



ETIQUETADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN PARA EDIFICIOS - IRAM 11900:2009- CORRELACIONES CON LA IRAM 11604:2001 Y VALIDACIÓN MEDIANTE MODELOS DE SIMULACIÓN

V. L. Volantino, D. H. Pizzorno, J.T. Bernacchia, G. Lucas González
Unidad Técnica Habitabilidad - INTI Construcciones - Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Av. General Paz 5445 CP B 1650WAB Provincia de Buenos Aires
Tel. 011 4724-6200 int. 6482 - Fax. 4753-5764 e-mail : vvolanti@inti.gov.ar

RESUMEN: Un modo de clasificar la envolvente del edificio mediante su eficiencia energética es siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 11900:2010. El presente trabajo compara las clases de eficiencia energética que define ese etiquetado con lo que resultaría al aplicar la Norma IRAM 11604:2001, basada en el cálculo del coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor y su relación con el G correspondiente al Nivel B de confort higrotérmico. Finalmente, también interesa asociar las correlaciones que se concluyen, con los consumos en calefacción que surgen del modelo del edificio simulado. El concepto del kWh/m²-año en calefacción también resulta útil para informar al consumidor. Estos cálculos se han aplicado a cinco edificios públicos en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a uno de reciente construcción ubicado en el Parque Tecnológico Miguelete del INTI, partido de General San Martín, provincia de Buenos Aires.

Palabras Clave: eficiencia térmica, calificación, programas de simulación, consumos en calefacción.

INTRODUCCION

La escala clasificatoria de la Norma IRAM 11900:2010, representa uno de los primeros pasos efectivos para establecer oficialmente una etiqueta de eficiencia energética. Su escala se asocia exclusivamente con la energía puesta en juego en calefacción, y tiene en cuenta para ello las características de la envolvente edilicia; con procedimientos de cálculo simplificados que facilitan su ejecución y fiscalización.

Orientada a la evaluación del ahorro de energía en calefacción de edificios destinados a vivienda, también está vigente desde hace muchos años, la Norma IRAM 11604:2001, basada en el cálculo del coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor y sus valores límites de acuerdo a la zona bioclimática que se trata; con la particularidad de que para su cálculo se tiene en cuenta la renovación del aire y las pérdidas por el piso.

Al disponer de programas de simulación energética como el Calener, el Design Builder, o el Energy Plus, con la necesaria ejercitación y validación, pueden obtenerse resultados de los consumos de calefacción, entre tanta otra información posible, con una precisión importante. Esta precisión se logra mediante una completa y correcta carga de datos. Los datos que procesan estos programas incluyen adicionalmente a los que se requieren en el caso de las Normas IRAM citadas y entre otros a: la orientación del edificio, la influencia del entorno circundante, la inercia térmica de la envolvente, las infiltraciones de aire y la ventilación, el factor de ocupación, el régimen de funcionamiento, otras fuentes generadoras de calor, el equipamiento para el acondicionamiento del aire, el tipo de energía que requiere y su coeficiente de eficiencia, y finalmente, los datos estadísticos anuales del clima día a día y hora a hora.

La participación de la Unidad Técnica Habitabilidad del Centro de Construcciones en el convenio INTI - APRA - Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires - tiene como objetivo la evaluación energética de edificios públicos. Esto propició que hasta el momento se hayan evaluado, modelado y simulado cinco edificios diversos, dentro de un conjunto más amplio establecido en el mencionado convenio. Aunque limitada, esta primer base de datos, resulta oportuna para la elaboración del presente trabajo. También se incluyen los datos provenientes del Edificio Técnico-Administrativo del INTI en el Parque Tecnológico Miguelete, cuya construcción finalizó recientemente.

Lo anterior se asocia también a la línea de trabajo de la mencionada Unidad Técnica, dirigida a la investigación en Eficiencia Energética de Edificios, participando interdisciplinariamente en la generación y revisión de normas relacionadas.

OBJETIVO

El principal consiste en comparar resultados de las medidas de eficiencia energética que resultan de la aplicación de los métodos citados precedentemente. Con ello es posible concluir la validez relativa de estas medidas, precisando mejor sus alcances y aplicaciones.

Por otro lado, algunas conclusiones de la comparación, pueden ser orientativas para la definición del "edificio de referencia", contribuir al progreso de la normativa y la legislación vigentes; así como también a la divulgación del concepto del etiquetado de eficiencia energética de los edificios para los profesionales de la construcción, los funcionarios públicos, los protagonistas políticos y el público usuario.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Se registró la humedad relativa y la temperatura de bulbo seco del ambiente laboral de los edificios relevados, para constatar si se verifica el cumplimiento de las condiciones de confort higrotérmico. Para las situaciones de invierno y verano, se obtienen gráficos como el de la Figura 1, en donde también se registran las condiciones del aire exterior. También es posible obtener mediante la aplicación del programa de simulación, que es el denominado Energy Plus en estos casos, gráficos de este tipo y compararlos con los días de registro en los edificios.

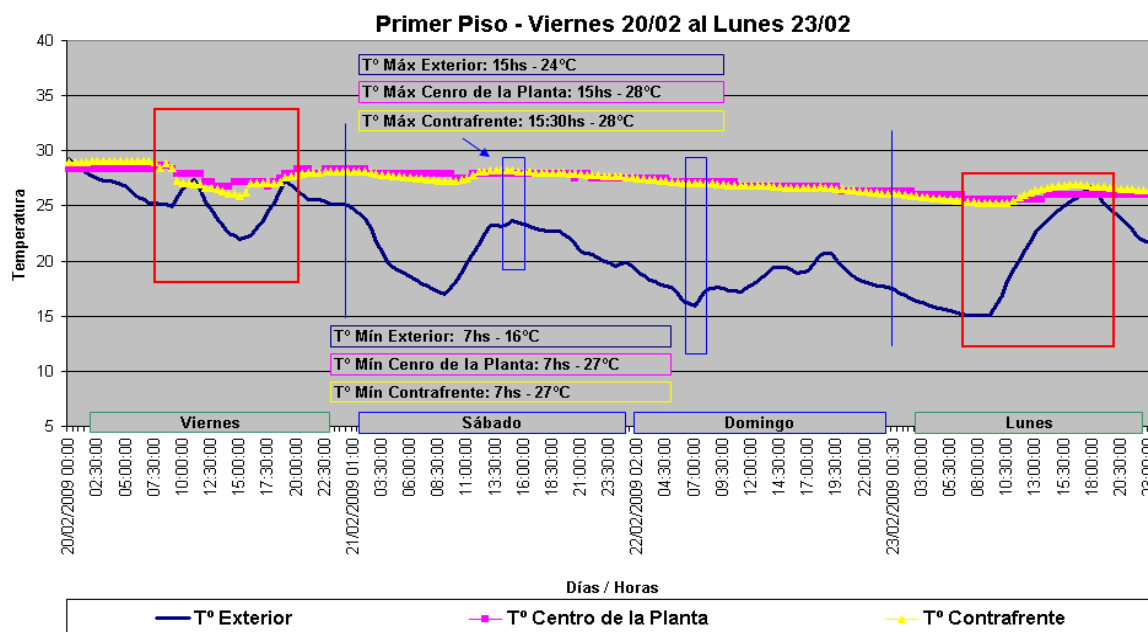


Figura 1. Gráfico de temperaturas en el interior de oficinas en el Edificio sede de la APRA

Estas mediciones, que se complementan con una encuesta al personal, permiten además, concluir el comportamiento del equipamiento termomecánico disponible. En el caso del gráfico, aún sin gran amplitud térmica en el aire exterior, se observa un sobrecalentamiento innecesario en las oficinas, debido en este caso particular al descontrol y a la incorrecta operación de equipos individuales tipo splits frío-calor.

En la Tabla 1 se resumen las principales características de los edificios considerados en el presente trabajo a los efectos de aplicarles las Normas IRAM 11900:2010 y 11604:2001 y para obtener sus consumos anuales de calefacción mediante la simulación energética de sus modelos.

Denominación del edificio	Dirección	Destino	Superficie cubierta m ²	Características edilicias	Antigüedad de la construcción
E1 Sede de la APRA	Moreno 1379	administrativo	1.638	Subsuelo, P.B. y 3 pisos. Entre medianeras	1940
E2 Centro de Defensa al Consumidor	Esmeralda 340	administrativo	1.014	P.B. y 3 pisos. Entre medianeras	1970
E3 Escuela n° 8 - Mariano Bas	Tucumán 3233 / San Luis 3224	educativo	3.506	P.B. y un piso. Con frente a dos calles y semi-perímetro libre	1978
E4 Procuración Gral.	Uruguay 440	administrativo	6.867	Subsuelo, P.B. y 9 pisos. Entre medianeras	1938
E5 Jardín Botánico	Avdas. Santa Fe y Las Heras	administrativo y de eventos	539	P.B. y un piso. Perímetro libre	1884
E6 Técnico Administrativo del INTI	PTM	oficinas	1.137	P.B. y un piso. Perímetro libre	2009

Tabla 1. Edificios del convenio INTI-APRA y Técnico Administrativo del INTI en el PTM



Figura 2. Edificio Técnico Administrativo - PTM - INTI



Figura 5. Edificio en el Jardín Botánico – Avda. Santa Fe y Avda. Las Heras



Figura 3. Centro de Defensa al Consumidor - Esmeralda 340



Figura 6. Sede da la APRA - Moreno 1379



Figura 4. Escuela n° 8 Mariano Bas - Tucumán 3233

e



Figura 7. Edificio de la Procuración - Uruguay 440

Las fotografías de las Figuras 2 a 7 muestran el aspecto actual de los edificios.

Según la Norma IRAM 11900:2010, en la Tabla 2 se reflejan los resultados obtenidos de: ζ_m (°C), que es la variación media ponderada de la temperatura entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño; la clase de eficiencia energética que define la Norma; y la transmitancia térmica media ponderada $K'm$ ($W/m^2.K$). Se han calculado esos valores en cada edificio para su condición actual y también cuando la envolvente verifica los valores de K ($W/m^2.K$) máximos admisibles para la condición de invierno establecidos en la Norma IRAM 11605:1996, que para Buenos Aires, en el nivel B -medio-, de confort higrotérmico, es de $1,00 W/m^2.K$ para muros y de $0,83 W/m^2.K$ para techos. En las ventanas se ha adoptado un $K=2,70 W/m^2.K$ correspondiente a doble vidriado hermético, por tratarse de la zona bioambiental IIIb.

Denominación del edificio	Norma IRAM 11900:2010						
	actual			según nivel B -IRAM 11605			
	ζ_m (°C)	Clase	$K'm$ ($W/m^2.K$)	ζ_m (°C)	Clase	$K'm$ ($W/m^2.K$)	
E1	Sede de la APRA	5,2	H	1,9	2,7	E	1,1
E2	Centro de Defensa al Consumidor	4,2	H	1,9	2,0	C	1,1
E3	Escuela N° 8 - Mariano Bas	4,6	H	1,7	2,4	D	1,0
E4	Procuración Gral.	6,3	H	2,3	3,2	F	1,2
E5	Jardín Botánico	3,6	G	1,6	2,7	E	1,1
E6	Técnico Administrativo del INTI	3,2	F	1,4	3,0	E	1,3

Tabla 2. Valores del ζ_m (°C) y clase de eficiencia y $K'm$ ($W/m^2.K$) según la Norma IRAM 11900:2010

La Tabla 3 está asociada con la Norma IRAM 11604:2001, resume para cada edificio los valores del coeficiente volumétrico de pérdidas de calor $Gcál.$ ($W/m^3.K$), y $Gadm$ ($W/m^3.K$), así como también la carga térmica de calefacción $Qcalef.$ (kWh/año) y la potencia requerida (kW), tanto para el edificio en su condición actual como cuando cumple con el nivel B de confort higrotérmico de la Norma IRAM 11605:1996.

Denominación del edificio	IRAM 11604:2001							
	$Gadm$ ($W/m^3.K$)	edificio actual			según nivel B -IRAM 11605			
		$Gcálculo$ ($W/m^3.K$)	$Qcalef.$ (kWh/año)	Potencia requerida (kW)	$Gcálculo$ ($W/m^3.K$)	$Qcalef.$ (kWh/año)	Potencia requerida (kW)	
E1	Sede de la APRA	1,16	1,37	167.058	132,2	1,02	124.303	73,2
E2	Centro de Defensa al Consumidor	1,23	1,82	117.041	67,5	1,21	77.844	44,9
E3	Escuela n° 8 - Mariano Bas	1,10	1,13	354.678	231,6	0,88	275.716	140,0
E4	Procuración Gral.	1	0,95	723.816	417,4	0,78	593.927	342,5
E5	Jardín Botánico	1,21	1,30	100.942	58,2	1,06	82.366	47,5
E6	Técnico Administrativo del INTI	1,21	1,28	101.249	58,4	0,96	75.807	43,7

Tabla 3. Valores de $Gcál.$ ($W/m^3.K$), $Gadm$ ($W/m^3.K$) y $Qcalef.$ (kWh/año), según la Norma IRAM 11604:2001

A partir de los datos que brindan las Tablas 2 y 3, se confecciona la Tabla 4, se comparan en ella en cada edificio, para su actual condición, y para cuando cumple con el nivel B de confort higrotérmico de la Norma IRAM 11605:1996, la "clase de eficiencia", que es el fundamento de la Norma IRAM 11900:2010, y los consumos anuales de calefacción, calculados con la metodología de la Norma IRAM 11604:2001.

Denominación del edificio	actual				según nivel B -IRAM 11605				
	IRAM 11900:2010		IRAM 11604:2001		IRAM 11900:2010		IRAM 11604:2001		
	ζ_m (°C)	Clase	$Gcálculo$ ($W/m^3.K$)	$Qcalef.$ (kWh/año)	ζ_m (°C)	Clase	$Gcálculo$ ($W/m^3.K$)	$Qcalef.$ ($W/m^3.K$)	
E1	Sede de la APRA	5,2	H	1,37	167.058	2,7	E	1,02	124.303
E2	Centro de Defensa al Consumidor	4,2	H	1,82	117.041	2,0	C	1,21	77.844
E3	Escuela n° 8 - Mariano Bas	4,6	H	1,13	354.674	2,4	D	0,88	275.716
E4	Procuración Gral.	6,3	H	0,95	723.816	3,2	F	0,78	593.927
E5	Jardín Botánico	3,6	G	1,30	100.942	2,7	E	1,06	82.366
E6	Técnico Administrativo del INTI	3,2	F	1,28	101.249	3,0	E	0,96	75.807

Tabla 4: Comparativa de valores resultantes para ζ_m , clase de eficiencia, $Gcálculo$ y $Qcalef.$

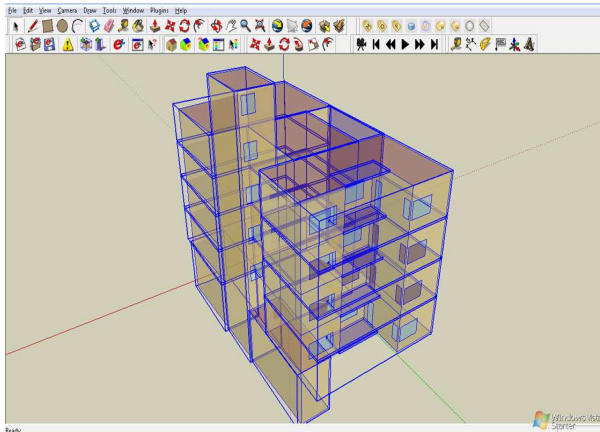


Figura 8. Sede de la APRA

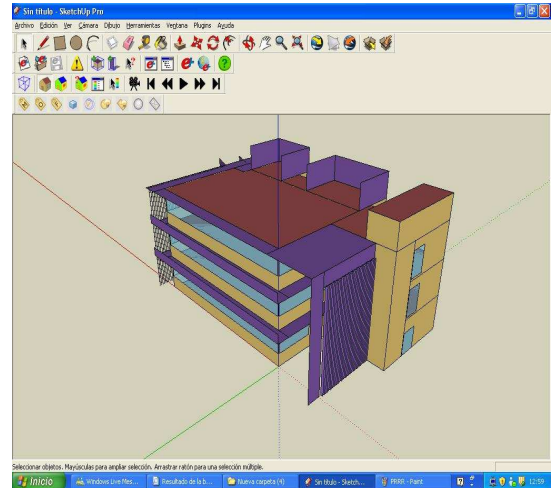


Figura 11. Edificio Técnico Administrativo-INTI-

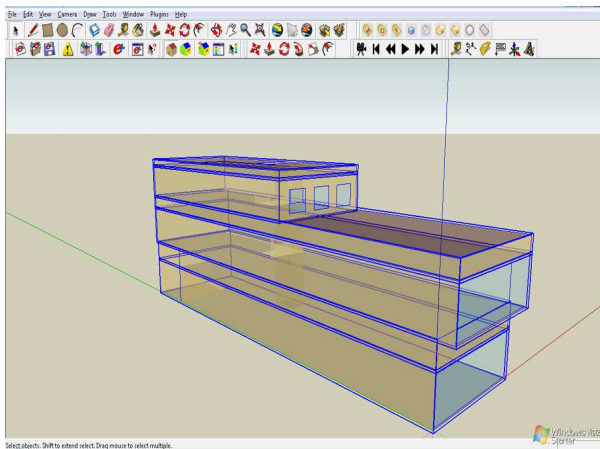


Figura 9. Centro de Defensa al Consumidor

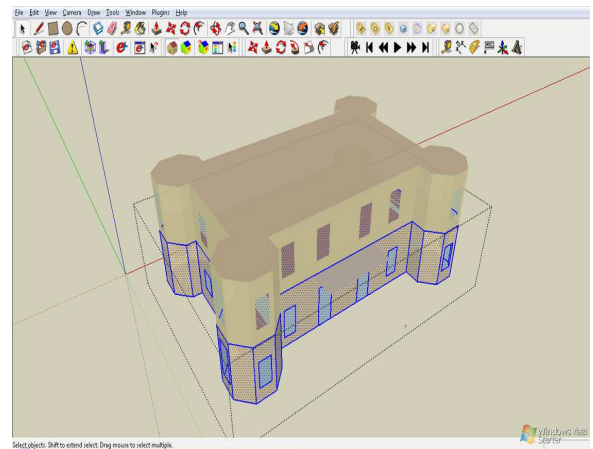


Figura 12. Edificio Jardín Botánico

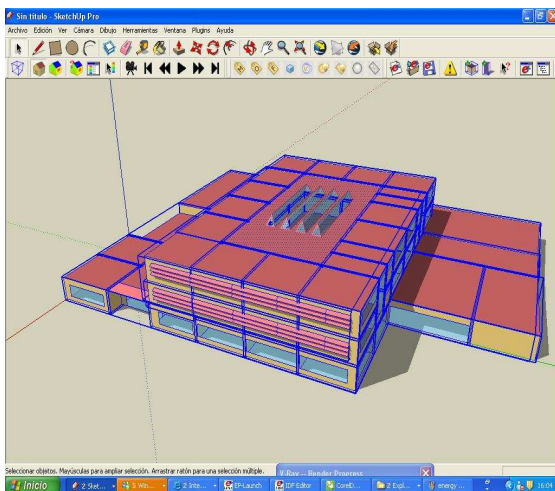


Figura 10. Escuela n° 8 - Mariano Bas

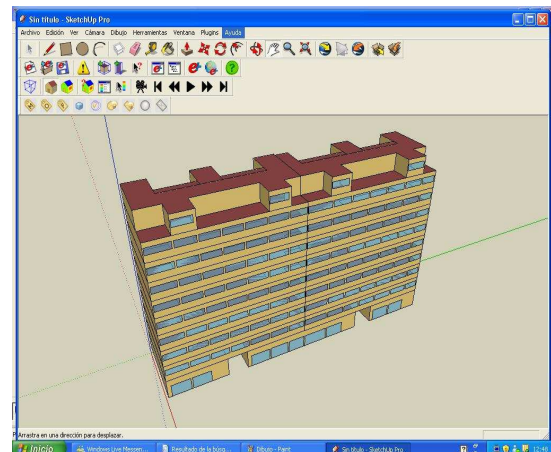


Figura 13. Procuración general

Mediante un modelo de simulación (Figuras 8 a 13), aplicando el programa Energy Plus y con la base de datos climáticos para Buenos Aires obtenidos del IWEC (International Weather for Energy Calculations), es posible obtener para cada edificio- las cargas de diseño, los consumos anuales y los indicadores de eficiencia de los edificios actuales, así como también lo que resulta cuando la envolvente verifica los valores correspondientes al nivel B de confort higrotérmico de la Norma IRAM 11605:1996 (Tabla 5). Para ambos procesos de simulación, los datos del input que permanecen fijos, son: la orientación del edificio en el terreno, el factor de ocupación, el régimen de funcionamiento, las infiltraciones de aire y los niveles de iluminación artificial.

Los consumos anuales de calefacción disminuyen en concordancia con la mejora de la envolvente, resultando para el caso del edificio E1 de 99,7%.

Denominación del edificio		Datos de los edificios actuales					Cálculos de la simulación					
		Superficie calefaccionada (m ²)	Volumen calefaccionado (m ³)	Muros (m ²)	Techos (m ²)	Aberturas (m ²)	Edificio actual			Cumpliendo nivel B de la IRAM 11605:1996		
							Carga de diseño calefacción	Consumo anual calefacción	Índice de consumo	Carga de diseño calefacción	Consumo anual calefacción	Índice de consumo
E1	Sede de la APRA	1.154	4.155	1.317	304	162	88,5	8.551	7,4	82,4	4.281	3,7
E2	Centro de Defensa al Consumidor	753	2.191	944	317	74	69,9	6.760	9,0	72,4	4.384	5,8
E3	Escuela n° 8 - Mariano Bas	3.044	10.687	1.318	1.757	518	247,3	37.103	12,2	227,2	25.317	8,3
E4	Procuración Gral.	7.222	25.975	3.135	1.022	562	611,8	54.083	7,5	605,9	33.539	4,6
E5	Jardín Botánico	577	2.653	742	288	114	64,4	11.122	19,3	62,3	9.871	17,1
E6	Técnico Administrativo del INTI	768	2.707	803	349	262	69,1	12.059	15,7	67,6	10.270	13,7

Tabla 5: Valores calculados por simulación de las cargas de diseño, los consumos anuales y los índices de consumo de los edificios actuales y cumpliendo el nivel B de la Norma IRAM 11605:1996

La Tabla 6, sitúa la clase establecida por la norma IRAM 11900:2010, junto al índice de consumo en kWh/año- m² de superficie calefaccionada, obtenido mediante la simulación, tanto en el caso de los edificios con su condición actual de la envolvente, así como cuando ésta verifica en todos sus aspectos el nivel B de confort higrotérmico de la Norma IRAM 11605:1996

Denominación del edificio		edificio actual			según nivel B -IRAM 11605		
		IRAM 11900:2010		índice de consumo	IRAM 11900:2010		índice de consumo
		ζ_m (°C)	clase	kWh/m ² ·año	ζ_m (°C)	clase	kWh/m ² ·año
E1	Sede de la APRA	5,2	H	7,4	2,7	E	3,7
E2	Centro de Defensa al Consumidor	4,2	H	9,0	2,0	C	5,8
E3	Escuela n° 8 - Mariano Bas	4,6	H	12,2	2,4	D	8,3
E4	Procuración Gral.	6,3	H	7,5	3,2	F	4,6
E5	Jardín Botánico	3,6	G	19,3	2,7	E	17,1
E6	Técnico Administrativo del INTI	3,2	F	15,7	3,0	E	13,7

Tabla 6: Orden de eficiencia en la escala de IRAM 11900:2010 comparado con índice de consumo de la simulación

Denominación del edificio		IRAM 11604:2001			IRAM 11900:2010				Simulación		
		Actual	Nivel B IRAM 11605:1996	Cociente (1) / (2)	Actual		nivel B IRAM 11605:1996		Actual	Nivel B IRAM 11605:1996	Cociente (5) / (6)
					ζ_m (°C)	Clase	ζ_m (°C)	Clase			
E1	Sede de la APRA	1,37	1,02	1,34	5,2	H	2,7	E	7,4	3,7	2,00
E2	Centro de Defensa al Consumidor	1,82	1,21	1,50	4,2	H	2,0	C	9,0	5,8	1,55
E3	Escuela n° 8 - Mariano Bas	1,13	0,88	1,28	4,6	H	2,4	D	12,2	8,3	1,47
E4	Procuración Gral.	0,95	0,78	1,22	6,3	H	3,2	F	7,5	4,6	1,63
E5	Jardín Botánico	1,30	1,06	1,23	3,6	G	2,7	E	19,3	17,1	1,13
E6	Técnico Administrativo del INTI	1,28	0,96	1,33	3,2	F	3,0	E	15,7	13,7	1,14

Tabla 7: Eficiencias referidas al nivel B de la Norma IRAM 11605:1996, según cada método

De la tabla anterior se concluye una significativa analogía en la clasificación de los edificios; se observa que existe la correlación de su orden creciente de eficiencia energética entre el etiquetado propuesto por la Norma IRAM 11900:2010 (valores de ζ_m) y el consumo energético calculado mediante el programa de simulación energética, entre la situación actual de cada edificio y su “referente” (cociente (5)/(6) de la Tabla 7), considerado como tal aquel que cumple el Nivel B de confort higrotérmico.

Por otra parte, no se mantiene este ordenamiento utilizando el coeficiente G de cada edificio y su “referente” (Nivel B de confort higrotérmico). El caso más significativo ocurre con el edificio E4, que de acuerdo a su G presenta el mejor cociente de consumo energético. Esto no es así con las otras dos clasificaciones; el E4 resulta ser el peor de acuerdo a IRAM 11900:2010 y anteúltimo según la simulación. La razón de la buena clasificación desde el punto de vista del G, se debe a que se trata de un edificio de gran volumen (aproximadamente 26.000 m³) y éste factor incide fundamentalmente en el cociente que clasificaría su eficiencia; también debe considerarse que para edificios con volúmenes superiores a 10.000 m³ no es posible obtener el G admisible de la Norma IRAM 11604:2001, lo que se desprende al observar las tablas y gráficos de dicha norma.

Si se pretendiese construir una escala clasificatoria de eficiencia energética para calefacción basada en el cálculo del G del edificio y su “referente”, la misma resultaría con poco margen de diferencia entre los edificios analizados, mientras que con los otros dos criterios de clasificación la diferenciación es más amplia.

El Edificio Técnico Administrativo del INTI presenta algunas particularidades que son destacables. Si bien aparece como de clase F en la Tabla 7, esto es debido a que se ha realizado una evaluación energética desde el punto de vista del consumo para calefacción exclusivamente. Debe tenerse en cuenta, que su diseño ha contemplado las pautas bioclimáticas con el objeto de optimizar el sistema de climatización, que es eléctrico; por lo tanto esta instalación termomecánica presenta una demanda de energía anual que resulta eficiente en su conjunto.

Otra razón por la que el edificio E6 clasifica con nivel F, es que no obstante poseer doble vidriado hermético en su superficie no opaca, la incidencia de la misma es de tal magnitud (25 %) que el ζ_m resulta de 3,2 °C en su situación actual. Por lo anterior, se pone de manifiesto que porcentajes excesivos de la superficie vidriada de los edificios afectan negativamente su clasificación en la escala.

CONCLUSIONES

La Norma IRAM 11900:2010 se basa en un procedimiento de cálculo expeditivo y no requiere el empleo de programas de simulación. Su aplicación aparece con estos primeros ejemplos, como adecuada a los efectos de la clasificación de eficiencia energética de edificios.

Se observa que en sus condiciones actuales, todos estos primeros edificios públicos evaluados, pertenecen a una clase de baja calificación de acuerdo a la escala que establece el Esquema 1 de la Norma IRAM 11900:2010 (casi todos H), y que esta situación se mejoraría sensiblemente, si la envolvente verificara el nivel B de confort higrotérmico de la Norma IRAM 11605:1996, pudiendo alcanzarse en ese caso, etiquetado C, D, E y F.

Debe tenerse en cuenta que la Norma IRAM 11604:2001 no contempla en sus alcances una escala clasificatoria porque fundamenta su aplicación a los efectos de la eficiencia energética para calefacción mediante la comparación del G de cálculo con el G admisible para cada edificio considerado.

El consumo anual en calefacción obtenido a partir de los grados-día con la Norma IRAM 11604:2001 resulta muy superior al obtenido mediante el empleo del programa de simulación. Los resultados inferiores de consumo anual que se obtienen con este último son más racionales. Esto obedece entre otros factores, a que el programa de simulación tiene en cuenta el régimen de funcionamiento y el factor de ocupación del edificio, la inercia térmica del mismo, el factor de forma y la orientación, a diferencia de la Norma IRAM que utiliza métodos de cálculo simplificados que incluyen ecuaciones de transmisión de calor en régimen estacionario.

El Convenio INTI-APRA contempla la prosecución de estas evaluaciones energéticas en otros edificios de la Administración Pública del GCBA. Además, esta prevista la implementación de instrumental para medición y registro de consumos energéticos en el tiempo, así como también las condiciones de humedad y temperatura en los ambientes laborales de los edificios evaluados; por lo tanto, una próxima etapa permitirá contrastar los resultados de estas mediciones y registros con los cálculos provenientes de las simulaciones que han contribuido al desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS:

- ASHRAE Handbook of Fundamentals. (2005). SI EDITION. Chapter 29: Residential cooling and heating load calculations, Chapter 30: Nonresidential cooling and heating load calculations, Chapter 31: Fenestration, Chapter 32: Energy estimating and modeling methods.
- U.S. Department of Energy- Building Technologies Program- Energy Plus - Energy Simulation Program
- U.S. Department of Energy, Energy efficiency and renewable energy International Weather for Energy calculation (IWEC)

IRAM, Normas de Acondicionamiento Térmico de Edificios N° 11604:2001: "Aislamiento térmico de edificios.

Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límite" y 11605:1996: " Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

Norma IRAM 11900:2010 - Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios - Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente.

ABSTRACT: Following guidelines of IRAM 11900:2009 standard is a way to classify the thermal efficiency of building envelope. The present work compares classes of energy efficiency defined by that label to those resulting from the application of IRAM 11604:2001 standard which is based on the calculation of volumetric heat loss coefficient (G) and its relationship with the G volumetric coefficient of Level B of thermal comfort. Finally, it is also interesting to associate the concluded correlations to heating consumption of simulated building. The concept based on heating kWh/year-m² is also attractive to report to the user. These calculations have been applied to five public buildings in Autonomous City of Buenos Aires and to a recent building sited at Parque Tecnológico Miguelete, San Martín City, Buenos Aires.

Keywords: thermal efficiency, qualification, simulation programs, heating consumptions.