



---

# TERCERA PARTE

---

□ □ □ □ ■ 5. **DISCUSIÓN Y  
PROPUESTAS**

---

## 5.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las conclusiones de los capítulos anteriores, podemos ver que la solución al problema planteado involucra muchos aspectos de diversa complejidad, que aquí serán nuevamente abordados y discutidos, como una fase previa al establecimiento de las conclusiones del trabajo.

Recordemos que la preocupación fundamental respecto al ambiente lumínico de un espacio de trabajo es que no refleje las variaciones temporales y estacionales a que nuestro organismo está por naturaleza acostumbrado.

En foros internacionales se ha expuesto la necesidad de generar un alumbrado artificial dinámico. Sin embargo, a nuestra consideración, la forma en que se determinan dichos cambios, no debe sólo responder a cuestiones subjetivas de apreciación del espacio, sino a una mejor respuesta de los usuarios ante una iluminación cambiante que repercuta sobre su salud, y por lo tanto, su desempeño en el trabajo.

Por esto en nuestro estudio hemos intentado dar prioridad a tareas que pudiesen ser evaluadas objetivamente, por lo cual utilizamos los tests de capacidad de atención y rapidez perceptiva, que son herramientas de fácil cuantificación.

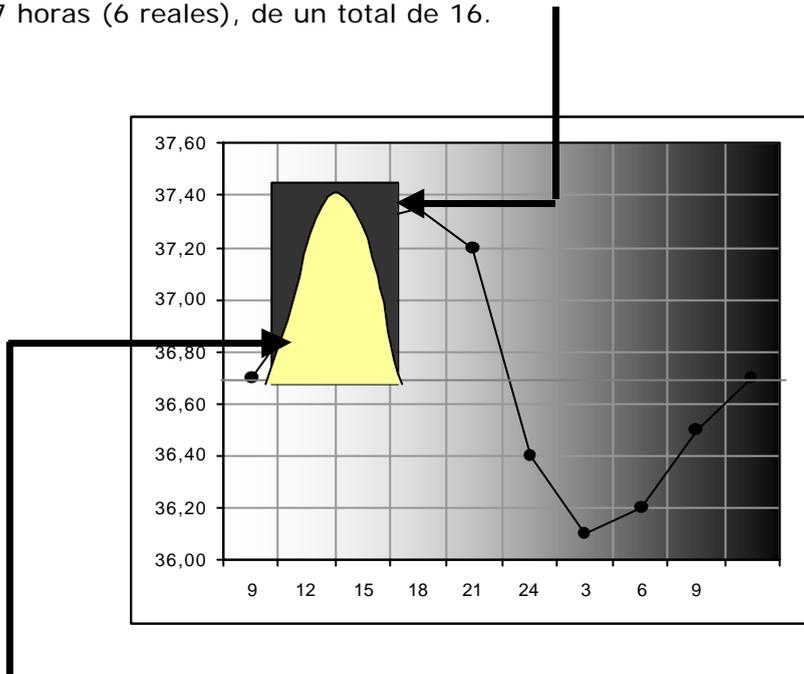
Y al mismo tiempo también incluimos tests de evaluación subjetiva, pero no de apreciación del espacio, sino más bien de aquellos elementos que son importantes en el rendimiento laboral, como la concentración y el agotamiento.

**Bajo estas consideraciones, debemos discutir básicamente los aspectos que deben ser tomados en cuenta para incidir sobre un cambio en la conceptualización y normalización de los parámetros de diseño del alumbrado artificial en oficinas, y que en este caso dependen de los resultados obtenidos en nuestro estudio.**

---

## 5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

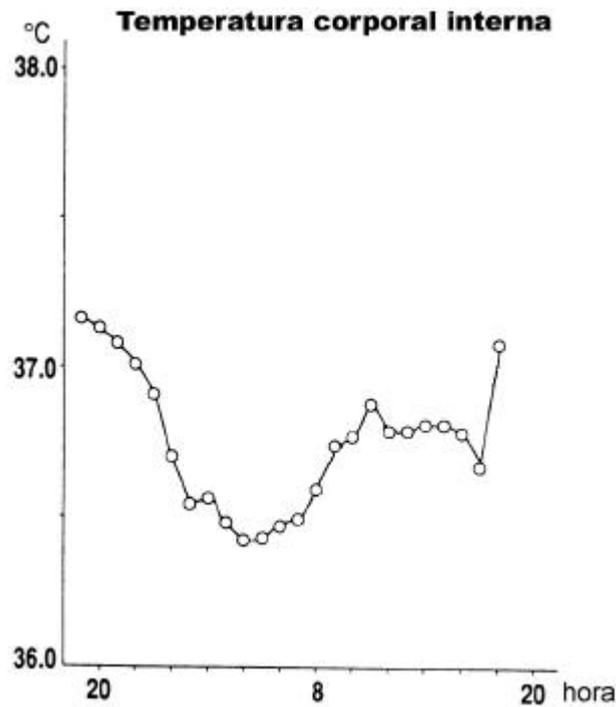
- En primer lugar, no debemos perder de vista que nuestro estudio se realizó sólo en una parte del ciclo circadiano de vigilia, es decir estamos hablando de 7 horas (6 reales), de un total de 16.



- Las variaciones en los niveles de iluminación, que se plantean de manera esquemática en la gráfica, nos indican la forma propuesta, que no se modifica si se amplía el horario de observaciones, siempre y cuando se desarrolle en un horario diurno.

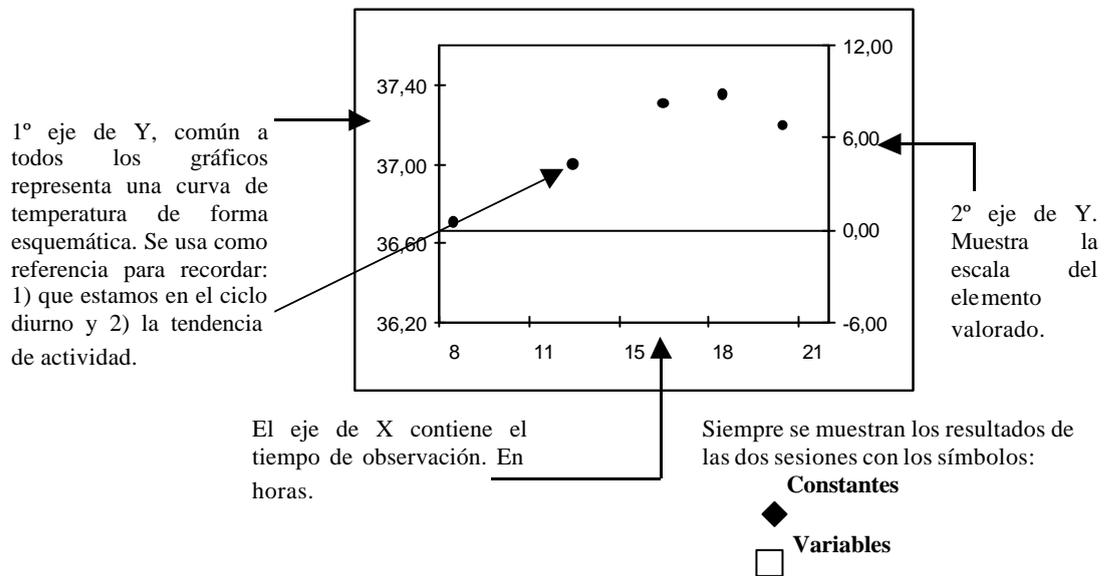
Es decir, que se respetaría la curva ascendente hacia la primera mitad del ciclo y descendente hacia la segunda.

- Tampoco debemos dejar de mencionar que hasta ahora habíamos usado unos esquemas simplificados de ritmo circadiano, presentándolo siempre como una curva sinusoidal simple. Sin embargo, una gráfica que represente la temperatura interna, vista en detalle, muestra pequeñas variaciones temporales, tal como lo vemos en la **Figura 5-1**, que refleja datos reales de temperatura medidos durante 24 horas.



**Figura. 5-1** Temperatura interna en un ritmo circadiano. Fuente: Foret et al. (1993).

- Para terminar con esta acotación explicamos brevemente el contenido de los gráficos de resultados:



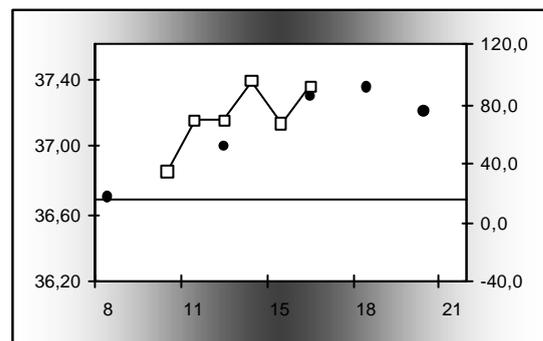
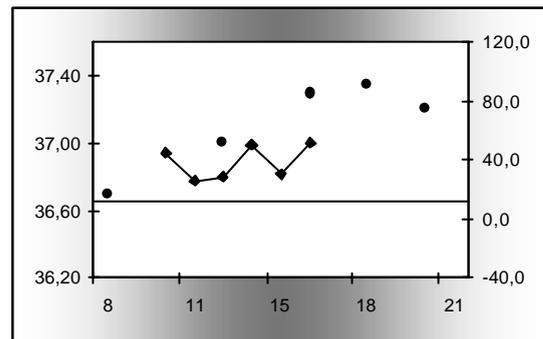
Hechas estas aclaraciones, podemos exponer en síntesis los resultados alcanzados durante la fase experimental.

### 5.2.1 Valoraciones objetivas

Respecto a las **VALORACIONES OBJETIVAS**, tenemos:

#### 5.2.1.1 Tests

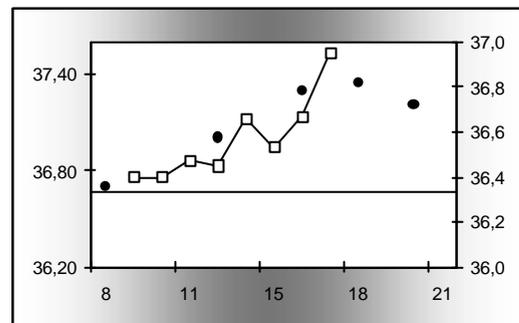
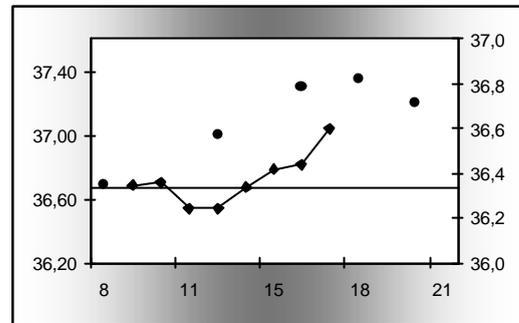
Las siguientes **Figuras (5-2 y 5-3)** muestran la respuesta a los tests de capacidad de atención y rapidez perceptiva para las dos diferentes sesiones, constantes ( $\bar{x}$ ) y variables ( $\bar{y}$ ). Observemos que las diferencias comienzan hasta la segunda hora y curiosamente, después presentan un desarrollo similar, pero con mejores resultados en la sesión de niveles variables.



**Figuras 5.2 y 5.3.** Esquema comparativo entre sesiones, para tests de capacidad de atención y rapidez perceptiva; niveles constantes y variables, respectivamente.

### 5.2.1.2 Temperatura corporal

Veamos ahora las dos sesiones, constantes ( $\bar{y}$ ) y variables ( $\bar{y}$ ), para el resultado de temperatura corporal. Al igual que en el inciso anterior, las diferencias comienzan a notarse a la segunda hora de actividad, coincidiendo con el primer cambio en el nivel de iluminación. Después, en las dos sesiones se mantiene un ritmo ascendente, pero con valores más altos durante la sesión con variaciones. Ver **figuras 5-4 y 5-5**



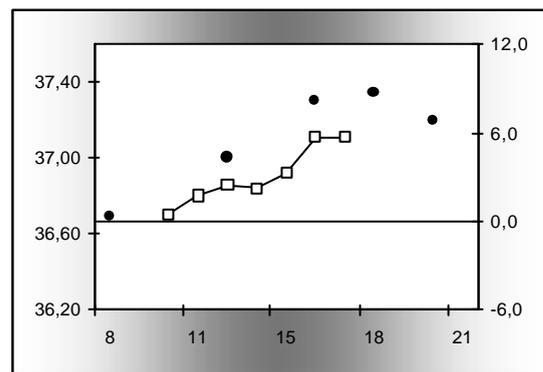
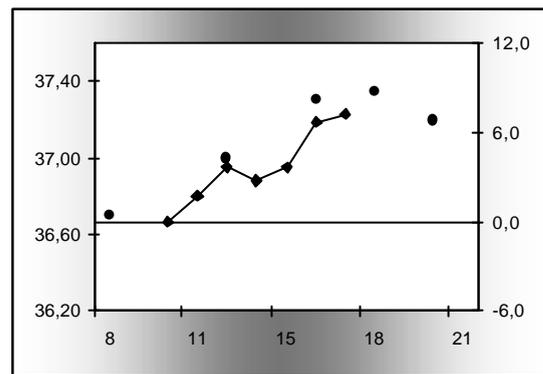
**Figuras 5-4 y 5-5.** Esquema comparativo entre sesiones, para valores de temperatura corporal, niveles constantes y variables, respectivamente.

### 5.2.2 Valoraciones subjetivas

Respecto a las **VALORACIONES SUBJETIVAS**, tenemos:

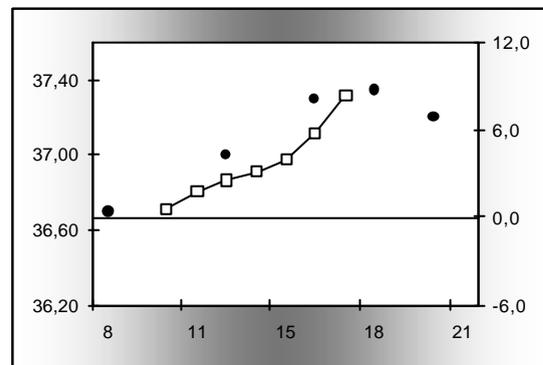
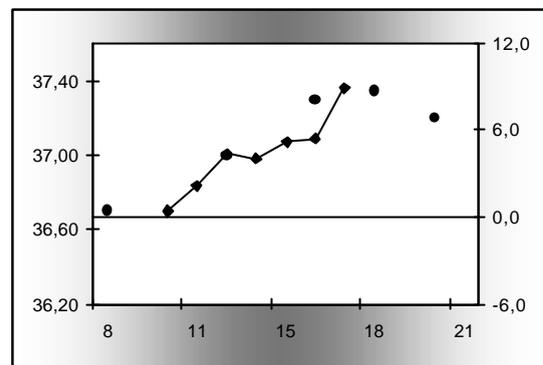
#### 5.2.2.1 Nivel de agotamiento

En las siguientes Figuras (5-6 y 5-7), mostramos el nivel de agotamiento de los sujetos durante las sesiones, valorado por ellos mismos. Pese a que sigue una curva similar, los valores son más bajos para la sesión con variaciones, lo cual interpretamos como un menor cansancio bajo luz no estática.



**Figuras 5-6 y 5-7.** Esquema comparativo entre sesiones, para nivel de agotamiento. Niveles de iluminación constantes y variables, respectivamente

Tal como expusimos en la metodología, los parámetros de agotamiento y concentración también fueron registrados por observadores que formaban parte del equipo de trabajo. El objetivo de realizar este registro se debe a la necesidad de obtener más información, sobretodo de los aspectos subjetivos de la prueba. En el caso del nivel de agotamiento obtuvimos los siguientes resultados (ver Figuras 5-8 y 5-9):

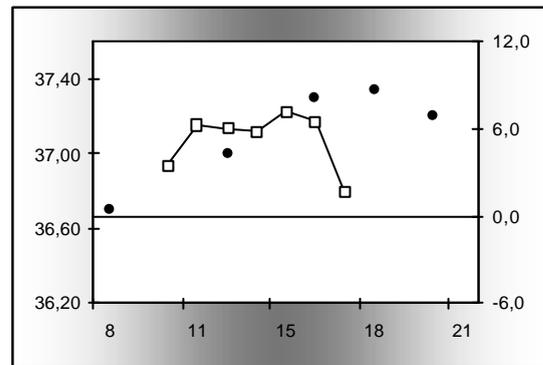
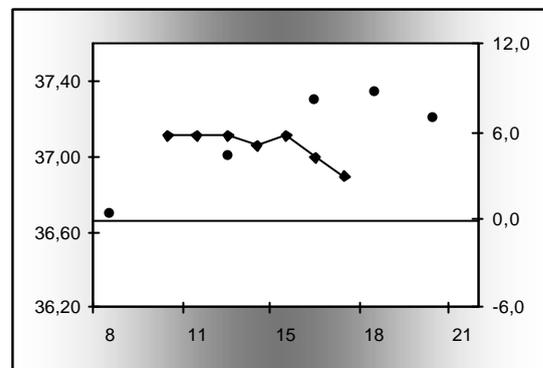


**Figuras 5-6 y 5-7.** Esquema comparativo entre sesiones, para nivel de agotamiento. Evaluado por observadores, bajo niveles constantes y variables, respectivamente.

Podemos ver que los datos no difieren significativamente entre aquellos aportados por los sujetos y los de los observadores; quizá la diferencia más notable sea que para la sesión de niveles variables la curva trazada es más sutil que la del inciso anterior. Cabe aclarar que mientras unos describían qué tan cansados se sentían, los otros anotaban qué tan agotados parecían.

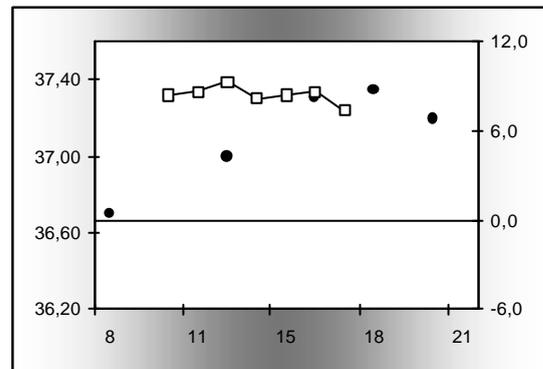
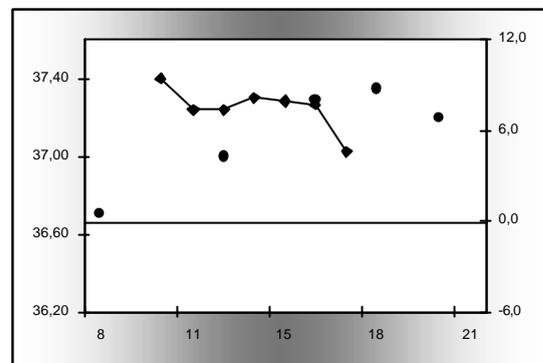
### 5.2.2.2 Nivel de concentración

Valorado también por los sujetos, tenemos el estado de concentración, que bajo los niveles variables presenta diferencias notables respecto a los estáticos. Las **Figuras 5-10 y 5-11** parecen indicar que la mayor concentración se da entre las 11 y las 16 horas en ambos casos, sin embargo difieren en el comienzo y el fin de las sesiones. De cualquier forma, los valores del segundo gráfico son más altos.



**Figuras 5-10 y 5-11.** Esquema comparativo entre sesiones, para nivel de concentración, según los sujetos. Niveles de iluminación constantes y variables, respectivamente.

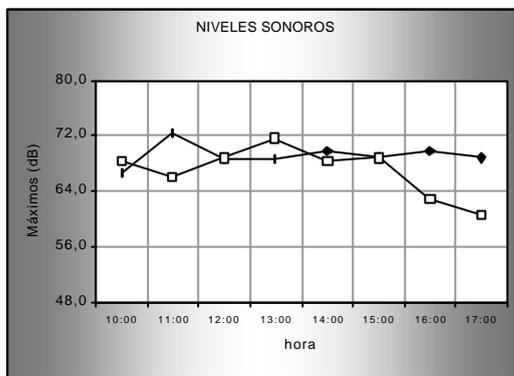
Por último, el estado de concentración, evaluado por los observadores. Aquí existen diferencias significativas respecto al inciso anterior; además de que los valores se ven incrementados, se aprecia que durante la sesión de niveles constantes hay un cambio drástico al principio y al final de la misma, por el contrario durante la otra sesión, los valores se mantienen en un nivel constante, disminuyendo ligeramente hacia la última hora. **Ver Figuras 5-12 y 5-13**



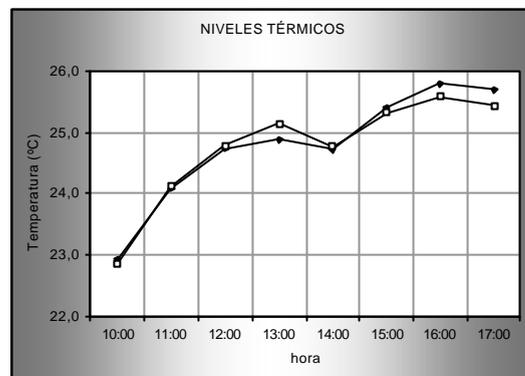
**Figuras 5-12 y 5-13.** Esquema comparativo entre sesiones, para nivel de agotamiento. Evaluado por observadores. Niveles constantes y variables, respectivamente.

### 5.2.3 Variables ambientales

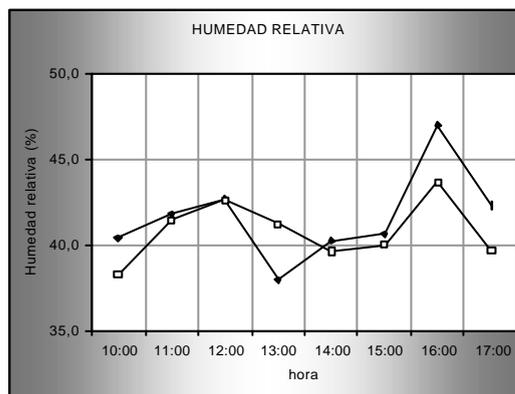
Respecto a las variables ambientales, podemos ver en las **Figuras 5-14, 5-15 y 5-16** que se presentaron niveles mínimos de variación en una sesión y otra. Con lo cual podemos afirmar que se mantuvieron en niveles constantes durante las dos sesiones. En el caso de temperatura ambiente, el aumento progresivo indica el incremento de calor por ocupación de las personas, y el producido por los ordenadores.



**Figuras 5-14.** Registro de variables ambientales entre sesiones. Niveles máximos de ruido (dB).



**Figura 5-15.** Registro de variables ambientales entre sesiones. Valores temperatura ambiente (°C).



**Figura 5-16.** Registro de variables ambientales entre sesiones. Valores de humedad relativa (%).

### **5.3 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS**

En este punto consideramos muy importante retomar los principios de nuestra metodología de trabajo, que buscaba sobre todo encontrar una forma de evaluar y a la vez proponer soluciones a las afecciones a la salud debidas a un alumbrado artificial estático.

Para ello, como hemos explicado en otras ocasiones, partimos de los estudios multidisciplinarios que han abordado la problemática (tratados en el capítulo 2). Cabe destacar que es un tema de reciente difusión y por ello plantea muchas interrogantes acerca de los pasos a seguir para establecer una metodología única. Sin embargo sí que hemos logrado plantear unas pautas generales presentes en trabajos anteriores.

En términos generales podemos decir que las directrices de investigación, tal como hemos visto en los capítulos 1 y 2 del presente trabajo, dependen básicamente de la medición de: a) un parámetro circadiano, b) el desarrollo de una tarea específica, y c) sensaciones subjetivas respecto al desempeño de la actividad. Todo ello evaluado bajo un ambiente global controlado, donde su componente lumínico presente unas variaciones determinadas.

Serán estas tres directrices de investigación las que valoraremos en los apartados siguientes a través de la metodología y los resultados obtenidos por otros trabajos, a fin de determinar nuestra aportación a la problemática estudiada.

---

### 5.3.1 Metodología

Retomamos en este apartado dos de los trabajos expuestos en el Estado del Arte; uno es el desarrollado por la empresa iGuzzini Illuminazione en colaboración con el Lighting Research Centre del Rensselaer Polytechnic de Nueva York (**ver Pág. 2-6**), y el otro a cargo del profesor Majoros, A. de la Universidad de Budapest y Luxmate Controls (**ver Pág. 2-11**).

El primero de ellos, a pesar de haberse realizado durante la noche y de que sus objetivos tenían un enfoque distinto al nuestro, también se refiere a trabajadores que permanecían realizando tareas en un espacio, y es por ello que metodológicamente nos resultó de gran ayuda.

El segundo se realizó en el periodo diurno del ritmo circadiano y metodológicamente presenta una gran cantidad de semejanzas con nuestro estudio, tanto en el número de sujetos observados, como en los parámetros analizados.

Respecto a las directrices comentadas anteriormente, en los tres estudios se tomó en consideración: a) un parámetro circadiano, b) el desarrollo de una tarea específica, y c) sensaciones subjetivas respecto al desempeño de la actividad.

La diferencia más evidente resulta de la variación propuesta en los niveles de iluminación, que resumimos en la siguiente figura:



**Figura 5-17.** Síntesis de las variaciones propuestas en algunos trabajos recientes de similar metodología.

### 5.3.2 Resultados

Por otro lado, nuestros resultados también coinciden en principio con los trabajos antes referidos, en el sentido de que se encontraron mejoras entre las sesiones de control a niveles constantes y las de prueba a niveles variables, lo cual nos indica en primera instancia que la respuesta ha sido satisfactoria.

En el primero de ellos, los trabajadores nocturnos de salas de control analizados, presentaron los mejores resultados tanto en motivación, cambios en la temperatura corporal y respuestas correctas a tareas cognoscitivas complejas, durante la luz dinámica decreciente de 2800 a 200 lux.

En el segundo, sus resultados mostraron que la luz dinámica creciente mantuvo la activación de los sujetos a un nivel alto; que la cantidad de trabajo fue básicamente la misma, pero trabajaron de manera más certera y precisa. También encontraron la luz dinámica subjetivamente más estimulante, placentera y menos agotadora.

**Sin embargo, consideramos que nuestros resultados demuestran además una adecuación de las respuestas obtenidas a un ciclo cambiante más acorde a las condiciones naturales, tanto de luz natural, como de actividad.**

---

## 5.4 APORTACIÓN DE LA TESIS

Antes que nada, quisiéramos retomar aquí las cuestiones a las cuales hicimos alusión en el Planteamiento del problema, acerca de la importancia de la luz en la naturaleza y en la Arquitectura, y más específicamente a la situación actual del Alumbrado Artificial y sus repercusiones sobre la salud del ser humano.

Debemos tomar en cuenta que, desafortunadamente, con los avances en materia de iluminación artificial, en términos generales se ha generado la tendencia de prescindir de la luz natural en algunas áreas de trabajo en los edificios, pues se anteponen factores de carácter económico o de otro tipo, a las necesidades del ser humano con respecto a la luz.

Esto atañe directamente al arquitecto, que como productor de filtros ambientales para crear espacios vitales, debería tener muy presente los efectos que el ambiente interior le ocasionarán al usuario de sus edificaciones.

Un diseño adecuado, desde nuestro punto de vista, debe incorporar luz natural con todos los beneficios que ello supone para la salud de las personas y luz artificial con un diseño que considere los resultados de los trabajos más recientes en materia de bienestar y salud. **Ver Figura 5-18**



**Figura 5-18** La conjunción de luz natural y luz artificial debe responder a las necesidades básicas del ser humano.

Y es en ese sentido que consideramos nuestro trabajo como una aportación a la investigación de la influencia del alumbrado artificial sobre el bienestar de las personas en ambientes de trabajo.

Y en el caso particular del estudio de variabilidad en los niveles, encontramos que la respuesta del organismo del ser humano a un ambiente lumínico determinado depende mucho de la hora del día que se analice, ya que como hemos visto hasta ahora, nuestras funciones físicas, biológicas y fisiológicas, siguen unos patrones de ritmicidad íntimamente relacionados con las características variables del medio ambiente exterior.

De esta manera, nuestra propuesta difiere de los trabajos anteriores al plantear una variación de los niveles de iluminación que coincide más con aquélla del ambiente exterior y con las curvas de actividad reflejadas en la solución de tareas específicas (ver Figura 5-19). Lo que consideramos nuestra segunda aportación al tema de estudio.

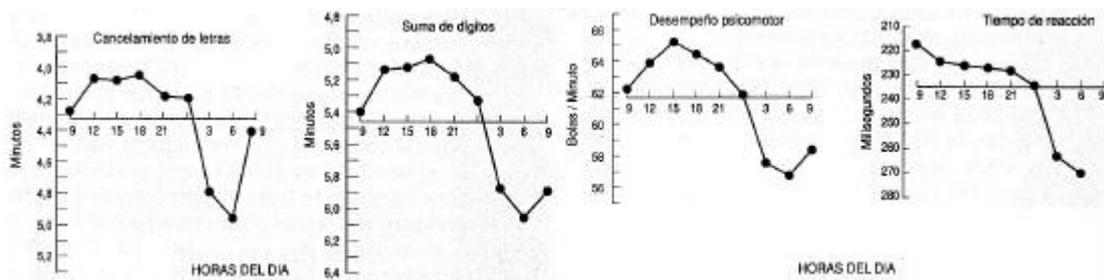


Figura 5-19. Ciclo circadiano reflejado en diversos tipos de actividad.

## 5.5 PROPUESTAS

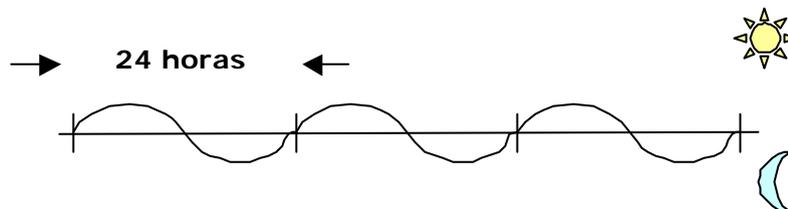
En conclusión, para terminar con este capítulo, consideramos oportuno hacer una propuesta final que serviría como punto de partida para otros trabajos y también para valorar aquellas consideraciones que podrían ser tomadas en cuenta para un cambio en las recomendaciones sobre alumbrado artificial en oficinas.

Nuestra propuesta final se compone de una serie de elementos que hemos denominado Pautas de variación, y que se refieren a las condicionantes que han de revisarse a fin de proponer una solución adecuada en cada caso.

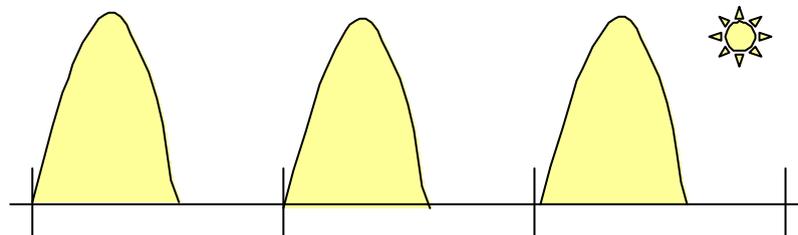
### □ Pautas de variación:

**A. Variación en los niveles de iluminación ascendente hacia mediodía y descendente hacia el atardecer, en respuesta a la curva de actividad de las personas y a la curva de luz natural.**

#### 1. Actividad

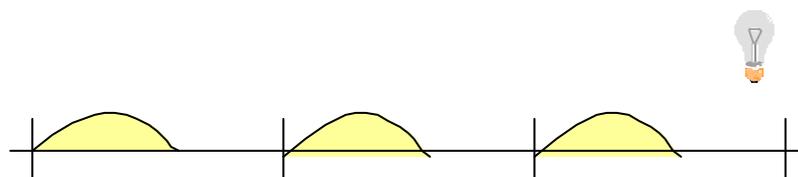


#### 2. Luz natural



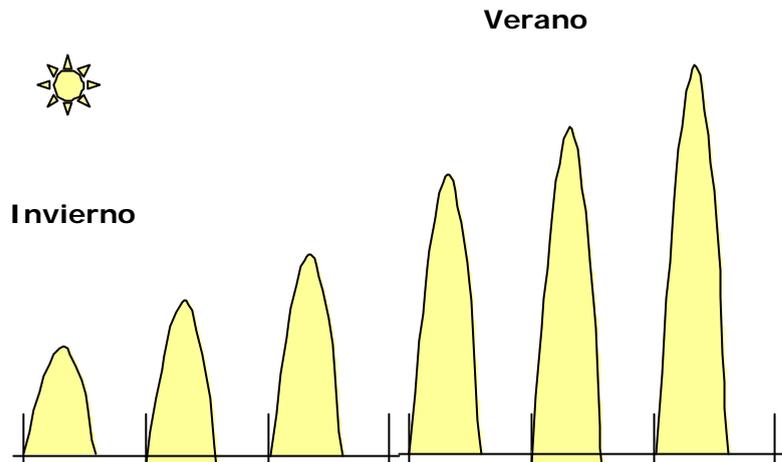
#### Luz artificial

#### PROPUESTA

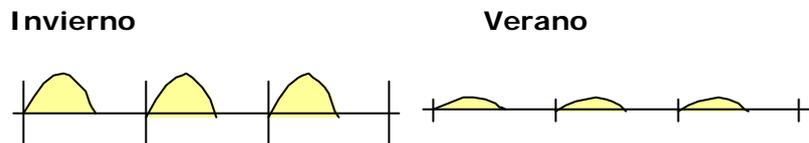


B. Ya que la luz natural registra cambios estacionales, los cuales también son detectados por nuestro organismo, proponemos variaciones en el alumbrado artificial acordes con dichos cambios.

Luz natural



Luz artificial  
PROPUESTA

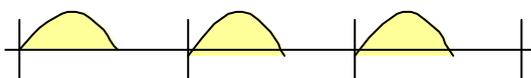


C. Rangos flexibles de amplitud de la curva para diversas latitudes, ya que la disponibilidad de luz natural varía de acuerdo con nuestra situación geográfica.



Luz artificial  
PROPUESTA

Dinamarca invierno



España invierno

