



Capítulo 8.

La Variabilidad del Ambiente Artificial,
Estudio del Ambiente Térmico en un Espacio
Acondicionado Mecánicamente.

8.1. Introducción.

Este estudio se realizó con el objetivo de observar y medir la oscilación de las condiciones del ambiente interior de un espacio acondicionado mecánicamente y compararlas con las condiciones que se dan en el exterior.

Además de intentar obtener una idea aproximada mediante la aplicación de cuestionarios, de la percepción que los usuarios del espacio tienen de las condiciones térmicas, es decir, de cómo percibe estas condiciones ambientales y de cómo las califica con respecto al confort térmico.

8.2. Descripción General del Espacio.

El espacio que se analizó fue la sala de ordenadores de la ETSAB (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña) que está ubicado en un semisótano del edificio, el acondicionamiento térmico se efectúa con dos equipos locales sin renovación de aire, la renovación de aire se realiza con un sistema independiente de extracción. El sistema de iluminación es totalmente artificial consistente en luminarias con lámparas fluorescentes colocadas en el plafón.

Este espacio o tiene contacto visual con el exterior del edificio, en una de las paredes hay un ventanal que da vista a un pasillo interior. El muro de este espacio que da hacia la fachada del edificio queda semienterrado y el resto de los muros y cerramientos acristalados colindan con espacios interiores (Fig. 107-108).

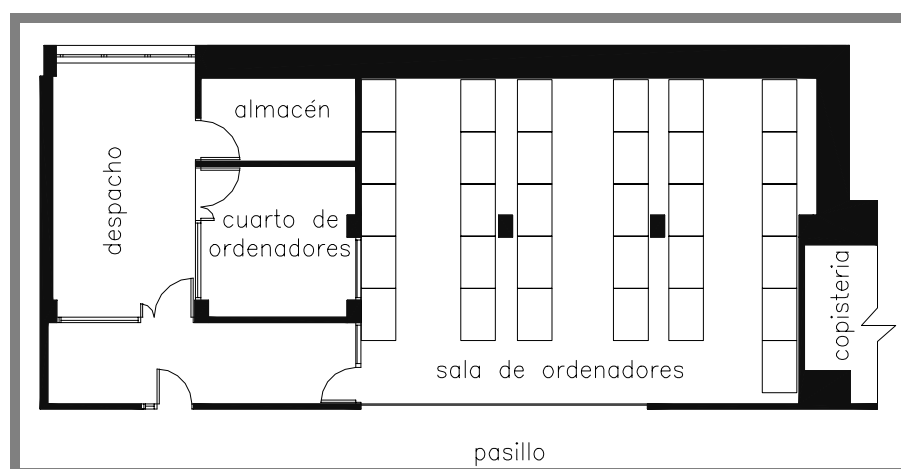


Figura 107. Planta Arquitectónica de la Sala de Ordenadores de la E.T.S.A.B.



Figura 108. Sala de Ordenadores E.T.S.A.B.

8.3. Uso del espacio.

En esta sala hay instalados treinta y un ordenadores numerados, que son utilizados por los alumnos de la ETSAB (Fig. 108,109) por periodos de tiempo que pueden ir de unos minutos a varias horas continuas o interrumpidas por pequeños intervalos; El horario de uso es de las 9:00 horas a las 20:00 horas, de lunes a viernes, estos ordenadores pueden ser ocupados por más de una persona por lo que la ocupación del espacio puede ser de más de 31 estudiantes. No está permitido el consumo de alimentos ni bebidas en su interior.



Figura 109. Sala de Ordenadores E.T.S.A.B.

8.4. Metodología.

El día de estudio elegido fue el 3 de abril del 2001, el régimen de uso fue normal bajo, durante la jornada de las 9:00 a las 21:00 se realizaron medidas de temperatura, humedad relativa, nivel de luxes, nivel de sonido y velocidad del aire.

Con un sistema de adquisición de datos formado por seis sondas (A-F) se midió en un campo (Fig. 110) que cubría principalmente la zona central de la sala, estas sondas midieron temperatura y humedad relativa cada cinco minutos.

En el mismo periodo, se midió cada media hora con un psicrómetro (S) temperatura de bulbo húmedo y temperatura de bulbo seco, con un termómetro de infrarrojos (R) temperatura radiante de las diferentes superficies (1-8) que delimitan el espacio.

Además se midió el nivel de sonido mediante un sonómetro (SO) en el centro de la sala a una altura de 1,10 m cada media hora. En la figura 43 se muestra la ubicación de los aparatos con los que se realizaron las mediciones.

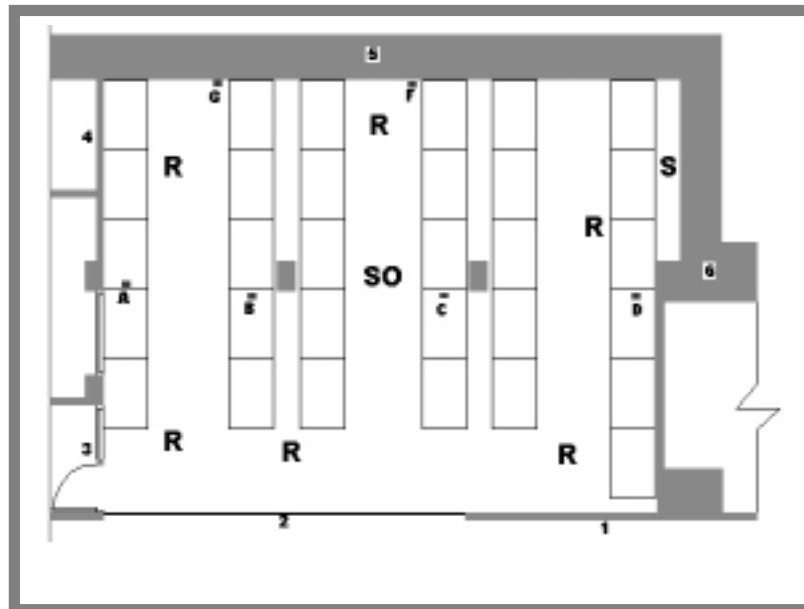


Figura 110. Planta de la Sala con las Ubicaciones de los Aparatos de Medición.

El nivel de iluminación se midió a una sola hora ya que al ser la iluminación totalmente artificial no tiene ninguna variación a lo largo del día; Se midió en cada una de las mesas de trabajo frente a cada ordenador, con el ordenador encendido y con un usuario sentado frente al ordenador.

En la figura 111 aparece una gráfica donde se muestra bandas que indican el nivel de iluminación en cada zona de la sala y a continuación una tabla con las mediciones, aquí podemos observar que los niveles de iluminación van de los 92 a los 208 luxes, con una media de 168 luxes, esta variación se da espacialmente y no

temporalmente como ya se mencionó y es prácticamente imperceptible por el usuario.

Tabla de Mediciones de Niveles de Luz.

	a	b	c	d	e	f
1	178	208	151	168	178	149
2	168	181	164	182	211	175
3	138	186	171	165	209	175
4	146	198	191	173	155	180
5	117	128	152	119	137	145
6						92

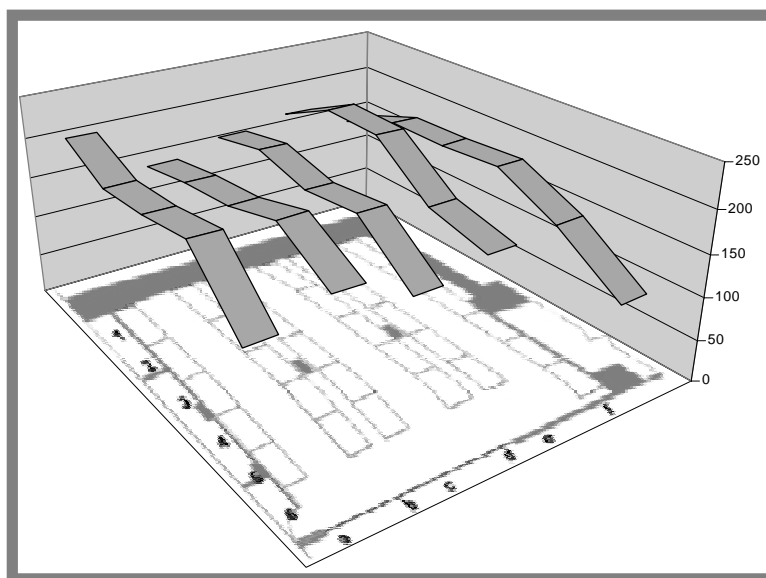


Figura 111. Gráfica Niveles de Luz en la Sala de Ordenadores.

Además de las mediciones se aplicó un cuestionario a cada usuario que entró a la sala en el periodo de tiempo en el que se realizaron las mediciones. Con el objeto de obtener las impresiones sobre como se calificaba y se percibía el ambiente térmico. Para calificar esto se utilizó una escala similar a la utilizada por Fanger en el PMV. Escala de las respuestas a los cuestionarios:

Muy Frío	-3
Frío	-2
Ligeramente Frío	-1
Neutro	0
Ligeramente Caluroso	1
Caluroso	2
Muy Caluroso	3

En los cuestionarios aplicados se preguntaba la hora de llegada a la sala, el número de ordenador que se utilizaría, la edad, sexo, peso aproximado, estatura aproximada y cuatro preguntas sobre cómo se califica y cómo se percibe el ambiente de la sala, dos de estas preguntas eran para contestar al llegar y dos para contestar antes de dejar la sala.

Las preguntas sobre datos personales, edad, sexo, estatura y peso se hicieron con la finalidad de conocer características físicas del usuario de la sala ya que según el planteamiento de este trabajo éstas deben ser tomadas en cuenta para calcular y diseñar el clima de un espacio, debido a que dependiendo de estas características el usuario percibe e interactúa físicamente con el espacio.

Las preguntas se hicieron con la intención de saber cómo califican y cómo perciben el ambiente los ocupantes en el momento de llegar y en el momento de dejar el local. Por esto en la primera pregunta se dan como opciones de respuesta frases que califican las características térmicas del espacio como: muy frío, frío, neutro, etc.

Y en la segunda pregunta se buscaba saber la percepción de estas características con respecto al confort térmico, por lo que las opciones de respuesta fueron frases como: confortable frío, confortable, confortable cálido, etc. Con esto se intentaba reconocer las preferencias de temperatura de los usuarios.

Sala de Ordenadores ETSAB UPC

Cuestionario	Fecha	Día	Mes	Año
		03	04	2001

Cumplimentar al llegar. Hora de llegada: : Número de ordenador:

Datos Personales:

Edad: Sexo: Peso aprox. Estatura aprox.

En este momento este espacio te parece:

Muy Frío Frío Ligeramente frío Neutro Ligeramente caluroso Caluroso Muy caluroso

En este momento este espacio te parece:

Demasiado Frío Muy Frío Confortable Frío Confortable Confortable Cálido Muy Cálido Demasiado Cálido

Cumplimentar antes de partir. Hora de partida: :

Al dejar este espacio te parece:

Muy Frío Frío Ligeramente frío Neutro Ligeramente caluroso Caluroso Muy caluroso

Al dejar este espacio te parece:

Demasiado Frío Muy Frío Confortable Frío Confortable Confortable Cálido Muy Cálido Demasiado Cálido

Cuestionario Tipo Aplicado a los Usuarios del Espacio Estudiado.

De los cuestionarios que se aplicaron se han usado 55 para crear la base de datos que se usó para determinar el tipo de usuario del espacio, de la que se compararán las respuestas con el cálculo del PMV y los datos medidos directamente en el interior del espacio y con los datos del clima exterior.

En la tabla siguiente se presentan las respuestas de los 55 cuestionarios elegidos a las preguntas sobre la percepción del espacio que se debían contestar al llegar y al dejar la sala sobre el ambiente térmico de ésta. La primera columna N, indica el número del cuestionario, la segunda columna la hora de llegada, la tercera columna la respuesta, la cuarta la hora de salida y la quinta la respuesta.

Como se ve las respuestas abarcan seis de las siete posibles respuestas a pesar de que las condiciones generales del espacio eran muy constantes y de que la actividad, vestimenta y edad de los usuarios eran muy similares.

Tabla de Respuestas por Usuario.

N	al llegar	Resp.	al salir	Resp.	N	al llegar	Resp.	al salir	Resp.
1	9:00	-1	10:30	-2	29	14:10	0	15:15	0
2	9:30	-1	10:50	-1	30	14:15	0	14:16	0
3	9:30	-1	10:30	-1	31	14:19	0	14:30	0
4	9:34	0	9:58	0	32	14:45	1	14:50	2
5	9:36	0	9:58	-1	33	15:15	-2	15:47	0
6	10:30	0	10:35	0	34	16:00	-2	17:00	-1
7	10:36	0	10:40	0	35	16:10	0	16:16	1
8	10:39	0	12:53	2	36	16:15	-1	16:30	-1
9	10:50	-1	11:53	0	37	16:15	0	16:30	-1
10	10:50	-1	11:00	-1	38	16:15	0	16:30	-1
11	12:12	-2	13:03	-2	39	16:25	-1	16:45	0
12	12:15	-1	12:45	1	40	16:35	-1	16:45	0
13	12:15	0	12:35	0	41	16:35	-1	19:00	0
14	12:18	-1	13:30	-2	42	16:35	-1	18:45	-1
15	12:20	1	12:30	1	43	16:40	1	16:42	1
16	12:30	-1	14:30	0	44	16:40	-1	16:40	-1
17	12:50	0	13:00	0	45	17:00	-1	17:15	-2
18	12:55	0	13:50	0	46	17:00	0	17:05	0
19	13:15	-1	13:40	0	47	17:10	1	17:30	0
20	13:15	-1	14:00	-1	48	17:45	0	17:46	0
21	13:15	-1	14:00	-1	49	17:45	-2	18:11	-1
22	13:20	-2	15:10	-2	50	18:35	-3	19:30	-3
23	13:30	-1	14:00	1	51	18:45	0	19:15	-1
24	13:30	-1	13:30	-1	52	19:00	-1	19:15	0
25	13:30	0	13:30	0	53	19:10	-2	19:30	-2
26	13:30	1	13:30	0	54	19:40	-1	20:20	0
27	13:40	1	14:20	-2	55	19:40	-1	20:20	-1
28	13:50	1	15:10	-1					

8.5. Cálculo de Índice PMV.

Tomando los datos medios de los parámetros físicos ambientales del espacio estudiado y de los factores personales de los usuario (Fig. 112) se calculó el índice de Voto Medio Previsto, PMV. Los cálculos se realizaron con el programa para calcular PMV coordinado por el Dr. De Dear.

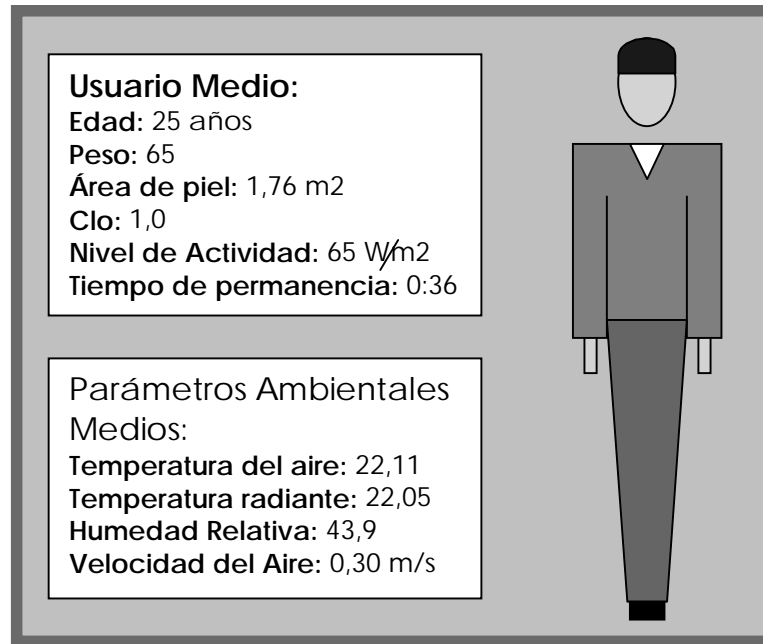


Figura 112. Datos para el Cálculo del Índice PMV.

Pantalla de introducción de datos.

Environmental Parameters		Personal Parameters	
ambient temperature (°C)	22.11	subject weight (kg)	65
radiant temperature (°C)	22.05	subject surface area (m ²)	1.76
barometric pressure (hPa)	1013	clothing insulation (clo)	1.0
H ₂ O vapour pressure (hPa)		metabolic rate (W m ⁻²)	65
relative humidity (%)	43.9	work rate - external (W m ⁻²)	0
room air velocity (m s ⁻¹)	.30	exposure time (min)	36

Pantalla de Resultados.

Effective Temperature (ET [*])	21.94	
Standard Effective Temperature (SET [*])	24.87	
Discomfort (DISC)	0.34	Comfortable
Thermal Sensation (TSENS)	0.22	Neutral
Predicted Mean Vote (PMV)	-0.25	Neutral
Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)	6.35	
Heat Stress Index (HSI)	19.03	

8.6. Comentarios Generales.

Como se ve en la tabla anterior, según el cálculo del PMV realizado con los datos medios de los parámetros ambientales y de los factores personales la percepción del usuario tipo sería de neutral -0,25 y el PPD de 6,35 %, es decir, que más del 93% de los ocupantes estarían en condiciones de confort.

En la gráfica de resumen (Fig. 113) que se presenta a continuación, se hace una comparación de los datos de la temperatura media tomada en el interior de la sala, la temperatura media exterior y de la respuesta de los usuarios a la pregunta sobre como perciben el espacio.

En esta gráfica se puede ver que mientras que la temperatura media interior tiene una oscilación aproximada de 2 °C entre 21 y 23 °C la temperatura exterior oscila entre los 11 y los 22°C, es decir 11°C.

También podemos ver que las respuestas son muy dispersas ubicándose principalmente en la franja entre -2 y 1, es decir entre frío y ligeramente caluroso.

Si comparamos los datos del cálculo del PMV y del PPD con las respuestas obtenidas vemos que la percepción de los ocupantes es muy variada y que sólo alrededor de una tercera parte da una respuesta parecida al cálculo que se hizo del PMV.

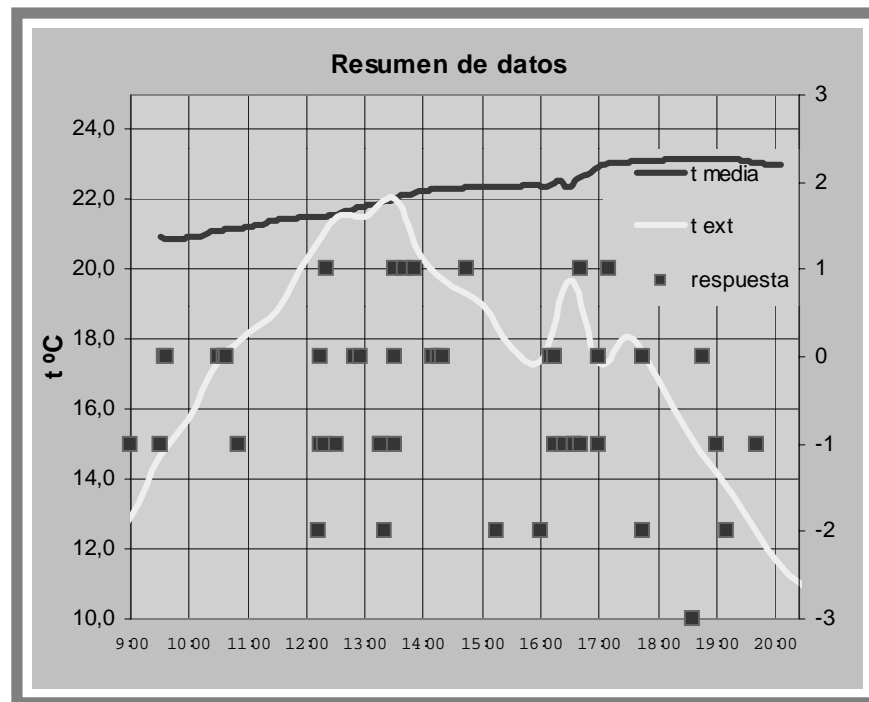


Figura 113. Gráfica de Temperatura Exterior, Temperatura Interior y Respuestas a los Cuestionarios.

Es cierto que es un número reducido de encuestados para que los resultados sean válidos estadísticamente, pero con esto nos podemos dar una idea de que un ambiente teóricamente confortable, tanto desde el punto de vista del cálculo del sistema de climatización como desde el punto de vista del cálculo del confort basado en el modelo PMV, puede llegar a ser percibido realmente por los usuarios como un ambiente inconfortable.

Son dos las observaciones principales que se pueden hacer sobre el estudio de este espacio, la primera es que tal vez sea necesario considerar más variables de las que consideran los modelos actuales para evaluar el confort térmico, más variantes tanto del ambiente físico, es decir los parámetros ambientales, como de las características y necesidades del usuario que son los factores personales.

La segunda observación es sobre la estaticidad del ambiente, hemos visto que ésta, que es tan buscada y deseada por los diseñadores de sistemas de acondicionamiento, no garantiza la confortabilidad de un espacio y que incluso puede llegar a ser origen de Disconfort térmico debido al contraste con el exterior y a la falta de estímulos hacia el ocupante ofrecidos por la posible variación.

Estos dos puntos, el aumento de variables en la formulación del modelo de evaluación del ambiente y el confort térmico y la variabilidad del ambiente se plantearán y desarrollarán en el siguiente capítulo como parte de la propuesta de este trabajo.

Por otra parte se considera que la variación del ambiente interior puede ser no solamente tolerable sino necesaria, tolerable si lo vemos desde el punto de vista actual de los diseñadores de equipos de acondicionamiento de aire, que aspiran a crear ambientes totalmente controlados y estáticos, ya que en este trabajo se cree que un grado de variación en el ambiente interior es totalmente tolerable además de que los ambientes controlados y estáticos en condiciones de un supuesto confort no garantizan tal.