



SEGUNDA PARTE

□ □ □ □ ■ **3. DESARROLLO
DEL ESTUDIO**

3.1 INTRODUCCIÓN

Tal como explicamos al principio de la tesis, nuestra metodología de trabajo tiene dos vertientes, por un lado recopilar y resumir la información concerniente a la problemática expuesta, obteniendo unas conclusiones, y por otro lado elaborar un método experimental que nos permitiese aportar nuevos elementos al tema de estudio.

Basándonos en las conclusiones fundamentales de la primera parte, para la segunda se adecuó una metodología de experimentación [1,2] que posteriormente se aplicó en una experiencia piloto, a fin de evaluar las posibles mejoras que puede representar una variación del alumbrado artificial en la salud de las personas, en unas condiciones determinadas de luz artificial variable.

Después de la revisión de los trabajos expuestos en el capítulo anterior, obtuvimos un resumen que será explicado en el siguiente punto, sobre las recomendaciones de los aspectos que han de ser tomados en cuenta y los parámetros metodológicos que han sido utilizados en otras investigaciones.

En resumen, diremos que en primera instancia las conclusiones obtenidas en los capítulos 1 y 2 sugieren la justificación de incorporar variaciones en los niveles de iluminación y otras características del alumbrado artificial dentro de las normativas actuales, en beneficio de la salud de los usuarios de oficinas.

Nuestra hipótesis de partida, es que a través de la aplicación de la metodología de experimentación en una prueba piloto con diez sujetos de estudio, encontraremos diferencias en el desarrollo de actividades evaluadas de forma objetiva, y en sensaciones subjetivas de bienestar, entre sesiones de control con niveles fijos de iluminación y sesiones con niveles variables.

3.2 METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

Nuestra propuesta en el presente estudio se rige por unas consideraciones que agrupan los puntos más importantes obtenidos de los resultados y conclusiones de trabajos anteriores y a su vez incorpora elementos nuevos, conformando una de las aportaciones del trabajo. Consideramos válido y de utilidad agrupar dichos puntos en un apartado que hemos denominado:

3.2.1 Resumen de Requerimientos

- A. Al requerirse un espacio donde puedan ser inspeccionadas la mayoría de las condiciones que intervienen en una experiencia, los médicos optan por laboratorios controlados. Sin embargo, en el área luminotécnica se considera que realizar pruebas *in situ*, en condiciones reales, o en espacios acondicionados para tal efecto, debe resultar válido, mientras se tenga el control sobre las variables. **Ver Figura 3-1**



Figura 3-1 Requerimientos del espacio para desarrollar la experiencia.

Para nuestra experiencia, adaptamos un espacio que funcionase como oficina, cuyas condiciones cumplen con las estipuladas en la pauta anterior.

- B. Cuando se habla de las variables controladas del espacio, se refiere al ambiente térmico y acústico, los cuales debemos controlar para que no interfieran con las variaciones del ambiente lumínico. **Ver Figura 3-2**

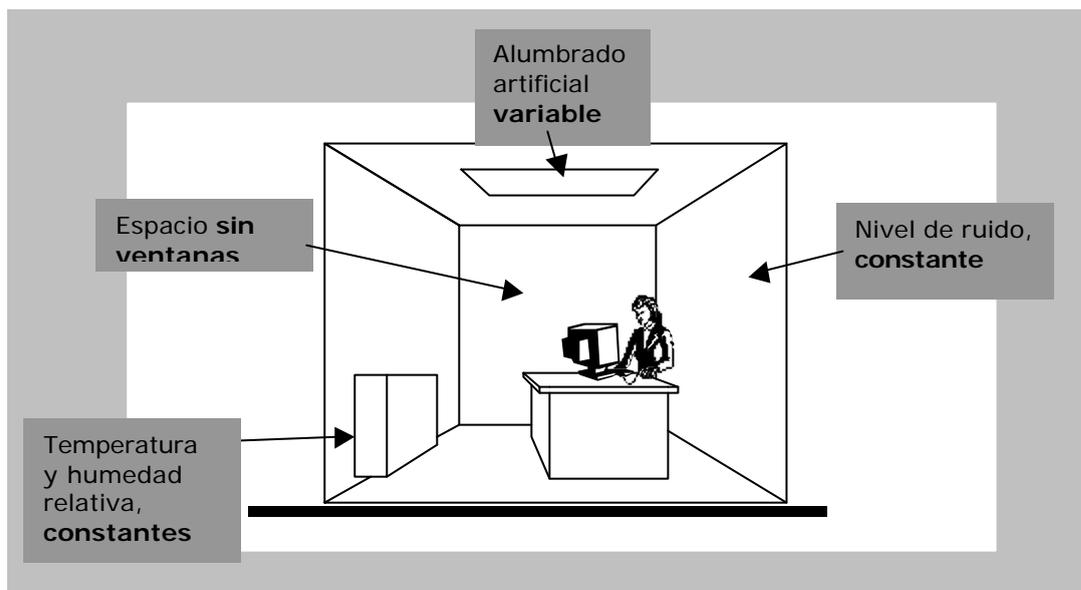


Figura 3-2 Variables ambientales que deben ser controladas.

En nuestro caso, la temperatura ambiente, la humedad relativa y el nivel de ruido en el espacio se registraron y mantuvieron en límites constantes durante la experiencia. Al mismo tiempo se eligió un espacio sin ventanas, a fin de evitar referencias de luz exteriores.

- C. Una de las constantes en trabajos anteriores es cuidar que las características de los sujetos observados sean similares. La edad, la tendencia de actividad (matutina, vespertina) y las horas habituales de sueño. **Ver Figura 3-3**

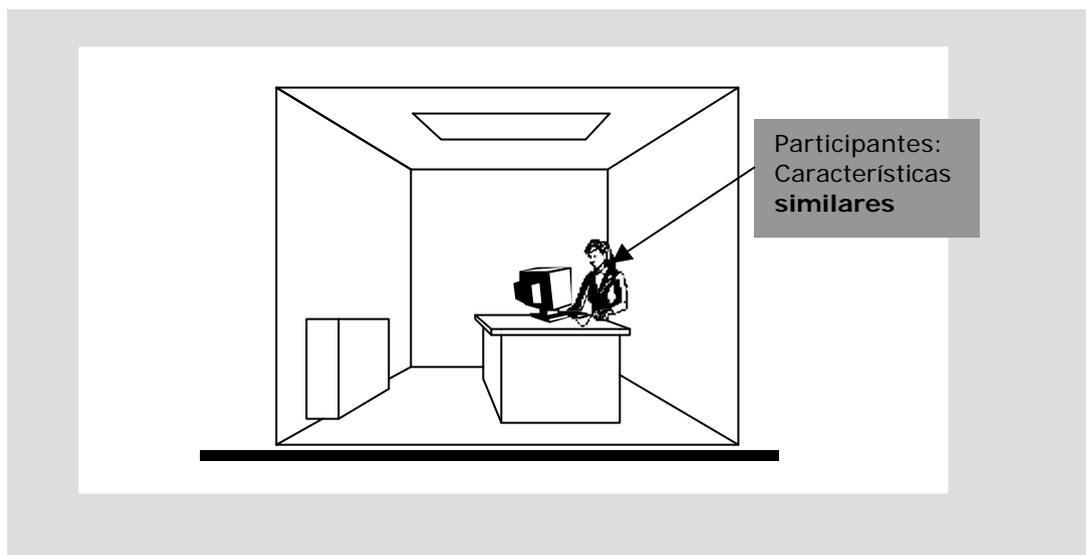


Figura 3-3 Características similares en los sujetos de estudio.

Los participantes de nuestra experiencia cumplen con los requisitos antes mencionados.

- D. Cuando se habla de una alteración de los ritmos circadianos y los daños a la salud como consecuencia de ello, vemos que se requiere un tiempo prolongado de observaciones que permitan verificar si niveles variables de luz mejoran las condiciones.

Esto es lo que han aportado las investigaciones del campo médico, pues señalan que avances o retrasos de fase del ritmo circadiano se deben tanto a las condiciones de exposición a un ambiente lumínico determinado, como a la hora e intensidad en que se aplique y si es durante el día o durante la noche.

Ver Figura 3-4

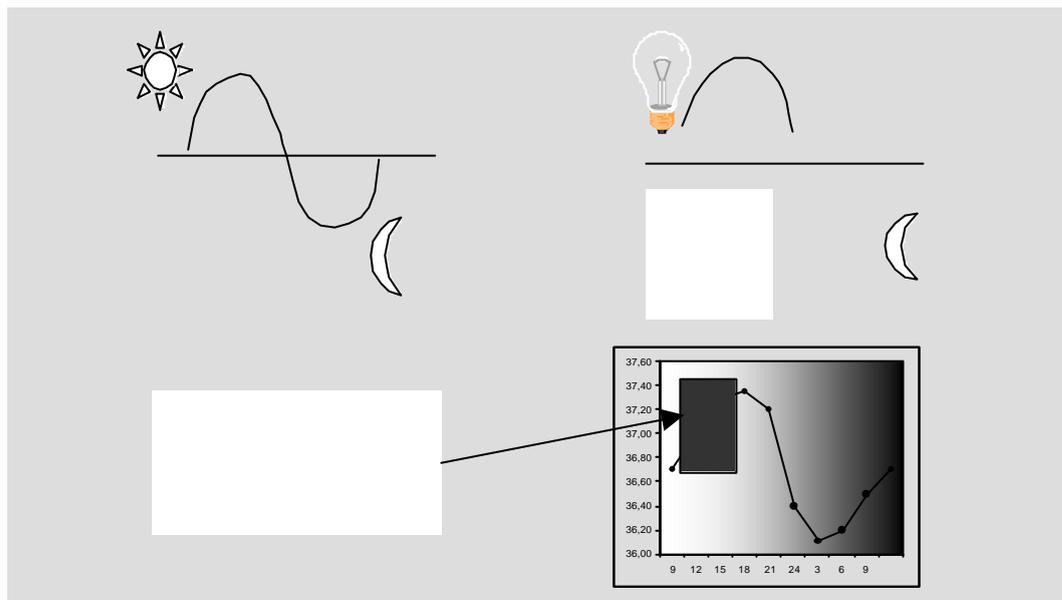


Figura 3-4 Periodo del ritmo circadiano analizado.

En este caso, al tratarse de una experiencia piloto y la primera aplicación de nuestra metodología, se realizaron varias sesiones, durante una parte del ciclo de vigilia del ritmo circadiano, coincidiendo con un horario diurno de trabajo.

- E. Las recomendaciones de algunos especialistas coinciden en afirmar que deben obtenerse pruebas suficientes para determinar si realmente se han mejorado las condiciones en las experiencias realizadas. La forma de conseguirlo es tener la mayor cantidad de actividades mensurables que los participantes puedan desarrollar. Como también entran en juego cuestiones subjetivas de concentración y agotamiento, dependiendo de la hora del día en que nos encontremos, se sugiere su incorporación a las investigaciones. **Ver Figura 3-5**

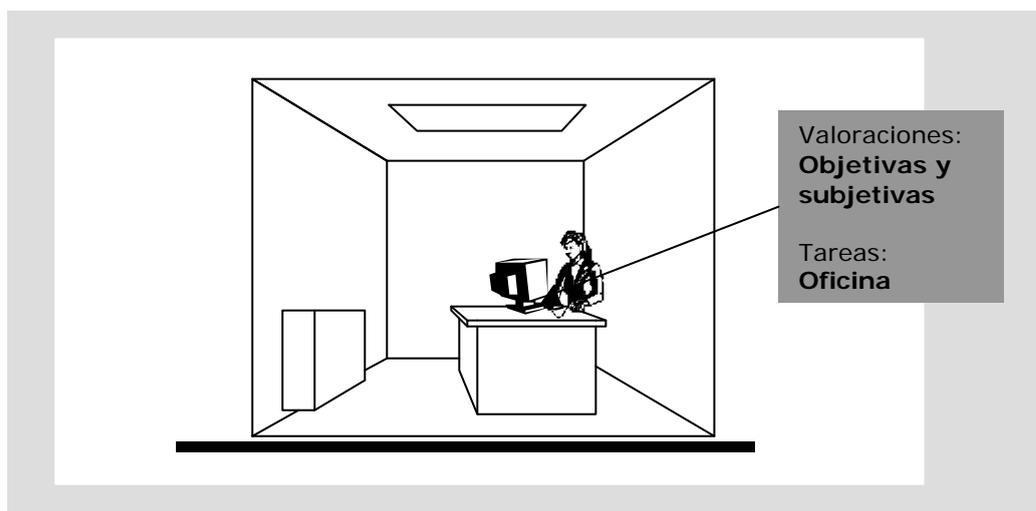


Figura 3-5. Valoración de actividades lo más completa posible.

En este sentido, hemos incorporado los dos tipos de valoración de las tareas a desarrollar durante la permanencia de los sujetos. Las tareas propuestas en nuestra metodología están en función de aquéllas que se desarrollan normalmente en una oficina.

- F. El tipo de actividades realizadas usualmente va en función de los datos que se requiere obtener para cada caso estudiado. En el campo médico se ha registrado sobre todo la ejecución psicomotora. **Ver Figura 3-6**

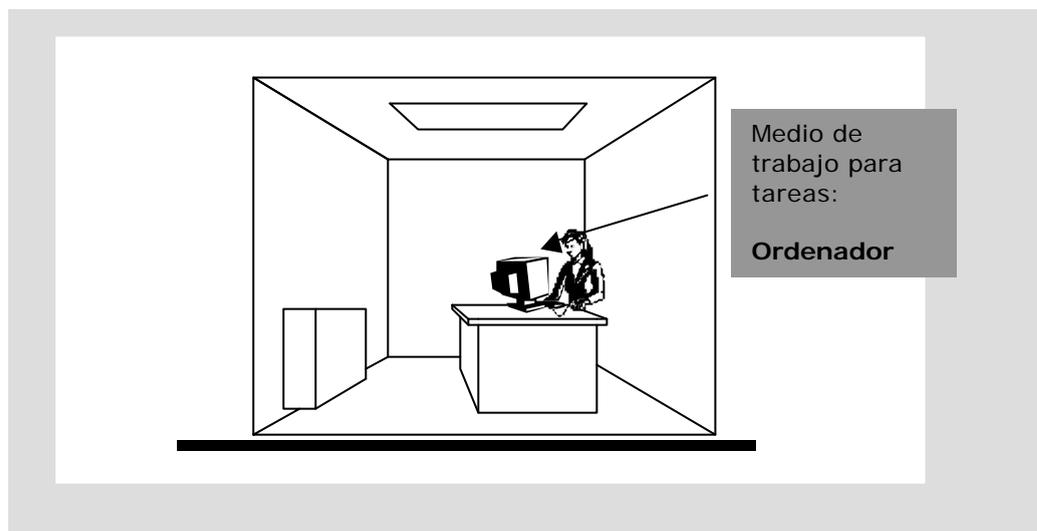


Figura 3-6. Como el ordenador es una herramienta de trabajo bastante incorporada, se recomienda su utilización.

Ya que el uso del ordenador en las oficinas se ha convertido en una herramienta comúnmente utilizada, consideramos conveniente diseñar un programa de actividades que se llevara a cabo por este medio. Esto nos permitió también almacenar una gran cantidad de datos, lo cual facilitó su posterior análisis.

- G.** La última pauta se refiere a las variaciones de la luz y sus características. Aquí es donde puede aportarse más información, ya que hasta el momento sólo se ha encontrado que las condiciones dinámicas de luz generan una mejor respuesta en los sujetos, que las estáticas. **Ver Figura 3-7**

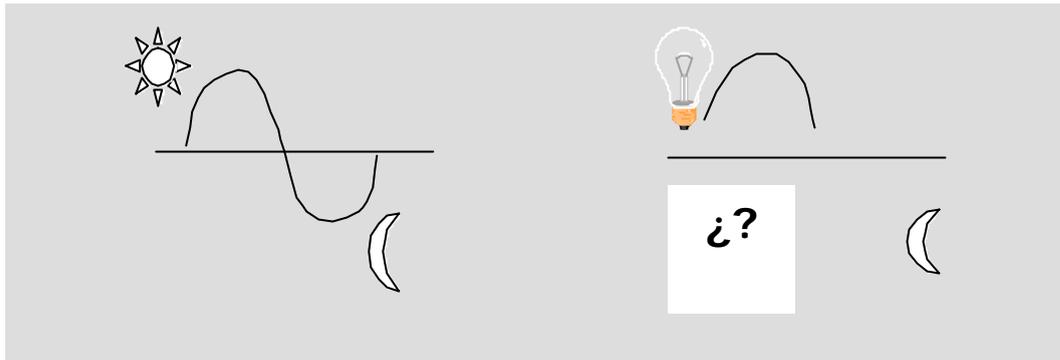


Figura 3-7. Propuesta de variación en los niveles del alumbrado artificial.

En este punto radica una de las mayores aportaciones del presente trabajo, ya que después de haber recopilado y analizado la información descrita en los capítulos anteriores, hemos visto que para respetar la naturaleza tanto de los ritmos biológicos del usuario de oficinas, como del medioambiente, es necesario encontrar una combinación de luz capaz de sincronizarse con el organismo de la persona y lograr que corresponda a su ritmo de actividad-reposo y al mismo tiempo repercuta en el ahorro de energía.

No es una tarea sencilla, puesto que están involucrados otros aspectos que hemos mencionado antes, como la cultura de la luz, por citar alguno; pero sí creemos que debe hacerse un esfuerzo y seguir con la investigación que ayude a descubrir una respuesta.

De las características de la luz, sólo hemos trabajado con los niveles de iluminación, así que nuestra propuesta concreta es variarlos de acuerdo con una curva ascendente hacia mediodía y descendente hacia el atardecer (similar a la curva diaria de luz natural).

3.2.2 Experiencia piloto

La aplicación de las pautas antes descritas se realizó a través de una experiencia piloto llevada a cabo en El Masnou, provincia de Barcelona (ver Figura 3-8).

El Ayuntamiento del municipio nos facilitó un espacio acondicionado como oficina, donde realizamos una serie de pruebas que serán detalladas más adelante.



Figura 3-8. Ubicación de la ciudad donde se llevó a cabo el estudio.

3.2.2.1 El espacio

El espacio cuenta con un sistema de alumbrado artificial variable de 0 a 700 lux, de lámparas fluorescentes, controlado por equipos de alta frecuencia de flujo regulable que normalmente funcionan con célula fotoeléctrica. Para este caso, se sustituyó por un dispositivo de regulación manual.

En la **Figura 3-9** presentamos una imagen que muestra la distribución del mobiliario y el sistema de iluminación. Los sujetos de estudio ocuparon el mismo espacio de trabajo durante las dos sesiones. Cada sujeto de estudio dispuso de un ordenador en su respectiva mesa de trabajo (**ver Figura 3-10**).

Se contaba con aparatos de medición –consultar **Anexo III**– para verificar que las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, sonido), se mantuvieran constantes durante la experiencia, variando únicamente los niveles de iluminación. La vista en planta de la oficina de la **Figura 3-11** indica la localización de los aparatos y ubicación de los sujetos de estudio.



Figuras 39 Imagen del espacio de trabajo, donde se aprecia la iluminación y el mobiliario



Figura 3-10. Imagen de algunos sujetos de estudio en su respectivo lugar de trabajo, tomada durante la experiencia.

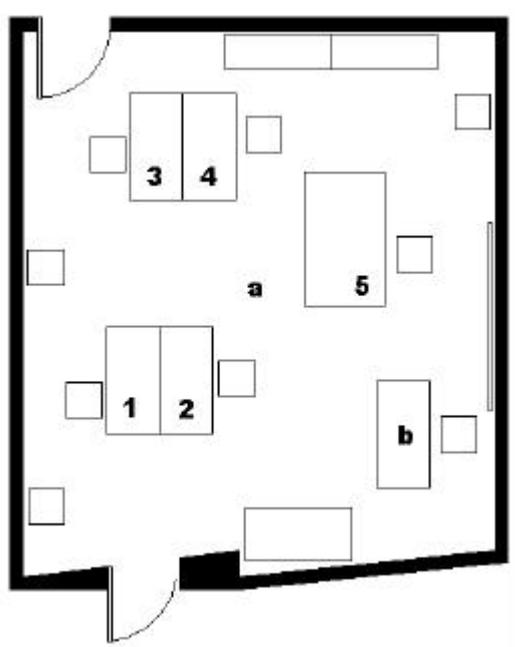


Figura 3-11. Vista en planta de la oficina. Los números del 1 al 5 indican el número de sujeto y su posición en el espacio. Las letras a y b indican las localizaciones de los aparatos de medición.

3.2.2.2 Los sujetos de estudio

Participaron en la experiencia 10 estudiantes, 3 mujeres y 7 hombres (ver Figuras 3-12a/3-12e), de la asignatura de 3^{er} Curso "Acondicionamientos y Servicios" de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, cuyas edades oscilan entre los 20 y 23 años. Duración de sueño normal. (7-8 h.)



Figura 3-12a. Imágenes de las sesiones, destacando a los sujetos de estudio.



Figura 3-12b.

Figura 3-12c.



Figura 3-12d.



Figura 3-12e.



Dichos participantes se dividieron en dos grupos de cinco personas cada uno y se trabajó con ellos en cuatro sesiones diferentes, conforme al siguiente esquema (ver Figura 3-13):

| | SESIÓN 1 | SESIÓN 2 | SESIÓN 3 | SESIÓN 4 |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| NOVIEMBRE 2000 | viernes 17 | sábado 18 | viernes 24 | sábado 25 |
| | GRUPO A | GRUPO B | GRUPO B | GRUPO A |
| | N. L. E. | N. L. V. | N. L. E. | N. L. V. |

Figura 3-13 Cuadro de las sesiones. Las siglas **N.L.E.** significa: Nivel lumínico estático y **N.L.V.**, Nivel lumínico variable.

3.2.2.3 Duración de la experiencia

La experiencia tuvo una duración total de cuatro días, mismos que corresponden a las cuatro sesiones antes descritas. Se llevó a cabo durante las últimas dos semanas del mes de noviembre de 2000. Cada día los sujetos de estudio realizaron actividades similares a aquéllas llevadas a cabo en una oficina (lectura, copia de textos, tareas con ordenador, etc.) conforme a un programa establecido, de 10:00 a 17:00 horas, con una hora intermedia para comer.

3.2.2.4 Valoración de condiciones

OBJETIVAS

Valoración de la capacidad de atención y rapidez perceptiva de los sujetos de estudio, a través de una serie de tests –los cuales se aplicaron en momentos específicos, detallados más adelante– mientras se encuentren trabajando bajo condiciones determinadas de ambiente lumínico.

Medición de la temperatura corporal de los sujetos de estudio cada 15 minutos a lo largo las sesiones.

SUBJETIVAS

Aplicación de tests subjetivos mediante una escala de valores del 0 al 12, calificando el nivel de agotamiento y concentración de los sujetos.

3.2.2.5 Programa de actividades desarrolladas (Anexo IV)

Diseñamos un programa de actividades para esta experiencia en concreto, que consta fundamentalmente de cinco apartados generales:

- ❑ Aplicación de tests de atención y rapidez perceptiva
- ❑ Copia de textos
- ❑ Lectura de textos y preguntas de opción múltiple a través de imágenes
- ❑ Actividades interactivas
- ❑ Consulta de libros y revistas sobre arquitectura
- ❑ Aplicación de tests subjetivos

El programa se instaló en el disco duro de cada uno de los cinco ordenadores en que se evaluó a los sujetos de estudio.

El objetivo del programa contenido en los ordenadores es que los sujetos desempeñen las mismas actividades, de manera tal que también puedan ser valoradas de forma objetiva, al igual que los tests. Es por ello que los temas tratados en el programa están relacionados con la asignatura a la que pertenecían los sujetos de estudio, como es el caso de la copia de textos y las preguntas de opción múltiple.

3.2.2.6 Materiales (Ver Figura 3-14)

- ❑ 5 Ordenadores. Características: Pentium II a 233 Mhz. Disco duro 4 GB Memoria RAM 64 MB. Monitor 17"
 - ❑ Libros (Extractos) **[3,4,5]**
 - ❑ Tests **[6]**
 - ❑ Programa de análisis de datos obtenidos de temperatura corporal
 - ❑ Programa de Actividades para la Experiencia
-

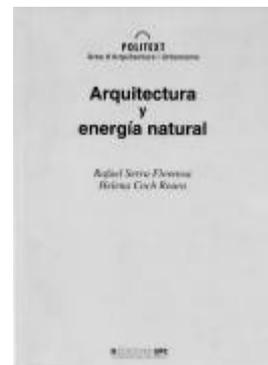


Figura 3-14. Imágenes de ejemplo que muestran algunos de los materiales utilizados.

La utilización de los tests de capacidad de atención y rapidez perceptiva en este caso, se debió a la necesidad de obtener datos que cuantificasen tanto tiempos en la ejecución de tareas, como número de errores, y que por otro lado su aplicación y posterior análisis fuesen susceptibles de adaptarse a un ordenador, mediante un programa. Consideramos que los tests utilizados, debido a sus objetivos, cumplen con las características requeridas.

Respecto a los tests subjetivos, tienen por objeto analizar de una manera sencilla conceptos relacionados con el rendimiento laboral, como son la concentración y el agotamiento que experimenta una persona a lo largo del día.

3.2.2.7 Variables ambientales

Cuando se habla de las variables controladas del espacio, se refiere al ambiente térmico y acústico, los cuales debemos controlar para que no interfieran con las variaciones del ambiente lumínico.

En nuestro caso, la temperatura ambiente, la humedad relativa y el nivel de ruido en el espacio se registraron y mantuvieron en límites constantes durante la experiencia. Al mismo tiempo se eligió un espacio sin ventanas, a fin de evitar referencias de luz exteriores.

Los aparatos utilizados para medir las variables ambientales fueron los siguientes (ver **Figura 3-15a** y **b** –consultar especificaciones en **Anexo III**):

Programa IDAS (1)

Luxómetro (2)

Termohigrómetro (3)

Sonómetro (4)



a



b

Figura 3-15. Imágenes con los instrumentos de medición.

3.2.2.8 Condiciones lumínicas en cada sesión

Se tuvieron dos sesiones de condiciones lumínicas diferentes para cada grupo. Una con un nivel de luz mínimo constante de 400 lux, y otra con un nivel variable de 400 a 700 lux, de acuerdo a la siguiente tabla: (ver Figuras 3-16 y 3-17).

| | GRUPO A | | GRUPO B | |
|---------------|----------|----------|----------|----------|
| | SESIÓN 1 | SESIÓN 4 | SESIÓN 2 | SESIÓN 3 |
| 10:00 a 11:00 | 400 lx | 400 lx | 400 lx | 400 lx |
| 11:00 a 12:00 | 400 | 550 | 550 | 400 |
| 12:00 a 13:00 | 400 | 700 | 700 | 400 |
| 13:00 a 14:00 | 400 | 700 | 700 | 400 |
| 14:00 a 15:00 | 400 | 700 | 700 | 400 |
| 15:00 a 16:00 | 400 | 550 | 550 | 400 |
| 16:00 a 17:00 | 400 | 400 | 400 | 400 |

Figura 3-16. Niveles establecidos de iluminación para cada hora y sesión.

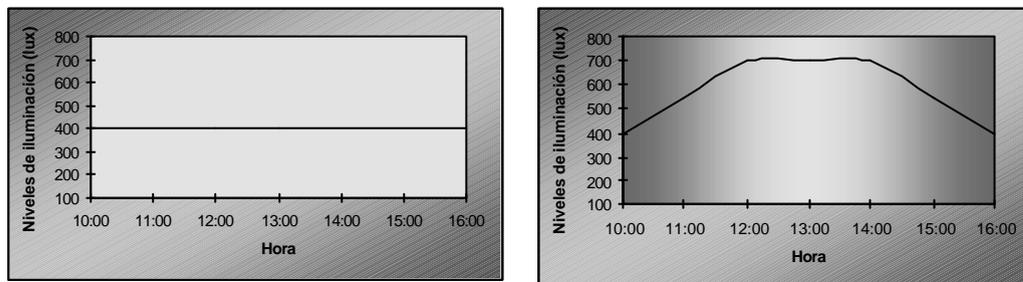


Figura 3-17. Gráficos de los niveles de iluminación para cada sesión.

3.3 CONCLUSIONES

- **Concluimos este capítulo reiterando que la metodología de experimentación aquí planteada, tomó como punto de partida los resultados y conclusiones de los trabajos más significativos que han estudiado recientemente la problemática.**

 - **En lo que concierne a nuestras principales aportaciones tenemos que el método responde a un acercamiento al problema del ambiente lumínico de los interiores de un espacio de trabajo, visto desde la perspectiva del arquitecto y el ingeniero en iluminación. En este sentido, se ha generado una herramienta de análisis que puede ser posteriormente utilizada, puesto que ha “traducido” la esencia de otras áreas y la ha incorporado a un lenguaje más asequible a nuestra disciplina.**

 - **Es decir, la necesidad de establecer nuevos elementos dentro de las pautas metodológicas ha sido una de las principales recomendaciones surgidas dentro del Área Médica y retomadas posteriormente en el Área Luminotécnica, y se refiere al hecho de diseñar el ambiente lumínico de los sitios de trabajo con criterios cronobiológicos para proveer un tipo de *fototerapia preventiva*, ya que de esta manera, el mero hecho de trabajar en los edificios tendría los efectos positivos de la fototerapia, pero con la ventaja de que ésta no necesita llevarse a cabo fuera del lugar habitual de trabajo.**
-

- **Finalmente queremos decir que a partir de ese objetivo, y como una aportación más, realizamos la aplicación práctica a través de una serie de experiencias, donde se analizan los parámetros determinados durante la investigación. Esto conforma el estudio de variabilidad propiamente dicho, que ha arrojado una cantidad de datos los cuales serán analizados en el siguiente capítulo.**
-

3.4 REFERENCIAS

[1] Murguía, L. y San Martín, R. (2001)

Ponencia: Estudio sobre la variabilidad de los niveles lumínicos en oficinas. XXVII SIMPOSIUM NACIONAL DE ALUMBRADO. Ponferrada, España.

[2] Murguía, L. y San Martín, R. (2001)

ARTIFICIAL LIGHTING AND WORK SPACES. The lit environment in terms of user biology. INTERNATIONAL LIGHTING CONGRESS CIE. Istanbul.

[3] Serra, R. (1999)

Arquitectura y climas. Gustavo Gili. Básicos. 94 pp.

[4] Serra, R. y Coch, H. (1994)

El disseny energètic a l'arquitectura. Edicions UPC. 174 pp.

[5] Serra, R. y Coch, H. (1995)

Arquitectura y energía natural. Edicions UPC. 174 pp.

[6] Bonnardel, R. (1970)

BG3 Test de las figuras iguales, M.E.T.S.A. 20 pp.

Bonnardel, R. (1970)

BG9 Test de percepción, M.E.T.S.A. 23 pp.

Rey, A. (1975)

Test de copia de una figura compleja, Adaptación española. TEA Ediciones, S.A. 19 pp.

Thurstone, L. (1975)

Test Formas Idénticas, Adaptación española TEA Ediciones, S.A. 22 pp.

Thurstone L. L. (1989)

Test Cuadrados de Letras, Adaptación española TEA Ediciones, S.A. 19 pp.

Toulouse E., Pieron H. (1972)

TOULOUSE-PIERON (Prueba Perceptiva y de Atención), TEA ediciones, S.A.

Yela, M. (1966)

Test Rotación de Figuras Macizas, TEA ediciones, 16 pp.
