

Problemas de Confort Térmico en Edificios de Oficinas. Caso Estudio: Torre Colpatria en la Ciudad de Bogotá

Guillermo Alonso Morales Adames

Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia, guilleralon@hotmail.com

María Consuelo García Álvarez

Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia, mariaconsuelo.garcia@ugc.edu.co

RESUMEN

En edificios construidos décadas atrás en Bogotá y otras ciudades del país, es posible encontrar problemas de climatización y confort térmico en el interior de los mismos. El presente estudio analiza los problemas de confort térmico en edificios de oficinas debido a los efectos que generan en los ocupantes, en la construcción y en el medioambiente. Se tomó como caso estudio el edificio de la Torre Colpatria en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta su importancia y la población que labora en sus oficinas. Como resultado se obtuvieron datos alarmantes en cuanto a confort térmico se refiere. Las temperaturas registradas son inadecuadas para el ambiente laboral y los dispositivos de ventilación no son efectivos, por el contrario aumentan el consumo energético y dadas las condiciones de las oficinas estudiadas pueden llegar a ser perjudiciales para la salud.

Keywords: Confort, Condiciones Ambientales, Síndrome Edificio Enfermo, Domopatías.

ABSTRACT

In buildings built decades ago in Bogota and other cities, you may encounter problems of air conditioning and thermal comfort within them. This study analyzes the problems caused to the occupants by the building and the environment due to the thermal in-comfort and lack of ventilation. A case study, the Tower Colpatria in the city of Bogotá, is considered due to its importance and the people who work in their offices. The results in terms of thermal comfort are alarming. The temperatures recorded are inadequate to the work environment and ventilation devices are not effective, on the contrary increasing energy consumption. As a result, with the actual conditions, those offices are becoming unhealthy.

Keywords: Comfort Housing, Environmental Conditions, Sick Building Syndrome, Domopatias

1. INTRODUCCIÓN

El Confort térmico en las oficinas es un tema que preocupa a nivel mundial, consideramos que éste afecta no solo la salud de los ocupantes sino también su confort e incluso su productividad. Sin embargo las personas que permanecen hasta un 80% de su tiempo en recintos cerrados, como: lugares de trabajo, centros estudio o la propia vivienda, presentan síntomas de afectación a su salud, la cual se manifiesta desde una leve molestia, fatiga, estrés, hasta enfermedades de carácter respiratorio, cáncer, etc. Todo esto obedece a otro tipo de contaminación que pasa casi desapercibida y que se genera al interior de los mismos edificios

Para el logro del estudio se analizaron los efectos generados por problemas de confort térmico en oficinas localizadas en la Torre Colpatria, recalando la importancia de estos en la construcción de nuevas edificaciones, de manera tal que se puedan prevenir impactos negativos tanto en el ambiente, como en la salud de sus ocupantes

y en la vida útil de las instalaciones. Además se determinaron, las condiciones higrotérmicas en las oficinas, se identificaron aumentos de temperatura por radiación solar térmica, la carga térmica generada por los equipos de oficina, los problemas de ventilación en el edificio comparándolas con las establecidas en las normas de evaluación del ambiente térmico, para confort humano ISO 7730 y ANSI/ASHRAE 55-2004.

1.1 ANTECEDENTES

Los problemas de confort térmico en edificios, se evidencian cada vez más en el mundo. En Bogotá, más del 42% de los edificios son catalogados como “edificios enfermos” debido principalmente a que estos, “no respiran como consecuencia de altas temperaturas que son contrarrestadas con aire acondicionado, en la mayoría de los casos con amplia repercusión en materia de salud para sus residentes” (Fundación aire limpio, 2010). Solo desde el reconocimiento del “síndrome de edificio enfermo”, se ha asociado el microclima generado en un edificio a enfermedades de sus ocupantes; teniendo en cuenta que más del 40% del tiempo, las personas permanecen en sus sitios de trabajo y por lo general estos se encuentran contaminados o poseen características que generan molestias en sus ocupantes. El confort térmico es un aspecto de gran importancia, que de no tenerse en cuenta puede llegar a ocasionar perjuicios en la salud de las personas.

Los problemas de confort térmico han sido tratados desde comienzos del siglo XX, partiendo de modelos que buscan establecer una temperatura de confort. Una de las primeras investigaciones para el desarrollo de este tema, fue el trabajo de Houghton y Miller en 1925, quienes establecieron una escala de temperaturas llamada “temperatura efectiva”, que busca determinar la temperatura que una persona percibe por efecto de la humedad en la atmosfera; determinando como estándar la temperatura de 18.9°C, la cual puede oscilar entre 17.2 y 21.7°C. No obstante, la temperatura estándar que más se ha utilizado ha sido la propuesta por Fanger (1970), quien estableció una ecuación de balance térmico que determina la acumulación de calor en el cuerpo, a partir de otros factores como la producción interna de calor, las pérdidas de calor por la difusión de vapor de agua por la piel, etc. Además no solo estableció una magnitud de energía sino un valor adimensional que puede predecir la sensación térmica que puede percibir una persona en condiciones normales (Gómez et al, 2007).

1.2 MARCO CONCEPTUAL

La localización geográfica de Colombia y por lo tanto de Bogotá, en la zona tropical, nos permite afirmar que los rayos solares inciden casi perpendicularmente y la radiación fluye de manera constante. El valor aproximado de la radiación en las zonas tropicales es aproximadamente 394 K-cal/ m²/ año (Borrero, 1989).

La ventilación natural es una de las tantas maneras de aprovechar el recurso eólico para ventilar los espacios de una construcción, cuyo objeto es proporcionar cambios de aire, para renovar el oxígeno y evacuar algunos sub productos de la actividad humana. Esta ventilación natural, puede ser cruzada, o por aplicación del efecto chimenea.

“El confort térmico es una manifestación subjetiva de satisfacción con el medio ambiente y el recinto que una persona ocupa, este se encuentra relacionado directamente con el balance térmico del cuerpo humano” (ISO, 2005), motivo por el cual la importancia de estudiar las situaciones de estrés térmico en las personas que desarrollan algún tipo de actividad continuamente en los edificios. Las propiedades de las cuales depende el confort térmico en el ambiente, son primordialmente la temperatura del aire, la velocidad y la humedad relativa. Dentro de los aspectos en el ambiente que afectan el confort térmico, podemos encontrar, la temperatura, la humedad y la velocidad del aire, todos ellos relacionados en el diagrama psicrométrico. Existen diversas formas de transmisión de calor (conducción, convección y radiación), desarrollándose métodos que permiten evaluar en qué medida se alcanzan las condiciones higrotérmicas de confort, tales como: el método de la temperatura efectiva fundamentado en la velocidad del aire, la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo en un recinto y el método de Fanger que ha sido el más utilizado para estimar la temperatura de confort (Mondelo, 1999). La hipótesis

de este método se refiere a que la temperatura de confort térmico que se puede definir teniendo en cuenta las características físicas de las personas y no las condiciones térmicas del ambiente (Gómez et al.,2007). El método es cuantitativo y se puede expresar mediante la ecuación (1) que relaciona la cantidad de calor acumulada en el cuerpo de una persona y las pérdidas del mismo por diferentes condiciones:

$$Lo = H - Ed - Esw - Ere - L - R - C \quad (1)$$

Donde:

<i>Lo</i>	=	<i>Acumulación de calor en el cuerpo</i>
<i>H</i>	=	<i>Producción interna de calor</i>
<i>Ed</i>	=	<i>Perdidas de calor por la difusión de vapor de agua por la piel</i>
<i>Es</i>	=	<i>Perdidas de calor debidas a la sudoración</i>
<i>Ere</i>	=	<i>Perdidas de calor latente debidas a la respiración</i>
<i>L</i>	=	<i>Perdidas de calor por respiración seca</i>
<i>R</i>	=	<i>Perdidas de calor por la superficie del cuerpo vestido</i>
<i>C</i>	=	<i>Perdidas de calor por convección del cuerpo vestido</i>

Además Fanger establece el voto medio previsto (PMV) y el porcentaje previsto de personas insatisfechas (PPD). El PMV refleja la sensación térmica que puede llegar a sentir una persona, mediante la siguiente ecuación (2):

$$PMV = (0.303 * e^{-0.036M} + 0.025) * Lo \quad (2)$$

Donde,

<i>PMV</i>	=	<i>Voto medio previsto</i>
<i>Lo</i>	=	<i>Acumulación de calor en el cuerpo</i>
<i>M</i>	=	<i>Tasa metabólica.</i>

De otra parte, el PPD, representa la dispersión de votos teniendo en cuenta el PMV, y de esta manera predice el porcentaje de personas que van a estar incomodas por frio o por calor. El PDD está dado por la siguiente ecuación (3):

$$PPD = 100 - 95e^{-(0,03353*PMV^4+0,2179*PMV^2)} \quad (3)$$

1.3 DISEÑO METODOLÓGICO

La Torre Colpatria, está ubicada en la ciudad de Bogotá (Colombia) sobre dos destacadas avenidas de la ciudad, la Carrera séptima y la Calle 26. Partiendo de la realidad de los problemas de ventilación, climatización y confort térmico que afectan en la actualidad a los edificios de oficinas además de los inconvenientes y enfermedades que pueden llegar a padecer sus ocupantes, se planteó esta investigación, estableciendo la relación entre problemas de confort térmico en edificios de oficinas y el mal diseño, manejo o implementación de materiales constructivos y equipos instalados en ellos.

2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

2.1 CONDICIONES HIGROTÉRMICAS

La recopilación de datos se realizó en los pisos 1, 22 y 47 del edificio en horas de la mañana, medio día y en la tarde. A continuación se muestra en la tabla No. 1 el promedio de los datos obtenidos.

Tabla 1. Datos Condiciones Higrotérmicas

PROMEDIO DE DATOS HIGROTÉRMICOS									
HORA	08:00 a.m.			12:00 m.			4:30 p.m.		
VARIABLE	PISO 1	PISO 22	PISO 47	PISO 1	PISO 22	PISO 47	PISO 1	PISO 22	PISO 47
Temperatura Bulbo seco(°C)	22	24	24	21	24	25	19	24	26
Temperatura de Globo (°C)	22	25	24	21	26	26	19	26	27
Velocidad del Aire (m/s)	1,1	0,1	0,2	1,3	0,3	0,5	1,3	0,30	0,6
Humedad Relativa (%)	53	53	56	53	44	47	54	45	48

En estos pisos se encontró que la temperatura de bulbo seco y la temperatura de globo aumentan en el interior de las oficinas a medida que transcurre el día y se hace a la cima del edificio, mientras que la humedad relativa se mantiene casi constante como se muestra en la figuras 1.

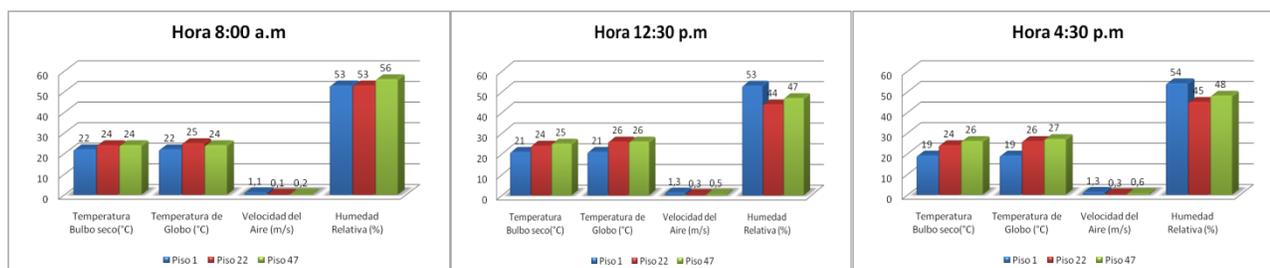


Figura 1. Variación de las condiciones higrotérmicas respecto a la ubicación en altura en horas de la mañana, del medio día y en horas de la tarde.

Como se puede observar, a las 8:00 a.m. la temperatura de bulbo seco oscila entre los 22°C y 24°C. La temperatura de globo se mantiene entre los 22°C y 25°C. Esto puede deberse a que a esa hora la incidencia de los rayos solares apenas empieza a calentar el edificio y la población laboral ingresa a las oficinas. La velocidad del aire es aproximadamente 10 veces mayor en el primer piso respecto a los demás estudiados. Por lo general a las 8:00 a.m. en los pisos 22 y 47 no se encuentran abiertas las ventanillas de ventilación ni se encuentran en funcionamiento los equipos de ventilación. En el primer piso por el contrario, las puertas de acceso al edificio se encuentran abiertas, por tanto se puede observar en los datos tomados de velocidad del aire los efectos de la ventilación cruzada.

Además, la temperatura de bulbo seco y la temperatura de globo aumentaron a medida que cambió la altura en que se tomaron los datos; dichas temperaturas aumentaron en el transcurso del día entre las 8:00 a.m. y las 12:30 p.m. De otra parte, la velocidad del aire en el piso 1, continuó siendo mayor que en los demás pisos, aunque tuvo un aumento respecto a los datos tomados en las horas de la mañana. Es posible que el aumento en la velocidad del aire en los pisos 22 y 47 se deba a la puesta en marcha de los dispositivos de ventilación en las oficinas. La humedad relativa disminuye en los pisos 22 y 47 mientras que en el primer piso se mantiene constante.

Se puede notar claramente el aumento de la temperatura de bulbo seco y la temperatura de globo a medida que cambia de piso. Al igual que en el caso anterior estas mismas variables aumentaron en el transcurso del día, entre las 12:30 p.m. y las 4:30 p.m. la velocidad del aire se mantiene y los cambios en la humedad relativa son poco significativos respecto a los datos tomados en la hora anterior.

Teniendo en cuenta el análisis de las figuras anteriores, es conveniente analizar ahora, el cambio en las variables estudiadas en un piso determinado para las horas de la mañana el medio día y horas de la tarde. A continuación se muestra en la figura 2, la variación de la temperatura de bulbo seco, la temperatura de globo, la velocidad del aire

y la humedad relativa, en el piso 1, 22 y 47 respectivamente.

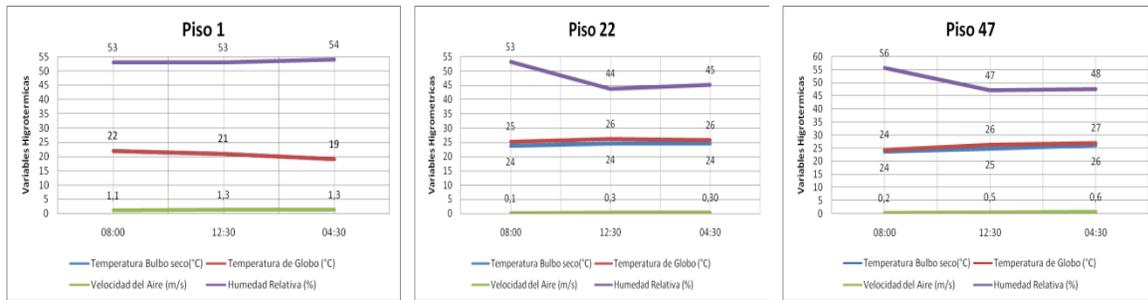


Figura 2. Variación de las condiciones higrotermicas respecto a la hora del día

Se observa aquí, que la temperatura de bulbo seco y la temperatura de globo, disminuyeron a medida que paso el día. La velocidad del aire aumento y la humedad relativa se mantuvo casi constante. Como se mencionó anteriormente es posible que la disminución de temperatura se deba al aumento en la velocidad del aire, teniendo en cuenta las velocidades de los vientos promedio en la ciudad de Bogotá, de 3 m/s y la ventilación cruzada generada por el constante abrir y cerrar de las puertas de acceso y salida del edificio.

La temperatura de bulbo seco se mantiene constante a lo largo del día. En horas de la mañana, la temperatura de globo inicia en 25°C y a medio día y en horas de la tarde aumenta en un (1°C) grado centígrado; lo cual se puede deber a la utilización de los equipos de oficina instalados en el edificio. Se puede notar también, que la velocidad del aire en el piso 22, aumenta de las 8:00 a.m. a las 12:30 p.m. y ahí en adelante se mantiene constante hasta finalizar la jornada laboral. Teniendo en cuenta que mientras se realizó la toma de datos en el edificio ninguna ventanilla estuvo abierta, se puede afirmar que el cambio en la velocidad del aire fue producto de los ventiladores instalados en el piso 22. En lo concerniente a la humedad relativa, se observa que disminuye de las 8:00 a.m. a las 12:30 p.m. y luego, aumenta un uno por ciento (1%), de 12:30 p.m. a 4:30 p.m.

Además, se ve que la temperatura de bulbo seco, aumenta a lo largo del día. En horas de la tarde se incrementa dos grados centígrados (2°C), respecto los veinticuatro grados centígrados (24°C), registrados en horas de la mañana. Igualmente, la temperatura de globo aumenta en lo recorrido de las 8:00 a.m. a las 4:30 p.m., hasta llegar a un punto máximo de veintisiete grados centígrados (27°). Por otra parte, en el piso 47, la velocidad del aire aumenta notablemente de 8:00 a.m. a 12:30 p.m. al igual que en el piso 47, se podría inferir que también en este caso, el aumento en la velocidad del aire se debe a la puesta en marcha de los ventiladores instalados en ese piso.

Para finalizar, la humedad relativa en el piso 47, se comporta de manera similar a la registrada en el piso 22. Se registra la más alta en horas de la mañana, luego cae en horas del medio día y por ultimo aumenta un uno por ciento (1%) en horas de la tarde.

Para efectos de cálculo, los valores de aislamiento de la ropa fueron de un (1) Clo. Teniendo en cuenta las prendas normalmente utilizadas en el ambiente laboral de las oficinas. Los valores de tasa metabólica se estimaron en función del tipo de actividad que se desarrolla siguiendo la norma ISO 7730. El tipo de actividad fue “Trabajo de Oficina”, para el cual se asigna un valor de uno punto dos (1.2) met. En lo concerniente a la temperatura radiante media, se calculó según la norma bajo la siguiente ecuación (4):

$$Tr = Tg + 1.9 * \sqrt[3]{Va} * (Tg - Ta) \quad 4)$$

Dónde: Tr = Temperatura radiante media
 Tg = Temperatura de globo

V_a = Velocidad del aire
 T_a = Temperatura de bulbo seco

A partir de los datos tomados en los pisos estudiados, los valores de la temperatura radiante media son los que se muestran en la tabla No. 2

Tabla 2. Temperatura Radiante Media

VALORES DE LA TEMPERATURA RADIANTE MEDIA (Tr)												
	TEMP. GLOBO	V. Aire	TEMP.	T. RADIANTE MEDIA (°C)	TEMP. GLOBO	V. Aire	TEMP.	T. RADIANTE MEDIA (°C)	TEMP. GLOBO	V. Aire	TEMP.	T. RADIANTE MEDIA (°C)
HORA	08:00:00 a.m.				12:00: m.				04:30:00 p.m.			
PISO 1	22	1,1	22	22	21	1,3	21	20	20	0,1	19	20
PISO 22	25	0,1	24	26	26	0,3	24	28	22	0,30	24	19
PISO 47	24	0,2	24	25	26	0,5	25	28	26	0,6	26	26

Teniendo en cuenta los valores de temperatura radiante media de la tabla anterior a continuación se muestran en la tabla No.3 los valores del Voto Medio Estimado (PMV) para los pisos 1, 22 y 47 a las 8:00 a.m. Según la norma ISO 7730, se recomiendan valores de PMV entre -0.5 y 0.5. Si los valores calculados no se encuentran dentro de ese rango, se considera que el ambiente térmico en el área estudiada es inadecuado.

Tabla 3. Valores del Voto Medio Estimado (PMV)

VALORES DEL PMV			
PISO	HORA		
	08:00 a.m.	12:00 m.	04:30 p.m.
1	-0,53	-0,92	-1,41
22	0,76	0,61	0,53
47	0,53	0,66	0,81

Los valores del PMV en los pisos y durante el día, no se encuentran en el rango especificado en la norma (-0.50 y 0.50), por lo tanto, el ambiente térmico en las oficinas de los pisos estudiados es inadecuado. En la figura 3, se puede observar la estimación del porcentaje de trabajadores insatisfechos con el ambiente térmico (PPD), en las horas del día estudiadas.

En el primer piso, se puede notar que del 100% de los trabajadores, aproximadamente entre el 11% y el 46% se encontraron insatisfechos con el ambiente térmico, a lo largo del día laboral. El pico más alto, se dio en horas de la tarde, registrando un PPD de 46% y un PMV de -1.41 (ligeramente fresco), es decir, cuando las condiciones de temperatura de bulbo seco fueron más bajas (19°C), y la velocidad del aire fue la más alta (1.3m/s).

En el piso 22, se observa que del 100% de los trabajadores, aproximadamente entre el 11% y el 17% se encontraron insatisfechos con el ambiente térmico, a lo largo del día laboral. El pico más alto, se dio en horas de la mañana, registrando un PPD de 17% y un PMV de 0.76 (ligeramente caluroso), es decir, cuando la velocidad del aire fue la más baja (0.1 m/s), y la humedad relativa fue la más alta (53%) y en el piso 47, del 100% de los trabajadores, aproximadamente entre el 11% y el 19% se encontraron insatisfechos con el ambiente térmico, a lo largo del día laboral. El pico más alto, se dio en horas de la tarde, registrando un PPD de 19% y un PMV de 0.81 (ligeramente caluroso), es decir, cuando la temperatura de bulbo seco fue la más alta (26°C), la velocidad del aire fue la más alta (0.6 m/s) y la temperatura radiante media fue también la más alta (28°C)

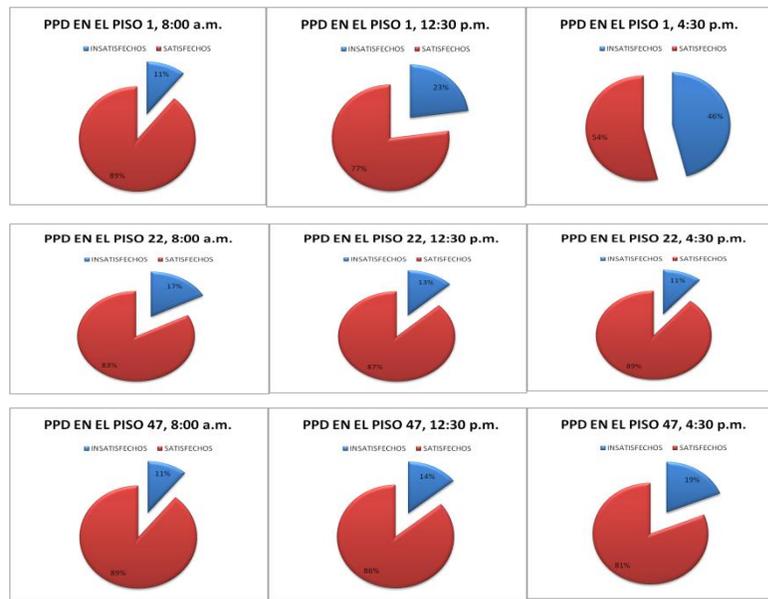


Figura 3, Personas insatisfechas en los pisos 1, 22 y 47 en horas de la mañana, medio día y horas de la tarde.

Como se pudo apreciar, las condiciones de confort térmico no fue la adecuada en ninguno de los pisos estudiados ya sea por las condiciones de temperatura de bulbo seco, la velocidad del aire, la temperatura radiante o la humedad relativa; por lo tanto, es crucial determinar una situación en la que modificando una de las variables estudiadas las condiciones de confort térmico sean las adecuadas en los pisos estudiados. A continuación se muestra en la tabla 4 los valores del Voto Medio Estimado (PMV) si, se hiciera un cambio en las variables estudiadas.

Para determinar las condiciones optimas para PMV y PPD, se tuvo en cuenta la hora en que las condiciones de confort térmico en las oficinas fueron críticas; para el piso 47, la temperatura de bulbo seco disminuyó 2°C. Teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma ISO 7730, en cuanto a las velocidades del aire adecuadas, esa variable se disminuyó de 0.6 m/s a 0.2 m/s, la temperatura radiante media disminuyo 4°C. La humedad relativa se mantuvo y el PMV de 0.2, encontrándose dentro del rango de -0.5 y 0.5 establecido por la norma ISO 7730.

Tabla 4. Condiciones optimas para PMV y PPD

CONDICIONES OPTIMAS DE TEMPERATURA DE BULBO SECO, TEMPERATURA RADIANTE MEDIA, VELOCIDAD DEL AIRE Y HUMEDAD RELATIVA PARA LAS OFICINAS DE LOS PISOS ESTUDIADOS						
PISO	T. BULBO SECO (°C)	T. RADIANTE M. (°C)	V. AIRE (m/s)	H. RELATIVA (%)	PMV	PPD (%)
47	24	22	0,2	48	0,2	5,83
22	22	19	0,1	45	-0,21	5,91
1	20	20	0,1	54	-0,32	7,13

2.2 CONDICIONES TERMICAS

Como se observó en la tabla 1 (promedio de datos higrotérmicos), en los pisos 1 y 47 la temperatura de bulbo seco cambió en el transcurso del día. En el primer piso descendió de 22°C en la mañana a 19°C en la tarde, mientras que en el piso 47, aumento de 24°C en la mañana a 26°C en la tarde.

Ahora bien, revisando los materiales constructivos utilizados en la piel del edificio, estos son principalmente concreto reforzado y vidrio. Las dimensiones aproximadas de cada ventana en la mayoría de los pisos son de 1.6m de ancho por 3.5m de alto; el vidrio tiene un espesor aproximado de 6.4mm y aparentemente esta dotado de una película de tonalidad oscura pero sin propiedades de absorción o reflexión de radiación térmica. Es importante anotar que por razones de seguridad para la torre Colpatría y teniendo en cuenta las observaciones realizadas por la administración del edificio no fue posible determinar las dimensiones y propiedades exactas de los materiales ya mencionados; por lo tanto algunos datos se determinaron por analogía.

La superficie total de vidrio del edificio es de 7.526 m², es decir 156.8 m² por piso que corresponde al 49% del área total de la piel de la Torre Colpatría. El 51% restante corresponde al hormigón, cuya área aproximada es de 7.833 m². La superficie aproximada de las fachadas es de 15.360 m². Ahora bien, según el Atlas de radiación solar proporcionado por el IDEAM (2004) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en la ciudad de Bogotá, la radiación solar promedio es de 4.5 Kwh/m². Sin embargo hay que aclarar que ese dato se refiere a una incidencia directa de radiación solar, es decir que para obrar de manera correcta es necesario considerar la orientación de las caras del edificio que reciben dicha radiación. La radiación para el mes de mayo, en las caras este, oeste y norte del edificio es aproximadamente 2 kwh/m², y en la fachada sur aproximadamente 1.3 kwh/m².

Teniendo en cuenta lo anterior, la radiación solar térmica que ingresa al edificio a través de vidrios para los pisos estudiados es de aproximadamente 206.03 Kwh, tomando como factor de ganancia de calor el correspondiente al vidrio con algún color de tres dieciseisavos de pulgada (3/16”).

A continuación se incluye un cálculo aproximado de la carga térmica total en el piso cuarenta y siete (47); de esta manera se puede relacionar el peso de la carga térmica que ingresa al área de estudio por radiación solar a través de los materiales empleados en la piel del edificio, respecto a la carga térmica total en las oficinas del piso. En la tabla 5, se muestran los valores aproximados de carga térmica para el piso cuarenta y siete (47), teniendo en cuenta la insolación sobre ventanas y paredes, los aportes de calor sensible por radiación proveniente de los equipos de oficina, el numero aproximado de personas que laboran en las oficinas del piso y la infiltración de aire a través de ventanas y puertas del mismo. En él, la influencia de la radiación solar sobre los materiales constructivos empleados en la piel del edificio es sumamente importante, el porcentaje de radiación solar sobre las ventanas es el mas alto con un 88% del total de la carga térmica en el piso.

Tabla 5. Carga Térmica Total Aproximada en el piso 47

CALCULO APROXIMADO DE CARGAS TERMICAS EN EL PISO 47		
CONCEPTO	UNIDAD	CARGA TERMICA
RADIACIÓN SOLAR SOBRE VENTANAS	156.8 M2	206,04
CALOR SENSIBLE POR EQUIPOS	9965W	10
USO OFICINAS	5. Personas	6,6
VENTILACIÓN PARA PERSONAS	50 Personas	9,3
CARGA TERMICA TOTAL (KWH)		231,94

2.3 EQUIPOS DE OFICINA

Para considerar la radiación térmica producida por los equipos de oficina instalados en las áreas estudiadas (Piso 1, Piso 22 y Piso 47), se realizo un inventario aproximado de equipos que muestra la cantidad aproximada de computadores, impresoras, fotocopiadoras, maquinas de fax, etc. Que se encuentran actualmente en uso en dichas

oficinas. En la tabla 6, se muestra la cantidad aproximada de equipos para oficina en cada piso y la cantidad de carga térmica producida por cada uno de ellos.

La radiación solar ingresa a las oficinas a través de los vidrios, la carga térmica proveniente de la radiación de los equipos de oficina es la segunda más alta para el caso del piso 47. Según el Manual de Fundamentos de la ASHRAE, se consideran cargas térmicas pesadas o elevadas provocadas por equipos de oficina, las mayores o iguales a 21.5 W/m². Para el caso, asumiendo un área aproximada de 400m² por piso, y la densidad de carga térmica para el piso 47 es de 24.91 W/m², para el piso 22, 10.88 W/m² y para el piso 1, 2.25W/m².

Tabla 6. Equipos de oficina instalados en los pisos 1, 22 y 47 de la Torre Colpatria

EQUIPOS DE OFICINA					
PISO	DISPOSITIVO	CANTIDAD	RADIACION TERMICA UNITARIA (W)	RADIACION TERMICA TOTAL (W)	Total
47	COMPUTADOR	70	135	9450	
47	IMPRESORA MULTIFUNCIONAL	7	65	455	
47	FAX	4	15	60	9965
22	COMPUTADOR	30	135	4050	
22	IMPRESORA MULTIFUNCIONAL	4	65	260	
22	FAX	3	15	45	4355
1	COMPUTADOR	6	135	810	
1	IMPRESORA MULTIFUNCIONAL	1	65	65	
1	FAX	1	15	15	890

2.4 VENTILACION NATURAL Y ARIE ACONDICIONADO

Según el IDEAM (2004), el promedio multianual de la velocidad de los vientos en Bogotá, se encuentra entre 2 y 2.5m/s, los vientos se pueden aprovechar para la implementación de la ventilación natural en los edificios. Puede decirse que la Torre Colpatria recibe vientos desde la carrera 7, la cual se convierte en un corredor de vientos provenientes del noreste y la avenida 26, corredor de vientos provenientes del sureste. Considerando los análisis anteriores, y los registros de temperatura de bulbo seco, en los pisos 47 y 22, en las fachadas del edificio, puede notarse que en el diseño y la construcción de la Torre, se dejaron cavidades para el ingreso de aire en los cielorrasos y placas de entre piso, tal vez con el propósito ya mencionado (ventilación natural).

En los pisos estudiados se pueden observar rejillas de ventilación en el cielo raso, podría suponerse que junto con las cavidades en la fachada, esas rejillas buscan dar ventilación natural a las oficinas. Sin embargo, cuando se tomaron los datos correspondientes a las velocidades del viento en los recintos estudiados, no se registraron corrientes de aire fluyendo a través de las rejillas. Además, produce admiración ver instalados equipos de ventilación mecánica justo a lado de las rejillas de ventilación. (Ver figura 4)

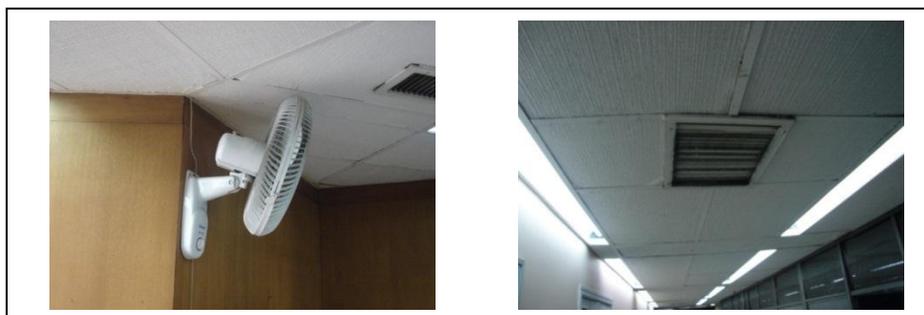


Figura 4. Rejillas de ventilación

Hay que mencionar que muchas de las oficinas en el edificio son prácticamente herméticas ya que las ventanas no tienen escotillas y las que tienen, se encuentran ubicadas en la parte superior de las ventanas y son difíciles de alcanzar. Analizando los problemas de ventilación, es importante considerar otros puntos de vista, por ejemplo, la cantidad de dispositivos de ventilación mecánica instalados en las oficinas estudiadas. En la tabla 7, se observa el número aproximado de ventiladores instalados en los pisos estudiados y el promedio de las horas de uso.

Tabla 7. Dispositivos de ventilación mecánica instalados en los pisos estudiados

PISO	DISPOSITIVO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO AL DIA (Horas)	TIEMPO DE USO AL MES (Horas)	CONSUMO MENSUAL (KWh)
1	Ventilador	0	0	0	0	0
22	Ventilador	3	125	8	160	60
47	Ventilador	18	125	8	160	360

Como se puede observar en la tabla anterior, el piso 47, que por cierto es en el que se registro mayor temperatura, es el piso con más dispositivos de ventilación mecánica. Considerando un consumo aproximado para cada ventilador de 125 W, y que el ventilador se encuentra en uso a lo largo de la jornada laboral, se puede establecer un consumo mensual de energía eléctrica para el piso 47 de 360 KWh.

2.5 SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

Las oficinas estudiadas de la Torre Colpatria cumplen con algunas de las características comunes en los edificios enfermos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), por lo general esos edificios se caracterizan por ser edificios herméticos en los que las ventanas pocas veces pueden abrirse, casi siempre tienen un sistema de ventilación forzada que por lo general es común en todo el edificio y existe recirculación parcial del aire, algunas de sus superficies interiores están recubiertas con material textil incluyendo paredes, suelos y otros elementos de diseño interior, etc. Según la norma ASHRAE 62-1989, la ventilación adecuada para obtener una calidad de aire interior aceptable en una oficina, debe ser de 10L/seg, aproximadamente 35m³/h. En la Torre Colpatria, dudosamente podría decirse que se realiza ese aporte de aire interior considerando los análisis de ventilación anteriormente expuestos.

3. RESULTADOS

Las condiciones higrotérmicas en los espacios estudiados no cumplen con las establecidas en las normas de evaluación del ambiente térmico, para confort humano ISO 7730 y ANSI/ASHRAE 55-2004. De igual manera, los índices de PMV no se encuentran dentro del rango establecido en la escala de sensación térmica de la norma ISO 7730 de -0.5 y 0.5. Por lo tanto las condiciones térmicas en las oficinas estudiadas son inadecuadas. Por otra parte, los cálculos de porcentaje de personas insatisfechas más altos correspondieron al 46% y se evidenciaron para el primer piso en horas de la tarde.

Se registraron cambios de temperatura a lo largo de la jornada laboral en los pisos 1 y 47, la hora en la que la temperatura alcanzó su máximo valor varió según la ubicación en altura, para el primer piso a las 8:00 a.m. y para el piso cuarenta y siete a las 4:30 p.m. Teniendo en cuenta los análisis realizados, gran parte los cambios de temperatura registrados se debieron a las propiedades de los materiales constructivos utilizados en la piel del edificio y a la hora del día, considerando la radiación solar que ingresa al edificio según la orientación del mismo.

La cantidad de radiación solar aproximada que ingresa a la Torre a través de vidrios, considerando que el 50% de la piel del edificio es cristal es de 206.03 KWh por cada piso. Aunque los vidrios tienen una película opaca, no

tiene propiedades considerables de absorción, refracción o reflexión de la radiación solar. Además, evaluando que la carga térmica por radiación solar en las oficinas del piso 47, corresponde aproximadamente al 88% del total de la carga térmica en el mismo es totalmente necesario considerar la implementación de vidrios con propiedades bioclimáticas.

La carga térmica más alta por radiación proveniente de equipos de oficina, se registro en las oficinas del piso 47, con 9,9 KW. Esa carga térmica corresponde aproximadamente al 4% de la carga térmica total calculada en ese piso. Teniendo en cuenta la cantidad de equipos de oficina instalados en el piso 47, se puede decir que los valores registrados en los demás pisos estudiados son menores debido a la cantidad de equipos de oficina instalados. Por otra parte, la densidad de carga térmica en el piso 47 fue de aproximadamente 24.91 W/m^2 , considerada por el manual de fundamentos de la ASHRAE como una densidad de carga pesada o alta. En el piso 22 la densidad de carga térmica por equipos de oficina se puede considerar media y en el primer piso liviana. Es posible que la cantidad de carga térmica registrada correspondiente a los equipos de oficina se deba al incremento desmesurado de los mismos para satisfacer las necesidades de la población que labora en el edificio.

Si bien es cierto que el edificio cuenta con cavidades en la fachada que alguna vez se diseñaron con propósitos de ventilación, actualmente no tienen ninguna función o no prestan ese servicio. De igual manera sucede con las rejillas de ventilación en los cielorrasos de las oficinas. Lo anterior se puede inferir ya que no se registraron datos de corrientes de aire fluyendo a través de dichas rejillas.

Los equipos de ventilación mecánica instalados en las oficinas no ofrecen una solución veraz y saludable a los problemas de confort térmico, ya que al no haber intercambios de aire, los ventiladores simplemente mezclan el aire viciado de las oficinas por lo que es totalmente necesario considerar otra solución. Para el caso, el adecuado uso de la ventilación natural es perfectamente útil y es por tanto la solución más adecuada.

REFERENCIAS

- ASHRAE, (2009), American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers. Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI-ASHRAE, 55. Atlanta, E.U. 35p.
- ASHRAE, 2009. American Society Of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers. The Handbook 2009 Fundamentals. I-P and SI editions. Atlanta, E.U.
- Fanger, O. 1970. Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering, McGraw-Hill, USA.
- Fundación aire limpio, 2010. Aparecen los Primeros Edificios Enfermos por Ausencia de Calidad de Aire. La Fundación Aire Limpio y el Banco Mundial Tienden Puentes a favor del Medio Ambiente. Bogotá D.C. 15 octubre 2010. Disponible en internet: <http://www.fundacionairelimpio.com/investigacion/>
- Gómez, G, Bojórquez, G, and Pavel, R. 2007. El Confort Térmico: Dos Enfoques Teóricos Enfrentados. Palapa. Enero-Junio, 2007, vol. 2, No. 1, pp. 45-47. Universidad Autónoma del Estado de Mexico. Colima, Mexico.
- Houghton, F.C. and Miller, W.E. 1925. "Effective Temperature with clothing". American Society of Heating and Ventilation Engineers, Transactions, Vol 29, ASHVE Research Report No. 69.
- IDEAM, 2004. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia. Bogotá D.C., Imprenta Nacional de Colombia.
- ISO, 2005. International Organization for Standardization. Ergonomics of the Thermal Environment. ISO 7730. 3ra edición. Geneva, Suiza.
- Mondelo, P. 1999. Ergonomía 2. 3ra edición. Barcelona, España, Ediciones UPC, pp. 192.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.