13779 (2007), el criterio del usuario con su voto de percepción y la observación in situ sobre particularidades generalizables en espacios de trabajo.

Se pretende hacer un aporte al conocimiento mediante la validación de valores de referencia de calidad del aire en locales interiores de trabajo, así como para el futuro desarrollo de normativas nacionales y profesionales dedicados al control de la calidad del ambiente interior de edificios y el funcionamiento de sistemas de ventilación natural y mecánica.

<sup>1</sup> Becaria CICITCA-UNSJ

<sup>2</sup> Investigador CONICET

<sup>3</sup> Becaria CICITCA-UNSJ

## DESARROLLO

### *Descripción general del objeto*

El edificio, sede Central de la Universidad Nacional de San Juan, identificado con la sigla ECU, se construye entre 1949 y 1952, consolidando parte del eje cívico institucional de la ciudad, luego del plan de reconstrucción con origen en el terremoto de 1944 que afecta significativamente a la ciudad de San Juan.

Para la época, se construyen una gran cantidad de edificios destinados a la administración pública, los cuales presentan notables influencias del movimiento moderno. ECU tiene un diseño que se adapta al clima local, lo cual lo destaca respecto de otros con funciones similares. En 2004, se lleva a cabo un saneamiento general, se renuevan el sistema de climatización frío/calor, el cerramiento de la fachada y se reestructura el uso de los espacios (Revista UNSJ, 2004).

El Edificio ECU se emplaza a la altitud de 630 metros sobre el nivel del mar y queda definido en la latitud 31,6° Sur, longitud 68,5° Oeste. Según Norma IRAM 11603 (1996) se ubica en la zona bioambiental IIIA con clima templado cálido, con una temperatura exterior media anual de 17,2°C y humedad relativa del 53%. En la región se destacan la elevada radiación solar, las amplitudes térmicas diarias y estacionales, la predominancia de vientos del sector sudeste y las bajas precipitaciones.



Figura 1: Edificio Central de la Universidad Nacional de San Juan (ECU)

ECU es un edificio totalmente climatizado. Se orienta predominantemente a mediodía. La parte superior de fachada Norte posee un 30% de superficie vidriada. El sector de oficinas se ubica sobre fachada Sur con un 60% de superficie vidriada de tipo DVH, lo cual le aporta buena iluminación natural y posibilidad de realizar ventilación cruzada, en forma manual.

ECU cuenta con un subsuelo que es abastecido por el sistema de climatización central. A excepción de éste, el resto del edificio posee ventilación natural por ventanas. Para el análisis, ECU se sectoriza por funciones predominantes. Se identifican tres sectores, cuyas superficies corresponden en un 45,9% a Oficinas (espacios de trabajo), un 30% a Servicios (sala de máquinas, archivo, baños, ascensores y escaleras) y un 24,1% a Otros Usos (hall, sala de convenciones, sala de teatro, sala del concejo superior).

### *Relevamiento de datos*

La medición y encuesta simultáneas posibilitan un relevamiento de tipo transversal en verano, invierno y período transitorio y en diferentes espacios de trabajo elegidos aleatoriamente considerando la estratificación por piso y según la orientación del edificio (ver figura 2).

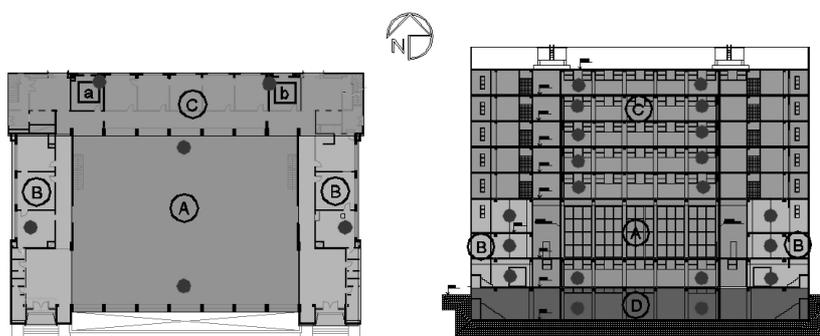


Figura 2: Sistemática de medición en distintos espacios de trabajo en planta y corte (puntos oscuros).

La estratificación por piso conduce a tomar el registro en tres espacios diferentes, sumando un total de 25 espacios relevados y analizados (ver Figura 3). La medición se basa en recolectar información de la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior de espacios de trabajo. La misma comienza a las 8:00, en el nivel de subsuelo, y finaliza a las 12:00 hs en el séptimo piso,

siguiendo un recorrido continuo. El intervalo de medición es de un minuto. En cada espacio de trabajo, se consideran 3 minutos para la aclimatación de los sensores, 5 minutos adicionales para la medición y 2 minutos para el traslado del instrumental al siguiente espacio a medir. El sensor móvil se ubica a  $0,90 \pm 0,20$  m sobre el nivel de piso terminado.

Sección	Orientación	Piso	Hora	Zonificación	Número
1	Sur	Subsuelo	08:00	Sector Da	-1SDa
2	Sur	Subsuelo	08:10	Sector Db	-1SDb
3	Sur	Planta Baja	08:20	Sector A	0SA
4	Norte	Planta Baja	08:30	Sector A	0NA
5	Norte	Planta Baja	08:40	Sector Ca	0NCa
6	Norte	Planta Baja	08:50	Sector Cb	0NCb
7	Este	Planta Baja	09:00	Sector B	0EB
8	Oeste	Planta Baja	09:10	Sector B	0OB
9	Este	Primer piso	09:20	Sector B	1EB
10	Oeste	Primer piso	09:30	Sector B	1OB
11	Norte	Primer piso	09:40	Sector Ca	1NCa
12	Norte	Primer piso	09:50	Sector Cb	1NCb
13	Este	Segundo piso	10:00	Sector B	2EB
14	Oeste	Segundo piso	10:10	Sector B	2OB
15	Sur	Segundo piso	10:20	Sector B	2SB
16	Norte	Tercer Piso	10:30	Sector Ca	3NCa
17	Norte	Tercer piso	10:40	Sector Cb	3NCb
18	Norte	Cuarto piso	10:50	Sector Ca	4NCa
19	Norte	Cuarto piso	11:00	Sector Cb	4NCb
20	Norte	Quinto piso	11:10	Sector Ca	5NCa
21	Norte	Quinto piso	11:20	Sector Cb	5NCb
22	Norte	Sexto piso	11:30	Sector Ca	6NCa
23	Norte	Sexto piso	11:40	Sector Cb	6NCb
24	Norte	Séptimo piso	11:50	Sector Ca	7NCa
25	Norte	Séptimo piso	12:00	Sector Cb	7NCb

Figura 3: Tabla de programación de sistemática de medición por espacio según la estación del año.

La concentración del gas CO<sub>2</sub> se toma con sensor tipo TELLAIRE 7001 (ver Figura 4) y un acumulador de datos tipo Hobo U12-006 (ver Figura 5). El instrumental de medición se traslada a diferentes espacios de oficina dentro del edificio. Simultáneamente con la medición móvil se lleva a cabo una encuesta corta para el usuario del espacio. La encuesta posee dos carillas y se refiere a aspectos psicológicos, fisiológicos y físicos del usuario en relación con el ambiente interior. La encuesta se responde mediante escalas de valor y se elabora sobre la base de los objetivos propuestos y en relación al modelo desarrollado en el trabajo de (Kuchen 2008).



Figura 4: Sensor de dióxido de carbono tipo Telaire 7001



Figura 5: Acumulador de datos tipo HOBO U12-006

Las preguntas se enfocan a aspectos de la calidad del aire, percepción de olores e influencia sobre calidades térmicas y visuales (Kuchen et al., 2011). 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 (ver Figura 6), elaborada mediante requerimientos idiomáticos 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.

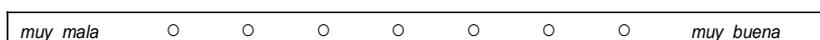


Figura 6: Escala de siete puntos para definir la calidad del aire, por el usuario.

Para el análisis sobre la presencia de olores, el usuario valora la fuente y frecuencia con que los percibe y si son de origen interno o externo. Para ello, el enunciado dice “Indique origen y frecuencia con que se suceden los siguientes olores en su espacio de trabajo: ” y se responde mediante el cuadro de la Figura 7.

	( interior )							( exterior )	
	Personas	Humo de tabaco	Cocina y Baño	Impresora	Productos Limpieza	Mobiliario Alfombra	Aire Acondic.	Gases Automóvil	Acequia Cloaca
Siempre	<input type="radio"/>								
A menudo	<input type="radio"/>								
Rara vez	<input type="radio"/>								
Nunca	<input type="radio"/>								

Figura 7: Origen y frecuencia en la percepción de olores en espacios interiores de trabajo.

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 indicando el tipo y cantidad de artefactos de consumo eléctrico, las características de la fachada, ventana, parasol, orientación, dimensiones, estado de funcionamiento del sistema de calefacción o refrigeración, ventilación, cantidad de personas, etc.

En un paso posterior se relevan la potencia de los equipos de ventilación y climatización, así como de aquellos que se prevé que generan una demanda importante de energía dentro del edificio. Además, se solicita el registro de consumos históricos del edificio al ente regulador de energía para la evaluación de la eficiencia energética. Como valores de referencia para el análisis se consideran las exigencias propuestas por el programa EnOB (Energie Optimiertes Bauen), de origen alemán y que significa: Optimización energética de la construcción.

## EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos extraídos de las mediciones y de las encuestas permiten la evaluación de la calidad ambiental de espacios de trabajo durante la jornada laboral y encontrar posibles mejoras del funcionamiento del edificio respecto de valores de consumo energético. En el relevamiento se llevaron a cabo 121 mediciones/observaciones y se recolectaron 172 encuestas.

### Indicadores de calidad del aire

Del relevamiento sobre aspectos vinculados a la calidad del aire en espacios interiores de trabajo, se detectan diferentes indicadores de calidad útiles en la evaluación cuantitativa y cualitativa de los aspectos de interés. Entre los indicadores se encuentran aquellos vinculados a la calidad ambiental como: el nivel de concentración de CO<sub>2</sub> [ppm], la frecuencia de apertura de ventanas [%], la frecuencia en la percepción de olores [%], el origen de la fuente de olores [ - ], el criterio de la norma DIN EN 13779 [ppm] y aquellos relacionados con la eficiencia energética del edificio, tales como: el porcentaje de renovación de aire por el equipo de ventilación [%] y la demanda de energía del equipo de ventilación [kWh/m<sup>2</sup>a].

### Calidad ambiental en ECU

Con el propósito de evaluar la calidad del aire, se establece una correlación entre las encuestas y las mediciones. Los resultados de la medición se contrastan con las exigencias propuestas por la Norma DIN EN 13779 (2007). La observación in situ permite elaborar algunas conclusiones relevantes.

La Figura 8 muestra la suma de frecuencia de valores de medición de CO<sub>2</sub> realizadas en los espacios de trabajo en los períodos de verano, transitorio e invierno. En casi la totalidad de espacios analizados, las ventanas pueden ser accionadas manualmente. La Figura 8 muestra una marcada diferencia de valores de concentración de CO<sub>2</sub> en el período de verano, durante el cual cerca del 90% de las mediciones se sitúan por debajo de la línea de 600ppm, es decir “Alta” calidad, según indica la Norma de referencia DIN EN 13779 (2007) (ver límites en Tabla 1). Respecto de ello, en período transitorio no más del 20% y en invierno menos del 30% poseen esa calidad. Se destaca que en promedio y considerando todas las estaciones del año más del 90% de las mediciones se sitúan debajo de la línea de 1000ppm, es decir con calidad de aire “Mediana”. Solo el 4% del total restante de las mediciones presenta niveles de “Baja” calidad del aire.

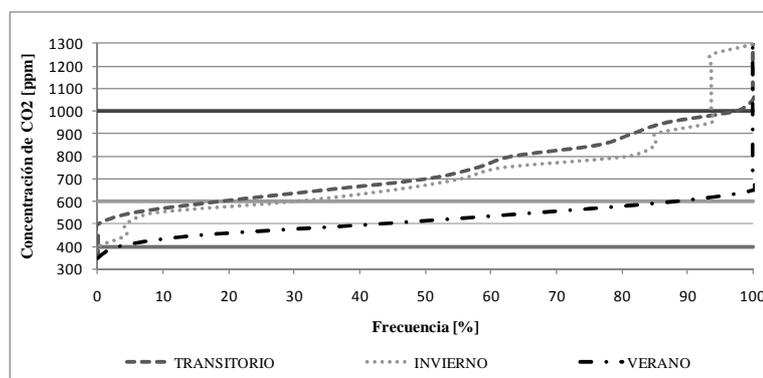


Figura 8: Suma de frecuencias de concentración de CO<sub>2</sub> en espacios con ventilación mecánica.

Categorías	Descripción de la calidad del aire	Intervalos de concentración de CO <sub>2</sub>
IDA 1	Especial	CO <sub>2</sub> ≤ 400 ppm
IDA 2	Alta	400 < CO <sub>2</sub> ≤ 600 ppm
IDA 3	Mediana	600 < CO <sub>2</sub> ≤ 1000 ppm
IDA 4	Baja	CO <sub>2</sub> > 1000 ppm

Tabla 1: Clasificación de la calidad del aire dentro de las categorías establecidas por el estándar DIN EN 13779 (2007); la sigla IDA, significa aire interior.

El voto de calidad de aire, que emiten los usuarios en la encuesta corta indica el grado de satisfacción/insatisfacción respecto del ambiente en que se encuentran. En la evaluación, se considera que los usuarios que votan 1 (muy mala), 2 (mala) y 3 (levemente mala) se encuentran “insatisfechos”; los que votan 4 (regular), se consideran “indiferentes”; y aquellos que votan 5 (levemente buena), 6 (buena) y 7 (muy buena) están “satisfechos” con la calidad del aire que poseen en sus espacios de trabajo. Los resultados encontrados se cruzan en la Figura 9, con el relevamiento ocular del estado de la apertura de ventanas, los valores promedio ± desviación estándar de las mediciones de CO<sub>2</sub> y la clasificación de la norma de referencia respecto de los valores promedio de CO<sub>2</sub>, en las diferentes estaciones del año.

El voto indicador de “insatisfecho” con la calidad de aire que emite el usuario promedio en el sector Oficinas no difiere a lo largo del período anual y se mantiene entre un 13% en verano a un 15% en invierno, incremento leve, que se observa sobre las mediciones de CO<sub>2</sub> de 512ppm y 713ppm respectivamente. El aumento del porcentaje de “satisfechos” que diagnostican una elevada calidad del aire se presenta en verano (43%) y probablemente a causa de la apertura de ventanas.

Aún siendo “la apertura de ventana” una estrategia muy empleada en la renovación del aire, para la eliminación de olores e incluso como fenómeno de adaptación térmica, la observación in situ permite destacar que apenas el 21% de los usuarios la emplean en verano y solo el 2% en invierno. Estos valores afectarían levemente el funcionamiento eficiente del sistema de ventilación/climatización en verano y prácticamente nada en invierno.

El alto porcentaje del voto 4 sobre la escala de siete puntos de la Figura 6, que indica ser “indiferente” respecto de la calidad del aire, es decir que el problema no llega a ser relevante, es elevado en los tres períodos de estudio. Ello representa un potencial de eficiencia energética del sistema de climatización. Para conocer hasta qué punto es posible modificar los niveles de renovación de aire del sistema de ventilación y conducir ahorros es necesario conocer el origen de fuentes de emisión de olores, en el sector Oficinas.

Período	Verano	Transitorio	Invierno
Apertura de Ventanas			
Medición de CO <sub>2</sub> [ppm]	512±68,4	739±143,9	713±181,4
Calidad de CO <sub>2</sub> según Norma DIN EN 13779	Alta	Mediana	Mediana
Votos de Calidad del Aire			
Predominancia de Voto	Satisfecho - Indiferente	Indiferente	Indiferente

Figura 9: Cruzamiento de datos del relevamiento sobre calidad del aire en diferentes estaciones del año.

Bajo el esquema de la Figura 7 se recolecta la información necesaria para contabilizar frecuencia y origen de fuentes de olor que afectan a los usuarios. La distribución porcentual con que los usuarios perciben olores en su espacio de trabajo, en el período de verano, se muestra en la Figura 10. Se observa que más del 72% de los usuarios perciben olores en sus espacios de trabajo, lo cual se considera una disminución de la calidad del aire.

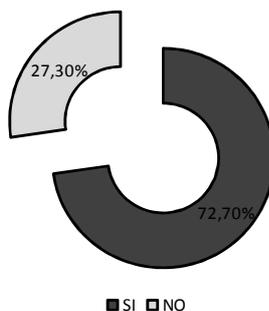


Figura 10: Frecuencia con que los usuarios del sector Oficinas perciben olores en general en sus espacios de trabajo.

La Figura 11 detalla la fuente de olor posible y la frecuencia con que se percibe en el sector Oficinas de ECU. La frecuencia “Rara vez” y “Nunca” superan el 50% en todos los ítems de análisis, excepto el proveniente de “cocina/baño”. La mayor molestia detectada por los usuarios, es decir el olor más frecuente en el interior de espacios de trabajo es proveniente del “humo tabaco”, seguido de olores procedentes de “cocina/baño”. Olores externos como el de “acequia/cloaca”, suele afectar frecuentemente la calidad del aire en interiores y con ello la posibilidad de emplear la apertura de ventanas para renovar el aire.

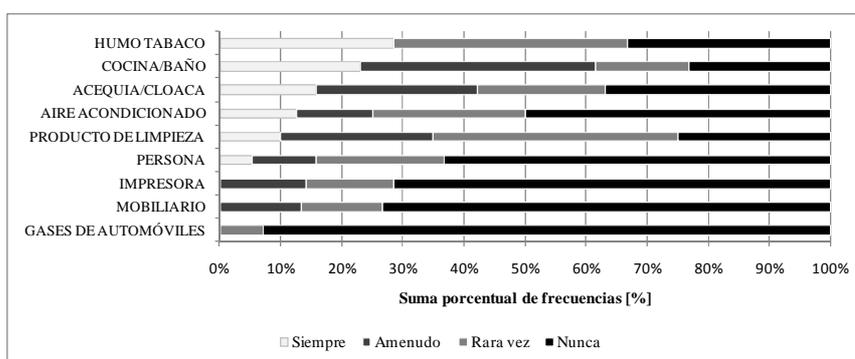


Figura 11: Fuentes de olor y frecuencia con que se perciben en espacios interiores de trabajo.

#### Eficiencia energética en ECU

Conocer el tipo y uso de diferentes formas de energías empleadas en el funcionamiento del edificio, el consumo anual que representan los diferentes ítems como el equipamiento de aparatos de consumo eléctrico, el sistema de ventilación, calefacción, refrigeración, iluminación, etc. y la influencia del usuario sobre el control de variables ambientales, permite encontrar correlaciones para la elaboración de pautas de mejoramiento (comparar con (Guzmán, 2009) y (Lutz, 2003)). El relevamiento resalta algunos problemas que conducen al desarrollo de potenciales de eficiencia.

ECU posee un sistema de climatización frío/calor que consiste en una caldera de vapor de 320 kW, que abastece los tres sectores del edificio. El sistema de refrigeración es mixto por combinar un sistema central (bomba de calor) de 33,9 kW, un acondicionador de frío tipo splits central por piso del 3° al 6° de 13,9 kW cada uno y equipos splits individuales de potencias variables en el 7° piso que suman un total de 12kW.

La cantidad y tipo de aparatos eléctricos que se registran por espacio relevado, permite calcular la demanda energética del sector Oficinas para la comparación. Se relevan 25 espacios de oficina y se estima la demanda porcentual promedio del sector. La figura 12.a muestra una distribución porcentual de la cantidad y tipo de artefactos disponibles en oficinas y la Figura 12.b, la demanda energética porcentual por equipos, donde se destacan los valores del ítem “PC” del 43% y “Estufas eléctricas” del 20% como los que más consumen del resto.

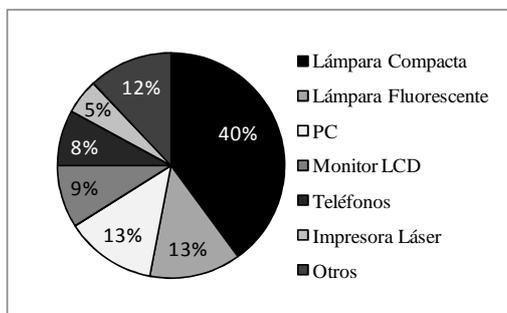


Figura 12a: Distribución porcentual artefactos eléctricos

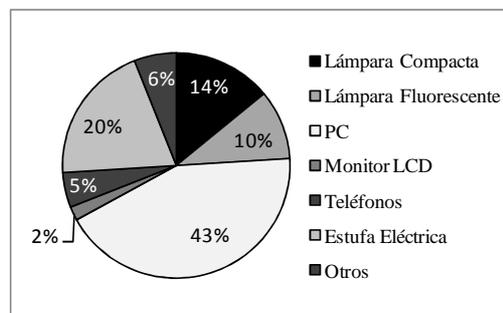


Figura 12b: Demanda energética porcentual de artefactos eléctricos

La demanda de energía final en [kWh/m²a] del sector Oficinas se suma a la demanda de otros ítems que consumen energía (electricidad y gas natural) dentro de ECU, entre los cuales se destacan la Ventilación, el Aire acondicionado, la Calefacción,

y la Iluminación, la cual asciende a un total de 153,64 kWh/m<sup>2</sup>a. El consumo real de energía final del edificio, registrado por la empresa de suministro de energía, es de 161,1 kWh/m<sup>2</sup>a.

Para la evaluación de la eficiencia se toman valores de referencia para la comparación, que propone el programa alemán EnBop, Energie Betriebsoptimierung (Optimización energética del edificio en su etapa de funcionamiento), (ver (EnOB 2008), que se aplica sobre edificios demostrativos en los cuales se pretende alcanzar una demanda de energía primaria (PE) para iluminación, calefacción, enfriamiento y ventilación de 100 kWh<sub>prim.</sub>/m<sup>2</sup>a (ver Figura 13.a).

La evaluación de aspectos ambientales producto del consumo real de energías finales (FE), conduce a considerar su equivalente de energía primaria (PE), (ver [Fisch et al 2007]). Para ello, se emplea un factor de conversión del valor de FE en PE. Ejemplo: El uso de energía proveniente de generación hidroeléctrica, no tiene efectos considerables sobre el ambiente: el factor de conversión de FE en PE es 1; mientras que para combustibles fósiles como el gas natural, considerado energía no renovable, el factor = 2,7. Esto explica el mayor costo ambiental que tiene esta última forma de energía (ver también (Kuchen, et. al, 2011)). De aquí, que el equivalente de consumo de FE en PE para ECU es de 180,55 kWh<sub>prim.</sub>/m<sup>2</sup>a.

Para la comparación con el programa alemán, la Figura 13.b detalla la distribución porcentual del consumo de energía primaria en ECU. En ambas figuras se incorpora el ítem “Artefactos eléctricos” por representar una porción importante y equivalente dentro del uso que tiene la energía, lo cual representa casi un 30% para edificios alemanes y el 33% para el ECU y con ello, el ítem más representativo en ambos casos.

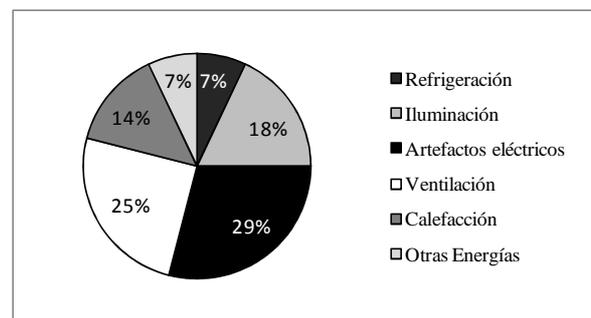
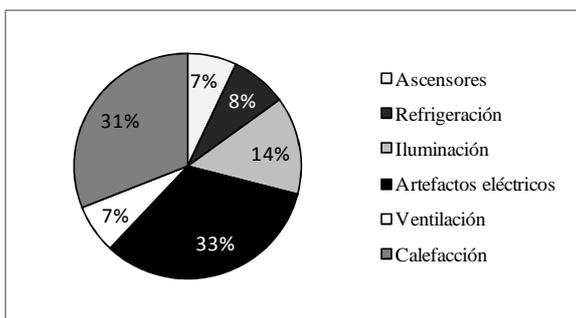


Figura 13.a: Demanda de energía primaria según Programa EnBop 2008

Figura 13.b: Consumo de energía primaria en ECU

El ítem “Artefactos eléctricos” es representativo dentro del consumo total aprox. de 90 kWh<sub>prim.</sub>/m<sup>2</sup>a en ECU, mientras que en edificios alemanes en promedio asciende a 40 kWh<sub>prim.</sub>/m<sup>2</sup>a (ver también (Kuchen et al. 2011)). Esta diferencia de consumo de ECU puede tener origen en el factor de ocupación de ECU, de 8 m<sup>2</sup>/Persona respecto de aquellos que se encuentra entre 15 a 20 m<sup>2</sup>/Persona.

Este aspecto también afecta a los demás ítems como el de “Refrigeración” por elevar las cargas térmicas y por ende las solicitudes del equipo de refrigeración y al de “Ventilación” porque se requieren mayores niveles de renovación de aire. El nivel de renovación de aire asciende a 80% durante todo el año, lo cual podría justificar los bajos valores de concentración de CO<sub>2</sub> medidos en este trabajo, en espacios de oficina y el mínimo estado de apertura de ventanas en ambos períodos.

El ítem “Ventilación” aparece como una diferencia entre ECU y la demanda EnOB, lo cual se justifica por el alto grado de hermeticidad de las fachadas de aquellos edificios a partir de la implementación de las normas WSV0 (1995) y posterior ordenanza EnEV (2002) de conservación de energía (ver también (Leao et al., 2008 y Kuchen et al. 2008)), con lo cual se requiere un elevado porcentaje de ventilación forzada durante todo el año. El ítem “Ventilación” de ECU es notablemente menor al esperado por el programa EnOB y altamente factible de mejorar su eficiencia.

## CONCLUSIÓN

Se concluye en que la opinión del usuario es fundamental en la evaluación de la calidad del aire. Los niveles de CO<sub>2</sub> presente en los espacios de trabajo se mantienen dentro de límites aceptables según la norma de referencia DIN EN 13779 por no superar el límite de 1000ppm correspondiente con una calificación de calidad “Mediana”, según el estándar. El diagnóstico del usuario emitido en encuestas indica que solo el 15% presenta “disconformidad” respecto de la calidad del aire. El elevado porcentaje de “indiferentes” es indicio de que los límites de la norma son altamente estrictos, y que un posible origen de mala calidad el aire no depende de las renovaciones de aire del sistema de climatización.

En el período de verano la calidad del aire mejora aún más por el incremento de apertura de ventanas en apenas un 20%. El nivel de renovación de aire del 80% tiene efectos positivos sobre la productividad del usuario, sobre todo por no haberse detectado quejas y/o síntomas de enfermedad en los usuarios producto del mal funcionamiento del edificio. El factor de ocupación de espacios de trabajo [m<sup>2</sup>/Persona], es determinante en la comparación, llegando a ser 3 veces mayor en ECU respecto de otros tomados como referencia, ver (EnOB, 2008).

La presencia de olores que afectan la calidad del aire más elevada, tiene su origen en el “humo de cigarrillo” y “baño/cocina” de origen interno y de “acequia/cloaca” de origen externo. Ello justifica los elevados niveles de renovación del aire (80%). Esto conduce a la realización de futuros estudios para detectar en qué grado, niveles menores de renovación de aire afectan el

porcentaje de CO<sub>2</sub> presente y con ello las condiciones ergonómicas y psicológicas de los usuarios (Vargas, Gallego, 2005) y hasta qué punto podrían mejorarse los valores de eficiencia de la demanda del ítem “Ventilación”, sobre todo en el período transitorio y en invierno.

Proponer potenciales de eficiencia durante la etapa de funcionamiento, tal como indica el programa EnBop (Energie Betriebsoptimierung) por el programa EnOB puede conducir a ahorros inmediatos. El hecho de establecer valores objetivo de demanda energética es fundamental como plan de ahorro de energía, emisiones y para el cuidado del medio ambiente. Se pretende mejorar el edificio ECU y alcanzar criterios de sustentabilidad para que sirva de ejemplo en la construcción de nuevos edificios de la región; de manera de alcanzar una gestión responsable de la construcción ambientalmente saludable, y el mantenimiento basados en recursos eficientes y principios ecológicos.

## REFERENCIAS

- ASHRAE Standard 129 (1997). Measuring Air Change Effectiveness (ANSI Approved). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE Standard 62 (2001). Proposed addendum n “Ventilation rate procedure” to Ashrae standard 62.2. Ventilation for acceptable indoor air quality. Public review draft, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta.
- CEN 1752 (1996). Technical report CR 1752. Ventilation for buildings: Design criteria for indoor environment. European Committee for Standardisation. Brussels.
- DIN EN 13779 (2007). Lüftung von Nichtwohngebäuden. Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs und Bauphysik 31 (2009). Heft 5 Klimaanlage. Deutsche Fassung EN 13779:2007; Substitute for DIN 1946-2:1994-01.
- EN ISO 10551 (2002). Ergonomie des Umgebungsklimas. Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklima unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen (ISO 19551:1995). Deutsche Fassung EM ISO 10551.
- EnBop (2008). “Energie Betriebsoptimierung”. <http://www.enob.info>
- EnEV (2002). “Verordnung über den energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik in Gebäuden”.
- Fisch, M. N., Plesser S. y Bremer C. (2007). “EVA – Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude“ Bericht zur Flores Larsen S., Filippín C. y Beascochea A. (2008). “Eficiencia energética en un edificio no-residencial de uso intermitente y altas cargas internas en Argentina” Ambiente Construido, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 37-48, ISSN 1678-8621.
- Guzmán M. Oscar (2009). Eficiencia Energética. Un panorama Regional. Nueva Sociedad.
- Kuchen E. (2008). “Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäuden” Tesis de Doctorado. ISBN: 978-3-89959-783-7. Der Andere Verlag, S. 203, Tönning, Deutschland.
- Kuchen, E, Fisch, M.N. y Gonzalo, E. ENCAC (2011).
- Lutz, W. (2003). “Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en el Mercado Eléctrico Argentino. Identificación de las Características, Lineamientos Generales y Opciones para una Propuesta PAyEE” Secretaría de Energía Eléctrica de la Nación y GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). Norma IRAM 11603 (1996).
- “Acondicionamiento Térmico de Edificios”. Clasificación Bioambiental de la República Argentina.
- UNE 100-011 (1991). Climatización. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales.
- UNSJ (2004). “El rectorado tendrá nuevo edificio”, Revista de la UNSJ, N° 10, Nov. 2004, [www.unsj.edu.ar/revista/revista10/rectorado.htm](http://www.unsj.edu.ar/revista/revista10/rectorado.htm)
- Plesser S., Kuchen E. y Fisch (2008).. M. N. The New House of the Region of Hannover: Using EPBD-strategies to improve energy efficiency in the building lifecycle. Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings (IEECB „08). Frankfurt/ Germany.
- Vargas M. F. y Gallego P. I. (2005) Calidad Ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud. Revista Española de Salud Pública. 79: 243-251 N° 2 - Marzo-Abril.
- Venegas M. E. (2010). Calidad de aire interior en edificios. Revista N° 128. Consultora Ambiente y Desarrollo, CEGESTI.
- WSVO 95 (1995). Verordnung über einen Energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden in der Fassung der Bekanntmachung.

## ABSTRACT:

Users remain more than a third of the day within their workspaces. Ensure air hygiene conditions through the use of ventilation systems and windows opening leads to the prevention of SBS-sick building syndrome. Standard DIN EN 13779:2007 establishes general requirements to be achieved to cover aspects related to air quality, such as odors and CO<sub>2</sub> concentration. It is aimed at defining thermal comfort conditions for workspace users. To do this, measurements are performed with sensors and indoor short surveys. The correlation between objective and subjective data allows the survey to develop indicators of air quality. The results indicate that even when 90% of the measurements revealed levels of optimum air quality, as the reference standard, over 30% of users expressed dissatisfaction, even when performing open windows in rooms with mechanical ventilation thus affected the building's energy efficiency.

**Keywords:** office building, indoor air quality, DIN EN 13779, energy efficiency, user adaptation ability.