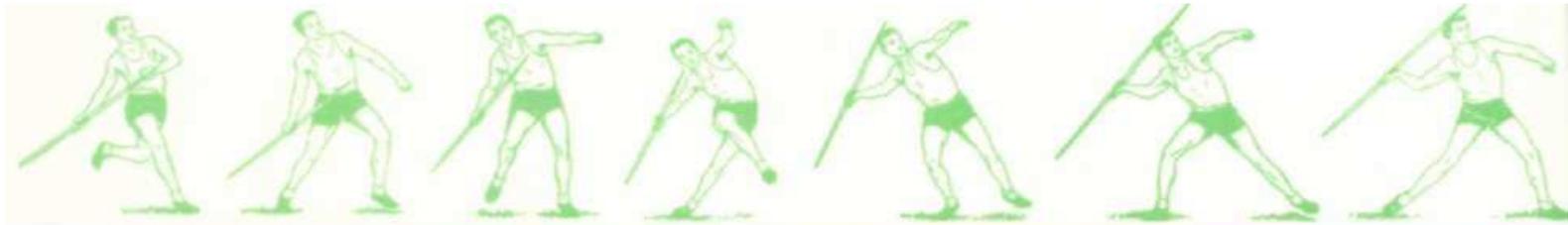


ergonomía para el diseño



Cecilia Flores

DESIGNIO) ■ ■ ■ TEORÍA Y PRÁCTICA

Ergonomía para el diseño

Ergonomía para el diseño

Cecilia Flores

Primera edición, 2.001
Diseño: Marina Garone
Iconografía: Marina Garone y Maia F. Miret

ISBN 968-5374-02-3

© Cecilia Flores

D. R. Librería, sa de cv
Pitágoras 1143-E, Del Valle,
03100 México, df. Teléfonos y faxes:
(52- 55) 5335 1«3> 5335 i«4i 5335 "4* y 5335 "43 Correo
electrónico: designio@editorialdesignio.com
Impreso y hecho en *Mexico/Printed in Mexico*

índice

Presentación	11
Introducción.....	13
1. Definiciones de ergonomía.....	17
Análisis de la terminología.....	19
Definición de ergonomía para diseño industrial.....	25
2. La ergonomía como actividad profesional	27
La ergonomía y las ciencias que la conforman.....	27
La ergonomía como profesión.....	28
La ergonomía y otras profesiones	31
La ergonomía y sus componentes.....	31
3. Factor anatomofisiológico	35
Definición.....	35
Base estructural	35
Sistemas corporales básicos para la ergonomía	36
Sistema cardiovascular.....	37
Sistema respiratorio.....	38
Sistema nervioso.....	38
Aparato locomotor.....	40
Movimiento corporal.....	44
Posturas y movimientos.....	46
Fatiga.....	48
Biomecánica.....	49
Funciones metabólicas.....	50
Ergometría.....	53
Poblaciones especiales.....	54
Recomendaciones ergonómicas	60
4. Factor antropométrico.....	63
Orígenes.....	63
Definición.....	65
La antropometría y la variabilidad humana.....	66
Somatotipos.....	68

Divisiones de la antropometría.....	70
Recomendaciones ergonómicas	76
5. Factor psicológico.....	81
Definición.....	8 [
Relación psicológica.....	82
Estímulos	83
Órganos sensoriales.....	84
Sistema visual.....	87
Oído.....	93
Gusto y olfato.....	96
Sentido somestésico.....	99
Sentido vestibular.....	105
Recomendaciones ergonómicas.....	106
6. Factor sociocultural.....	109
Generalidades.....	109
Cultura y sociedad	110
Relaciones culturales	111
7. Factores ambientales.....	119
Generalidades.....	119
Disciplinas auxiliares.....	119
Medio ambiente.....	122
Factores climatológicos naturales.....	124
Factores climatológicos artificiales.....	124
Temperatura	126
Humedad	129
Ventilación	130
Iluminación.....	132
Color.....	139
Sonido y ruido.....	147
Vibración	150
Contaminación.....	155
8. Factores objetuales.....	161
Generalidades.....	161
Definición.....	161
Factores objetuales contra factores humanos y ambientales ...	161 Funciones
objetuales y factores humanos.....	165

9- Métodos y técnicas ergonómicos	167
Generalidades.....	167
Proceso metodológico para el diseño industrial.....	167
Proceso metodológico de ergonomía.....	174
Factor sociocultural.....	T78
Secuencia de uso.....	179
Detección de problemas y aciertos de uso.....	181
Análisis de los factores objetuales.....	182
Interfaz entre factores objetuales, humanos y ambientales.....	182
Factor anatomofisiológico.....	183
Factor antropométrico.....	184
Factor psicológico.....	196
Análisis del entorno.....	197
Requerimientos ergonómicos	199
Método ergonómico de simulación.....	200
Comprobación ergonómica.....	203
Anexo A.....	207
Anexo B.....	208
Anexo C.....	209
Anexo D.....	211
Anexo E.....	212
Anexo F.....	213
Anexo G.....	214
Anexo H	215
Anexo I.....	216
Anexo J.....	217
Anexo K.....	218
Anexo L.....	220
Anexo M.....	222
Anexo N	223
Anexo O	224
Anexo P.....	225
Anexo Q	226
Anexo R	230
Anexo S	231
Bibliografía.....	233
Direcciones electrónicas	241

¿Por qué publicar un libro que enfatiza la relación entre ergonomía y diseño?

En el medio de los diseñadores industriales es claro que toda interacción entre los objetos que utilizamos cotidianamente y el ser humano implica el uso de la ergonomía, pero algunos autores van más allá y enfocan esa relación a los medios de trabajo y el ambiente laboral o, de una forma aún más compleja, a todos los llamados sistemas hombre-máquina; otros amplían los límites de la ergonomía y abarcan los entornos producidos por el ser humano.

Al relacionarse con esos entornos, prácticamente todos nuestros sentidos pueden ser estudiados por la ergonomía, y las acciones que emprendemos todos nosotros —hombre-mujer, niño-anciano, obrero-científico, superdotados-discapacitados— es decir, todo ser humano en cualquier tipo de actividad, son analizadas en la búsqueda de una mejor relación con su medio de vida.

Por ello, la aplicación de la ergonomía se extiende a diversas disciplinas proyectuales además del diseño industrial, como el diseño gráfico, la arquitectura, las ingenierías, y se confirma su valiosa aplicación como disciplina científica en la medicina o la psicología. No obstante, es en la fase de proyectación de los diseños donde es más evidente la necesidad de la ergonomía, ya que su ausencia ha ocasionado con frecuencia que el usuario deba adaptarse a productos mal diseñados, con las consecuencias que esto conlleva.

Si el diseño es una profesión naturalmente multi e interdisciplinaria, a través de la ergonomía y su injerencia en diversas especialidades nos encontramos con el medio propicio para resolver de la mejor manera la necesidad de productos que realmente respondan a una mejor calidad de vida.

La maestra Cecilia Flores nos presenta en este documento una visión que integra los elementos presentes en todo buen libro de cabecera, ya que su contenido, presentado en un lenguaje accesible y claro, nos lleva de la mano para dotarnos de un amplio conocimiento sobre la ergonomía, cada vez más aplicable en cualquiera de las disciplinas que hemos comentado. La autora clasifica la ergonomía en factores que determinan su aplicación y control: el factor anatomofí-

siológico, que estudia tanto la estructura como la función del cuerpo humano; el factor antropométrico, que estudia las dimensiones del ser humano; el factor psicológico, que analiza las capacidades y limitaciones sensoriales y de percepción; el factor sociocultural, que define el comportamiento del hombre como usuario; los factores ambientales, como la luz, el color, los olores, el ruido y muchos otros, y por último, los factores objetuales, que por su análisis determinan las cualidades formales de los objetos que desarrolla el diseñador.

Al final nos presenta una clara descripción de los métodos y técnicas más utilizados para aplicar la ergonomía en los diversos campos relacionados con esta disciplina.

El lector, en resumen, tiene en sus manos un valioso soporte a sus actividades profesionales en todas aquellas ocasiones en que su objetivo sea el beneficio físico y psicológico del ser humano a través del diseño.

LOS EDITORES

Introducción

Este libro nació con la intención de reconciliar el diseño y la ergonomía, disciplinas que vienen caminando juntas sin saber bien por qué.

Por tal motivo, el primer punto que debo dejar claro es que si el objetivo de todas las variables del diseño (arquitectura, diseño industrial, gráfico, de interiores, artesanal, textil, etcétera) es proyectar pensando en el ser humano como consumidor final, tienen una relación intrínseca e inconciente con la ergonomía. En otras palabras, la ergo-nomía está presente cuando hay un ser humano frente a un objeto en un espacio al realizar alguna actividad.

Así de simple: si hay un ser humano como usuario, hay ergonomía. Y así de simple es como quiero que los diseñadores veamos la ergonomía; sin recetas ni trucos, sólo pensando en que frente a nuestros diseños siempre habrá un usuario o, mejor dicho, varios.

Este libro tiene una estructura ligera que quiere llevarte de la mano a recorrer la ergonomía. Sus divisiones se hicieron pensando en cómo debe entenderse la disciplina para aplicarla sin temores.

Es oportuno contestar una pregunta que tarde o temprano te harás: ¿por qué la fisiología de los órganos sensoriales se incluye como parte del factor psicológico y no del factor anatomofisiológico? Esto tiene una razón válida, que además me da permiso para dedicar este texto a cualquier otro profesional que se dedique a la salud ocupacio-nal, ya sea en el terreno de la ergonomía industrial, la seguridad, la higiene industrial, la psicología industrial o la medicina del trabajo: cuando se realizan estudios ergonómicos de puestos de trabajo, al er-gónomo le corresponde analizar los riesgos ergonómicos, que se definen como aquellas condiciones o situaciones que alteran el aparato locomotor; los demás órganos o aparatos se deben estudiar bajo otros esquemas. Además, para redondear la idea, si todos los procesos cog-nitivos y comúnmente llamados psicológicos se inician con la estimulación a los órganos sensoriales es más fácil entender estos procesos desde el momento en que se inician.

De manera general presento una visión integral de la ergonomía con la finalidad de no segmentar nunca al ser humano, ni en sí mismo ni durante la actividad que realiza. Esta disciplina está presente a lo largo de todo el proceso de diseño; durante el diseño se aplica la ergonomía preventiva y durante un rediseño se aplica la ergonomía correctiva.

Sin embargo, hay algunas reflexiones que quiero compartir con ustedes pero distinguiendo el quehacer profesional de los interesados en este tema.

Los diseñadores industriales no deben olvidar que como responsables de la creación de objetos de uso deben considerar la ergonómia de manera integral y saber que estos objetos de uso tienen la posibilidad de convertirse en puestos de trabajo a través del uso. Les sugiero que piensen que estos objetos pueden desencadenar algún tipo de lesión en los usuarios, que puede iniciarse como incomodidad o molestia que corren el riesgo de convertirse en enfermedades o accidentes.

Además de entender la ergonomía de forma integral, los diseñadores gráficos deben hacer hincapié y profundizar en el factor psicológico y el factor sociocultural.

A los arquitectos, diseñadores de interiores, de museografía y de exposiciones los invito a conocer la ergonomía y aplicarla de manera práctica en su trabajo para integrar de manera conjunta los conceptos estéticos y de funcionalidad en los espacios que diseñen. Recuerden que los espacios son habitados por seres humanos con vida, y no maniqués; ustedes tienen la posibilidad de jugar con los factores ambientales, cosa que los diseñadores industriales o gráficos difícilmente pueden hacer.

Y finalmente a los responsables de la salud ocupacional los invito a ver y a entender la ergonomía como la disciplina eje de su práctica en el ámbito laboral.

Deseo que este libro sea de gran utilidad para todos y que empecemos a desmitificar la ergonomía para integrarla de manera cotidiana a nuestros proyectos, dándole la importancia que se merece.

También deseo que después de leer este texto, les pase lo mismo que a mí... de la ergonomía llegué a la ergo-adicción. Pero este trayecto no lo hice sola y quiero agradecer a las personas que más han influido en mi desarrollo profesional:

mdi. Rosalío Ávila Chaurand y a la Universidad de Guadalajara, como formadores, iniciadores y protectores de mi adicción.

Prof. Horacio Duran Navarro y al Posgrado en Diseño Industrial de la unam por haberme dado hospedaje.

mdi. Ana María Losada y al Dr. Óscar Salinas Flores por llevarme de la mano en esta locura, desde que surgió como un proyecto de investigación hasta ahora, que está publicado entre tus manos.

Dr. David Sánchez Monroy por haberme puesto entre la espada y

la pared en varias ocasiones durante la investigación y por haberme invitado a dar mis primeros pasos por la ergonomía fuera de las aulas. Y desde luego, gracias a todos ustedes que fueron el origen y la meta de este trabajo.

Definir cualquier actividad humana en pocas palabras no es tarea fácil, y menos cuando se trata de una disciplina científica cuyos objetivos se encuentran en constante movimiento, renovación e innovación; de ahí que podamos encontrar tantas definiciones de ergonomía como autores e investigadores existen, cada una de las cuales refleja el momento histórico en que fue gestada. Entre las definiciones de ergonomía más importantes y representativas encontramos las siguientes:

1] David Osborne: "*Ergos*: trabajo y *nomos*: leyes naturales" (Osborne, 1987).

2.] K. F. H. Murrell: "La ergonomía se define como el estudio científico de las relaciones entre el hombre y su medio ambiente laboral" (Murrell, 1965:xin).

3] Maurice de Montmollin: "tecnología de las comunicaciones y los sistemas hombre-máquinas" (Montmollin, 1996).

4] Ernest J. McCormick: "El foco central de los factores humanos se refiere a la consideración de los seres humanos en el diseño de los objetos obra del hombre, de los medios de trabajo y de los entornos producidos por el mismo hombre que se vienen 'usando' en las diferentes actividades vitales" (McCormick, 1976:15).

5] Alphonse Chapanis: "La ingeniería de factores humanos, o ingeniería humana, está relacionada con la forma de diseñar máquinas, operaciones y medios de trabajo en tal forma que se tomen en cuenta las capacidades y limitaciones humanas" (Chapanis, 1977:18).

6] W. T. Singleton: "Una persona en acción es dominada por varias limitaciones internas y externas. Las limitaciones externas son originadas por la naturaleza de la tarea específica que se realice; las limitaciones internas son más generales, pueden ser estudiadas sistemáticamente y los resultados aplicarse a un amplio rango de personas y situaciones. Estos estudios sobre las limitaciones generales en la actividad humana son comúnmente llamados ergonomía" (Singleton, 1982:ix).

7] V. Zinchenko y V. Munipov: "La ergonomía es una disciplina científica que estudia integralmente al hombre (grupo de hombres) en las condiciones concretas de su actividad relacionada con el empleo de máquinas [medios técnicos]" (Zinchenko y Munipov, 1985:8).

8] Etienne Grandjean: "La ergonomía es el estudio del comportamiento del hombre en relación con su trabajo. El objeto de esta investigación es el hombre en su trabajo en relación con un medio ambiente especial" (Grandjean, 1986:ix).

9] David Osborne: "la labor de la ergonomía es primero determinar las capacidades del operario y después intentar construir un sistema de trabajo en el que se basen estas capacidades. En este aspecto, se estima que la ergonomía es la ciencia que ajusta el ambiente al hombre" (Osborne, 1987:24).

10] Stephen Pheasant: "Ergonomía es la aplicación de la información científica sobre el ser humano (y los métodos científicos para adquirir dicha información) para los problemas de diseño" (Pheasant, 1988:30).

11] M. Sanders y Ernest J. Me Cormick: "Los factores humanos se enfocan en los seres humanos y su interacción con los productos, equipos, instalaciones, procedimientos y ambientes usados durante el trabajo y la vida cotidiana. El énfasis son los seres humanos (en oposición a la ingeniería, donde el énfasis se hace en las consideraciones estrictamente técnicas) y en cómo el diseño de los objetos influye en las personas. De este modo, los factores humanos buscan cambiar los objetos que la gente usa y los espacios en donde se encuentran de acuerdo con las capacidades, limitaciones y necesidades de la población" (Sanders y Me Cormick, 1993:4).

iz] K. Kroemer, H. Kroemer y K. Kroemer Elbert: "definimos la ergonomía [...] como la disciplina que estudia las características humanas para el diseño apropiado del medio ambiente cotidiano y laboral" (Kroemer, Kroemer y Kroemer, 1994:2).

Para el análisis de estas definiciones debemos remontarnos a los orígenes de la ergonomía, los cuales tienen una relación directa con la ingeniería de factores humanos (*human factors engineering*) y donde es manifiesto el énfasis en el panorama laboral e industrial. Además es conveniente anotar que "*factores humanos* es el término usado en Estados Unidos y otros países. El término *ergonomía*, también usado en Estados Unidos, es más generalizado en Europa y el resto del mundo [...] aunque los términos son sinónimos" (Sanders y Me Cormick, 1993:4).

En todas las definiciones encontramos términos similares que erróneamente se usan como sinónimos, aunque en realidad se refieren básicamente a dos visiones y campos de estudio definidos: ergonomía para el diseño industrial o de productos de consumo y ergonomía industrial. Estos términos son:

- Hombre, ser humano, persona, sujeto, operario.
- Trabajo, sistema de trabajo, actividad, ocupación, producción.
- Medio laboral, ambiente, entorno.
- Ajuste recíproco, interacción, relación, comunicación.
- Máquina, medios técnicos, equipamiento, objeto.
- Leyes naturales, estudio, ciencia, disciplina, tecnología.

ANÁLISIS DE LA TERMINOLOGÍA

Para distinguir la ergonomía para el diseño industrial y la ergonomía industrial, analizaremos cada término de forma particular.

Hombre

Con este término nos referimos a todo el género humano, cuyos integrantes poseemos varios atributos. Somos seres vivos y orgánicos con características físicas, biológicas y químicas determinadas; seres racionales, es decir, tenemos la capacidad de pensar y crear; seres sensibles y emotivos; seres gregarios, pues formamos sociedades y tenemos una cultura; en otras palabras, los hombres somos seres socioculturales.

En relación con la actividad que el hombre realiza, podemos definirlo con otros términos:

- Como persona y sujeto. Éstos son términos muy generales, y no ofrecen información para el área que nos interesa.
 - Como consumidor. Este término tiene dos vertientes: la relacionada con el verbo "consumir", es decir, extinguir, digerir, acabar, etcétera, y la segunda, meramente económica y mercantilista, que llama "consumidor" a toda persona que tiene poder adquisitivo y compra satisfactores independientemente de su utilidad. Por esto es fácil deducir que dicho término es poco aplicable para nuestros fines.
- Como operario y operador, términos muy utilizados en la ergonomía industrial para designar al ser humano que maneja y controla algún equipo, aparato, máquina o estación de trabajo; también se les llama obreros o trabajadores.

Desde la perspectiva del diseño industrial, el término más utilizado es el que define al hombre como usuario. En esta categoría se ubica a toda persona que usa o utiliza cualquier objeto, desde una maquinaria hasta un lapicero o una aguja. El término *usuario* se distingue del de *consumidor*, porque el usuario no es necesariamente quien compra, y no todos los objetos de uso se "consumen".

En conclusión, para nuestro objetivo el término *usuario* es el que mejor define al ser humano, independientemente de la actividad que desempeñe. Es indispensable recordar que el ser humano es la pieza más importante dentro de nuestro juego ergonómico; él es la fuente productora de necesidades que deben satisfacerse por medio de un objeto de diseño, y también quien lo acepta o lo rechaza de acuerdo con la utilidad que le brinda. Resumiendo, si no hay usuario el diseño y la ergonomía no tienen razón de ser.

Trabajo

"El trabajo humano (ya sea un empleo, jugar golf o bridge) oscila en un amplio espectro que va de lo que es estrictamente mental, pasa por lo que es esencialmente psicomotriz y llega hasta lo que es predominantemente físico" (McCormick, 1976:149).

Como podemos ver, *trabajo* es un concepto complejo, porque incluye tanto una labor que requiere esfuerzo físico como un simple juego mental. Sin embargo, en el lenguaje coloquial se refiere solamente a la labor que después de realizada retribuye o remunera económica, material o productivamente a quien la realiza, por eso es el término más usado en ergonomía industrial.

El término *ocupación* es ambiguo porque se usa habitualmente para definir el tipo de actividad laboral o económico productiva que cada ser humano realiza, lo que no aporta mayores detalles.

Por su parte, el término *actividad* se refiere a toda acción o práctica que el hombre desempeña. Incluye diferentes categorías dependiendo de los fines específicos de cada una; el trabajo y la ocupación sólo son un componente de la actividad. Para la ergonomía del diseño industrial el término idóneo es *actividad*, ya que los objetos de uso pueden satisfacer todos los niveles requeridos para el ejercicio de cualquier actividad.

Medio ambiente

"Los entornos físicos utilizados incluyen dos categorías generales. La primera está formada por el espacio físico y los medios de trabajo que la gente emplea, los cuales abarcan desde el entorno inmediato (tal como un local de trabajo, una tumbona o una mesa para escribir a máquina), pasando por el intermedio (como una casa, una oficina, una fábrica, una escuela o un estadio de fútbol), hasta el general (como un

vecindario, una comunidad, una ciudad o un sistema de autopistas). La segunda categoría está constituida por diferentes aspectos del entorno ambiental, tales como la iluminación, las condiciones atmosféricas (incluyendo la polución) y el ruido" (Me Cormick, 1976:17).

Proponemos que el término más conveniente es *entorno* por dos razones fundamentales. En primer lugar, porque coincidimos con la definición de Me Cormick, y en segundo porque el término engloba todo lugar en que un ser humano pueda estar, lo que es un concepto más amplio que el de "medio ambiente laboral", que se usa en ergonomía industrial.

Relación

Para que exista una relación, también llamada interacción, se requiere que estén presentes dos elementos: el sujeto y el objeto. En ergonomía para el diseño industrial el sujeto es el usuario y el objeto cualquier producto utilizado por el primero. Para la ergonomía industrial, en cambio, el sujeto es el operador o trabajador, y el objeto una herramienta o una estación de trabajo completa.

Dentro de esta relación sujeto-objeto se manifiesta la intervención física del ser humano por medio de factores anatomofisiológicos y antropométricos; esta intervención es tan importante que casi todos los proyectos de diseño dan prioridad a los datos antropométricos.

Otra parte fundamental de la relación es la comunicación, ya que por medio de indicadores el objeto emite información que es recibida por los órganos sensoriales del hombre, codificada y respondida mediante actitudes o movimientos que envían al objeto, a su vez, un mensaje que éste recibe mediante sus controles. Este ciclo es circular y puede ser de corta o larga duración.

Desgraciadamente la ergonomía ha estudiado poco la relación que se basa fundamentalmente en los órganos sensoriales. Estos siempre intervienen, en mayor o menor grado dependiendo de la complejidad de la actividad realizada: desde una relación superficial que se basa sólo en la observación y el gusto personal hasta actividades especializadas como el manejo y control de una industria computarizada en la que además de la aplicación de los cinco sentidos también intervienen factores fisiológicos, antropométricos y ambientales de manera directa. Por lo anterior, y por su sencillez y claridad, concluimos que el término *relación* es ideal tanto para la ergonomía para el diseño industrial como para la ergonomía industrial.

La palabra *máquina* se utiliza en casi todas las definiciones analizadas anteriormente, lo que les confiere una tendencia eminentemente ingenieril. Para el diseño industrial las máquinas son sólo uno de los tantos objetos de uso que pueden ser diseñados.

"Los objetos pueden subdividirse en dos ramas. Los objetos simples serían aquellos que, formados por uno o varios elementos y materiales, no contienen ningún dispositivo mecánico y actúan como un todo. Una forma y un material idóneos son suficientes para que, manejados con destreza, cumplan su servicio" (Ricard, 1982:50). Esta relación usuario objeto es totalmente manual y directa, ya que es el hombre quien con su fuerza y destreza hace que el objeto funcione óptimamente.



figura 1. *Un tenedor es un objeto simple que usamos cotidianamente.*

"Los objetos articulados serían los estructurados como un conjunto de piezas con distintas formas y materiales que, en acción combinada, ejercen cierta función. Su articulación constituye un sencillo sistema con ciertas propiedades mecánicas primarias" (Ricard, 1982:51).



figura 2. *Ejemplo de objeto articulado.*

El hombre también es indispensable para imprimir fuerza a estas herramientas; para que esta relación funcione el movimiento humano debe corresponder y coordinarse perfectamente con los mecanismos del objeto.

"Cuando rebasando el nivel elemental del objeto articulado lo an-tropógeno se hace más complejo, llegando a la elaborada organización que llamamos máquina, este antropomorfismo directo y evidente parece perderse, pero sólo en apariencia, porque sus entrañas mecánicas siguen formadas por piezas que semejan nuestros órganos y que, al actuar, fingen movimientos gestuales humanos" (Ricard, 1982:53).

Es evidente que con la aparición de la máquina la participación del ser humano en el proceso se vio afectada, porque al producir cualquier objeto usando una máquina el hombre coordina la operación pero no aporta trabajo ni contacto con el producto. A propósito, "Las máquinas también podrían subdividirse en dos ramas: las participativas y las pasivas, aquellas en las que el hombre, a pesar de un alto componente técnico puede aún participar en su manejo, y aquellas otras en las que, después de haberlas puesto en marcha, todo se limita a ser un simple espectador de su actuación" (Ricard, 1982:55). En las máquinas participativas no sólo interviene la fuerza muscular; también entran en juego las facultades psíquicas, dando a la relación un carácter más complejo. Dentro de este tipo se encuentran las máquinas pesadas que realizan actividades complicadas, tienen principios mecánicos y funcionan con energía eléctrica u otro combustible. Por su parte, las máquinas pasivas son las que sólo requieren de la intervención humana para encenderlas y vigilar su funcionamiento; en la actualidad estas máquinas automáticas y compu-tarizadas realizan trabajos muy precisos y especializados, y sus componentes son en su mayor parte electrónicos.



figura 3. Una máquina de escribir es un buen ejemplo de una máquina participativa, pues requiere la intervención constante del ser humano.

figura 4. El fonógrafo es una máquina pasiva, pues una vez puesto en marcha no requiere intervención humana para funcionar.



En estas clasificaciones de Ricard se incluyen los objetos de trabajo como instrumentos, herramientas, máquinas y maquinaria automática, todos los cuales pueden ser diseñados por nosotros.

Existe una categoría de objetos que nos permiten realizar cualquier actividad cotidiana: los objetos de uso o utilitarios son parte esencial de la vida diaria y, como tales, objetos de diseño de gran importancia para los diseñadores.

Algunas disciplinas como la mercadotecnia definen los objetos de uso como productos, pero preferimos el primer término, porque además de ser más utilizado para las definiciones de diseño industrial, el término *producto* se entiende como el resultado de cualquier otro proceso industrial. Tampoco es conveniente hablar de *producto de consumo*, pues puede prestarse a confusiones derivadas del término consumo, que ya analizamos arriba.

Para los fines de nuestro trabajo y disciplina de estudio, elegimos el término *objeto*.

Disciplina

¿Estudio, ciencia, disciplina o técnica? Ubicar la ergonomía en una de estas áreas no es sencillo, y no deja de ser un problema para los er-gónomos, que parecen no coincidir en sus puntos de vista. Como proponemos que es una ciencia, exponemos varias acepciones de cada uno de estos términos:

ciencia. "En sentido genérico, se puede denominar ciencia a cualquier parcela del conocimiento humano" (*Enciclopedia hispánica*, 1991-1992:100). Desde este punto de vista la ergonomía también es una ciencia.

"Más estrictamente, las ciencias se definen como aquellas ramas del saber que se centran en el estudio de cualquier tipo de fenómeno y en la deducción de los principios que lo rigen, según una metodología propia y adaptada a sus necesidades" (*ibid*). Si consideramos que la ergonomía tiene un campo de acción definido y que posee una metodología propia, también podemos afirmar que es una ciencia.

técnica. "Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia, arte, oficio o actividad intelectual; cada uno de dichos procedimientos o recursos; pericia o habilidad en la utilización de dichos procedimientos o recursos; conjunto de las aplicaciones prácti-

cas de las ciencias" (*Gran Enciclopedia Larousse*, 1993:10640). De esta definición se desprende que la ergonomía en sí no es una técnica, aunque las utilice.

disciplina. El término disciplina proviene del latín y significa enseñanza, aunque a veces lo usemos en su acepción de orden o rigor. En el campo de la enseñanza, disciplina es: "La ciencia que se enseña o estudia en un centro o que está dentro de un plan de estudios" (*Gran diccionario de la lengua española*, 1996:549). Así, podemos concebir a la ergonomía como una disciplina, ya que siempre la encontraremos como una asignatura fundamental en la etapa formativa de los diseñadores.

DEFINICIÓN DE ERGONOMÍA PARA DISEÑO INDUSTRIAL

Después de este análisis y con base en nuestros objetivos, podemos definir la ergonomía para diseño industrial como la disciplina que estudia las relaciones que se establecen recíprocamente entre el usuario y los objetos de uso al desempeñar una actividad cualquiera en un entorno definido.

Proponemos el trinomio usuario-objeto-entorno, ya que cada uno de estos elementos es esencial para mantener la relación ergonómica y, por lo tanto, la ergonomía.

A modo de resumen, debemos enfatizar que estas relaciones se dan por medio del uso del objeto. Partiendo de esta premisa podemos decir que ergonomía estudia el uso que el hombre hace de los objetos y los espacios.

2. La ergonomía como actividad profesional

LA ERGONOMÍA Y LAS CIENCIAS QUE LA CONFORMAN

Como vimos en el primer capítulo, la ergonomía tiene como objeto de estudio la relación que se establece entre el o los usuarios, el o los objetos y el o los entornos donde se encuentren durante la realización de alguna o varias actividades. Por tal motivo, y al ser el hombre, el ambiente y los objetos sistemas en sí mismos, la ergonomía debe auxiliarse de todas las áreas del conocimiento que procuren datos e información relacionada con estos sistemas para obtener una panorámica general y ofrecer soluciones adecuadas al trinomio ergonómico usuario-objeto-entorno. Podemos dividir estas disciplinas colaboradoras en cuatro grupos básicos del conocimiento:

Ciencias médico-biológicas

En esta área incluimos todas las ciencias que proporcionan información acerca de la composición, estructura, función y dimensión del cuerpo humano, en especial sus capacidades y limitaciones. Las ciencias a las que recurrimos son fisiología, anatomía, biomecánica, goniometría, antropometría, medicina y medicina del trabajo. Además, cada proyecto puede requerir la asistencia de especialistas en áreas particulares.

Ciencias psicológicas

Las ciencias psicológicas también pertenecen a la rama médico-biológica, pero las separamos porque la información que nos ofrecen pertenecen al plano psíquico y mental del ser humano. Nos interesan los fenómenos sensoriales, perceptuales y de comportamiento, por lo que las disciplinas que ubicamos en este renglón son psicología fisiológica, experimental, de la percepción, del comportamiento, psicología ambiental y otras.

Ciencias sociales

El hombre es un ser gregario que vive y se desarrolla en sociedad. Las ciencias sociales nos permiten conocer al hombre como ser social. Las ciencias que nos ayudan son sociología, psicología social, historia, antropología, geografía y otras que nos den herramientas para conocer mejor al grupo para el que diseñemos.

Ciencias exactas

La ergonomía utiliza las ciencias exactas para obtener información técnica y objetiva sobre los objetos, el entorno y las situaciones y ambientes en que se deberá diseñar. También las utiliza para cuantificar y ordenar datos obtenidos en las investigaciones realizadas. Estas ciencias son matemáticas, estadística, física, ingeniería industrial, mecánica, electrónica, biomédica, informática, luminotecnia, óptica y muchas más.

LA ERGONOMÍA COMO PROFESIÓN

La ergonomía es una disciplina que ejercen tanto ergónomos como profesionistas de otras áreas, tales como higienistas industriales, ingenieros en seguridad y diseñadores industriales. Al igual que otros campos del conocimiento, la ergonomía se divide y subdivide en varias especialidades que responden a la actividad humana. Actualmente están vigentes las siguientes especialidades clasificadas por la Sociedad de Factores Humanos:

- Sistemas aeroespaciales
- Geriátrica en comunicaciones
- Sistemas computacionales
- Productos de consumo
- Educación profesional en ergonomía
- Ergonomía industrial
- Administración y diseño organizacional
- Diferencias individuales (personalidad) en el desempeño humano
- Ergonomía industrial
- Internet
- Sistemas médicos y rehabilitación
- Macroergonomía
- Transporte

- Seguridad
- Desarrollo de sistemas
- Pruebas y evaluación
- Capacitación y entrenamiento
- Desempeño visual
- Diseño ambiental
- Ergonomía forense

Hay otras especialidades no incluidas en la lista anterior:

- Rehabilitación y discapacitados
- Transferencia tecnológica
- Ergonomía cognitiva

En México estas especialidades están poco desarrolladas. A nivel universitario, específicamente en las escuelas de diseño industrial, se da prioridad a la ergonomía de productos de consumo (ergonomía para diseño industrial). A nivel profesional los ergónomos o asesores en ergonomía practican la ergonomía industrial.

Los profesionales en el área debemos buscar e interactuar en los medios sociales, políticos y productivos del país para crear la necesidad de nuestros servicios. Podemos ejercer como ergónomos o diseñadores con conocimientos de la especialidad, en su docencia, en laboratorios, industrias, empresas en general y en dependencias políticas y gubernamentales, así como en universidades donde se imparta arquitectura, diseño e ingenierías.

Podemos actuar como peritos y evaluadores de productos y servicios en dependencias oficiales como la Procuraduría Federal del Consumidor (profeco) y en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (secofi). También podemos colaborar con diversas instituciones para la elaboración y evaluación de las Normas Oficiales Mexicanas (nom).

Dentro del sector industrial, se generan posibilidades de trabajar en contacto con personal de salud en el trabajo y seguridad e higiene industrial, y de fungir como instructores externos de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social impartiendo cursos de capacitación en las industrias.

En el sector salud podemos colaborar con dependencias oficiales (ssa, imss, issste) en varias especialidades. Por ejemplo, en los departamentos dedicados a la investigación y cuidado de enfermos, discapacitados y ancianos podemos diseñar mobiliario, definir característi-

cas de los espacios y empezar a desarrollar a nivel nacional la ergonómia geriátrica y la ergonomía para la rehabilitación y la discapacidad.

En el área de la medicina del trabajo (actualmente denominada salud en el trabajo) podemos ser peritos de riesgos laborales dentro de las industrias. Como punto de apoyo para esta relación la Comisión Mixta de la Organización Internacional del Trabajo (oit) y la Organización Mundial de la Salud (oms), en su Primera Reunión en 1950, definieron los objetivos de la medicina del trabajo, que son similares a los de la ergonomía: "fomentar y mantener el más elevado nivel de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones; prevenir todo daño causado a su salud por las condiciones del trabajo; protegerlos contra los riesgos resultantes de la presencia de agentes nocivos para la salud y ubicar y mantener al trabajador en un empleo adecuado a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas. En resumen, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su trabajo" (imss, 1981:45).

Dentro de las organizaciones no gubernamentales contamos con la Comisión Nacional de Derechos Humanos y las respectivas comisiones estatales, que a su vez se rigen por la Cartilla Universal de los Derechos Humanos, cuyo artículo 23 está dedicado al derecho del trabajo, en el que los diseñadores y ergónomos encontramos un fundamento legal y moral para prestar nuestros servicios. Además, el artículo 7 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales menciona lo siguiente: "Los Estados partes en el presente Pacto reconocen el derecho de toda persona al goce de condiciones equitativas y satisfactorias que le aseguren en especial: [...] b\ la seguridad y la higiene en el trabajo [...] d\ El descanso, el disfrute del tiempo libre; la limitación razonable de las horas de trabajo" (Justicia y Paz, 1991:207-208).

Además, siguen vigentes los convenios y recomendaciones que desde 1921 hasta nuestros días han firmado los gobiernos con las organizaciones internacionales en pro de la seguridad de los trabajadores.

La interconexión derechos humanos-ergonomía nace porque uno de los derechos básicos del ser humano es gozar de óptimas condiciones de vida tanto en el ámbito cotidiano como en el productivo; ahí nuestras áreas son fundamentales por los objetos, espacios y situaciones ambientales que podemos diseñar para todos los sectores de la población.

Otro de los campos fundamentales para el desarrollo y afianzamiento de la disciplina en nuestra sociedad es la educación. Las universidades tienen la obligación de difundir la ergonomía para lograr una verdadera interdisciplinariedad para que en el futuro tengamos espacios adecuados para todo tipo de usuarios.

Como ya hemos visto, en nuestro medio la ergonomía tiene su base en el diseño industrial, y afortunadamente algunas carreras universitarias como Medicina, Psicología, Antropología, Odontología, Administración, Ingeniería, Educación Física y del Deporte y hasta Derecho dispensan los conocimientos básicos. Podemos constatar este interés en las tesis de licenciatura que se han presentado en algunas de las facultades de la unam y que aquí presentamos en la Bibliografía.

Por otro lado, proponemos que todas las profesiones proyectuales como Diseño Gráfico, de Interiores, Ambiental, Urbano, de Modas, Arquitectura e ingenierías integren la ergonomía a sus currículas escolares para poder ofrecer mejores objetos, ambientes y condiciones de vida a la sociedad. Desde luego, para la concreción de esta última propuesta debe contarse con los recursos humanos y los conocimientos necesarios para delimitar los objetivos y alcances de la ergonomía particular que se deberá impartir en cada profesión, manteniendo siempre el objetivo principal de la ergonomía y de la profesión misma.

LA ERGONOMÍA Y SUS COMPONENTES

Para la sistematización y mejor estudio de la ergonomía la hemos dividido en varios componentes que se relacionan con el trinomio usuario-objeto-entorno (véase el cuadro i). A dichos componentes les damos el nombre de *factores*. Toda la información y los datos relacionados con el usuario se definen como *factores humanos*; la información y los datos relativos al entorno se denominan *factores ambientales*, y las características y datos propios del objeto que son definidos por el diseño industrial reciben el nombre de *factores objetuales*.

Factores humanos

Ya hablamos del ser humano como un sistema complejo con características y necesidades físicas, psicológicas y sociales propias. Con base en esas características proponemos cuatro factores humanos.

<i>Factores humanos</i>	<i>Factores ambientales</i>	<i>Factores objetuales</i>
Anatomofisiológico	temperatura	forma
	humedad	volumen
	ventilación	peso
Antropométrico	iluminación	dimensiones
	color	material
	ruido y sonido	acabado
Psicológico	vibración	color
	contaminación	texturas tecnología
Sociocultural		controles indicadores símbolos y signos

Factor anatomofisiológico: el factor dedicado al análisis de la estructura, composición y funcionamiento del cuerpo humano (datos ofrecidos por el área médico-biológica).

Factor antropométrico: el que analiza únicamente las dimensiones corporales del hombre (datos ofrecidos por las áreas médico-biológica y de ciencias exactas).

Factor psicológico: el que considera las capacidades, limitaciones y reacciones psíquicas y mentales del ser humano (datos ofrecidos por las ciencias psicológicas).

Factor sociocultural: el que estudia al hombre como un ser social, sus características culturales, sociales, económicas e ideológicas (datos ofrecidos por las ciencias sociales).

Desde luego, ninguno es más importante que otro. La importancia de cada uno depende del tipo de proyecto ergonómico o de diseño que se realice. Los cuatro factores son parte esencial de un todo: el ser humano o usuario. En otras palabras, los factores humanos estudian y analizan a la misma persona o grupo de personas pero bajo cuatro ópticas bien particulares.

Factores ambientales

Analizan las características físicas, naturales y artificiales en un espacio físico definido, que puede ser cualquier espacio natural o artificial donde el usuario realiza sus actividades; es decir, primero analizamos al usuario en sí mismo y luego realizamos la crítica y evaluación del

entorno en que está inmerso, desde donde se emiten estímulos continuos. Los datos de este factor tienen origen principalmente en las ciencias exactas.

Factores objetuales

Analizan todas las características formales propias de los objetos, definidas por medio del proceso de diseño industrial, y tienen como base los parámetros dictados por los factores anteriores. En la tabla i sólo aparecen las cualidades más generales, pero a éstas se pueden agregar todas las que pertenezcan al mismo rubro y que sean parte integral del objeto que estemos diseñando. Varios de estos factores tienen como punto de apoyo algunas de las ciencias exactas.

Es importante mencionar que todos estos factores aportan datos a la ergonomía en el momento en que se aplican de manera práctica en los objetos, situaciones y ambientes que se diseñan y construyen.

3. Factor anatomofisiológico

DEFINICIÓN

La anatomía estudia la estructura de los cuerpos orgánicos, y la fisiología sus funciones orgánicas. El factor anatomofisiológico fusiona ambas disciplinas con el fin de estudiar de manera conjunta tanto la estructura como la función del cuerpo humano. Su enfoque principal es la detección de las capacidades, limitaciones y características físicas del hombre que se ven afectadas por su relación con los objetos y el entorno para que, por medio de la aplicación del buen diseño, se beneficie al usuario sin poner en riesgo su integridad física.

BASE ESTRUCTURAL

El cuerpo humano está formado por millones de células de diversos tamaños, formas y tipos que cumplen funciones particulares, aunque tienen el mismo principio estructural y funcional.

El conjunto de células del mismo tipo unidas por una sustancia intermedia forma un tejido. Cuando dos o más tejidos combinan sus funciones formando una estructura más compleja, se denomina órgano. Y la agrupación de órganos que poseen funciones similares reciben el nombre de sistema. Por las funciones vitales que desempeñan, los sistemas corporales pueden ser reunidos en tres grupos básicos.

<i>Sistemas del cuerpo humano</i>			
<i>Nutrición</i>		<i>Reproducción</i>	<i>Relación</i>
Respiratorio		Reproductor	Muscular
Cardiovascular		Endocrino	Óseo
Urinario			Nervioso
Digestivo			Sensorial
Linfático			

"síndrome premenstrual" en las mediciones del humor y la atención continua], G. Matthews y H. Ryan, *Ergonomics*, vol. 37, num. 8, agosto de 1994.)

Por otro lado, ahora sabemos que la transmisión de padecimientos virales como el sida dependen del uso o mal uso que se hace de algunos objetos como condones, jeringas e instrumental punzocortante que algunos profesionales emplean como herramientas de trabajo.

SISTEMA CARDIOVASCULAR

Este sistema es de importancia para la ergonomía ya que es el responsable de llevar nutrientes y oxígeno al aparato locomotor, así como de recoger los desechos orgánicos producidos como resultado de las funciones metabólicas.

El músculo cardíaco o corazón impulsa la sangre a todo el organismo por medio de un bombeo continuo provocado por dos tipos de movimiento, que a su vez son regulados por el sistema nervioso autónomo. Estos movimientos son la sístole o movimiento de contracción y la diástole o movimiento de relajación

El ritmo de contracción del corazón de un hombre adulto, sano y en reposo es de un promedio de 70 latidos por minuto, pero varía de acuerdo con la edad, salud, acondicionamiento, condiciones ambien-



figura 5. Grabado de Vesalio que representa el sistema circulatorio. Las venas y arterias se ramifican hasta convertirse en delgadísimos vasos capilares.

tales, etcétera. La frecuencia cardiaca es un excelente indicador de si el sujeto se encuentra en condiciones óptimas o de sobreesfuerzo al realizar cualquier actividad. Estas mediciones se realizan en el campo de la ergometría, como veremos en la página 53.

SISTEMA RESPIRATORIO

El sistema respiratorio es el encargado de mantener y regular el intercambio gaseoso entre el organismo y el medio ambiente, el cual posibilita el proceso metabólico muscular.

Los componentes principales del sistema respiratorio son los pulmones, encargados del intercambio gaseoso y conformados por alveolos pulmonares irrigados por capilares sanguíneos, que es donde los glóbulos rojos se surten del oxígeno necesario para llevarlo al resto del cuerpo.

La acción más importante que realiza este sistema es la respiración. Los movimientos respiratorios son la inspiración o entrada de aire y la espiración o salida, que propician el ensanchamiento y contracción alternado de los pulmones y de la caja torácica. Inspiramos aire con un alto contenido de oxígeno y espiramos aire con un alto contenido de bióxido de carbono. Estos movimientos son involuntarios y su frecuencia y velocidad depende de los requerimientos de los pulmones, ya que a mayor actividad física se necesita mayor consumo de oxígeno; esto hace que sea otro buen indicador fisiológico para definir el esfuerzo realizado por las personas en actividad (véase página 53).

SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso es el encargado de dirigir y controlar las funciones locomotoras, mentales y perceptuales del organismo (véase Factor psicológico), y se divide en: *a)* sistema nervioso central, formado por cerebro y médula espinal; *b)* sistema nervioso periférico, formado por la ramificación nerviosa que recorre todo el cuerpo y une todos los órganos con el sistema nervioso central, que a su vez se subdivide en sistema nervioso cerebroespinal o voluntario, que controla y regula los movimientos y funciones de los músculos esqueléticos; sistema nervioso autónomo, vegetativo o involuntario, que regula automáticamente el funcionamiento de órganos y sistemas internos, a su vez dividido en simpático y parasimpático.

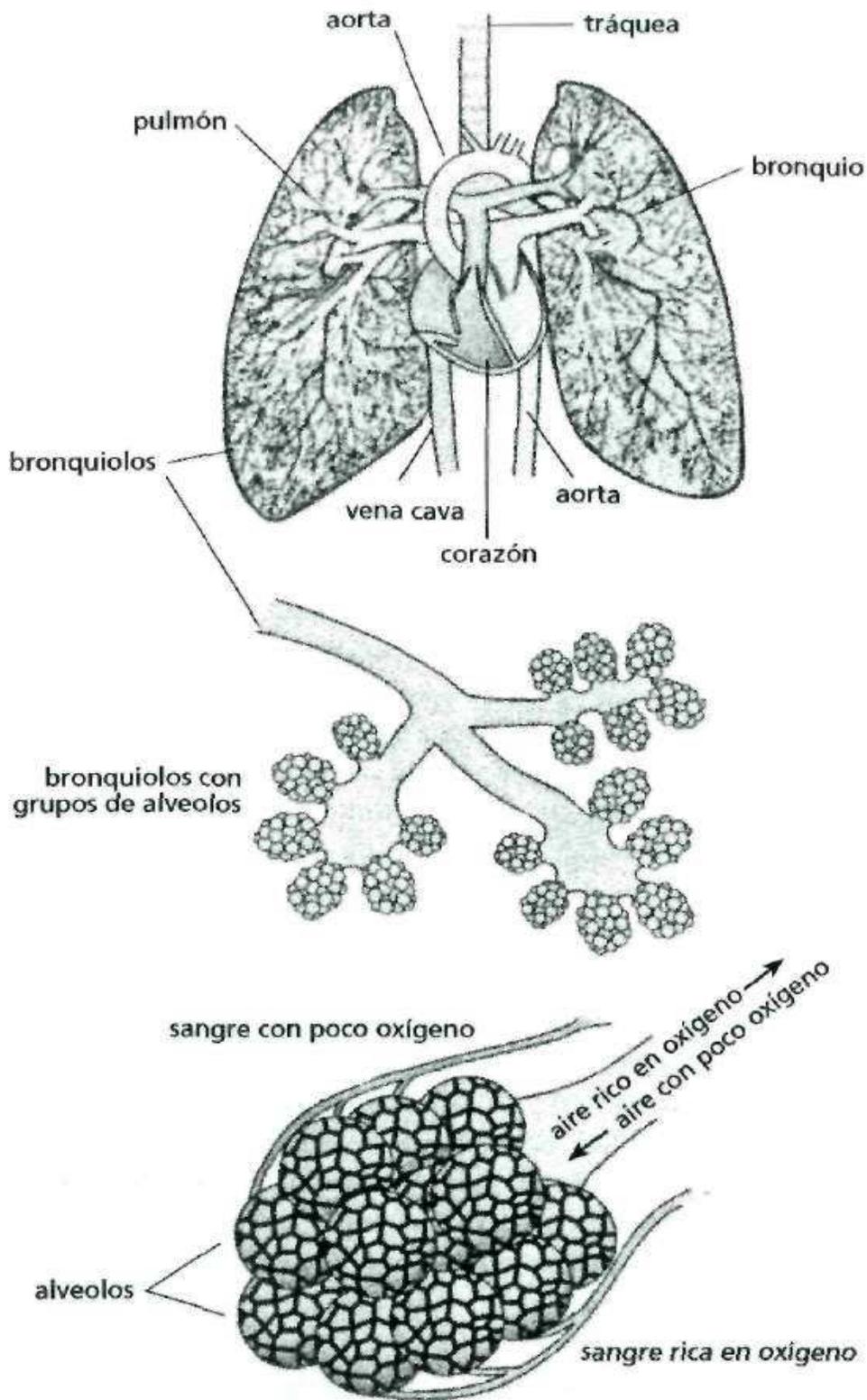


figura 6. El sistema respiratorio es el encargado de oxigenar la sangre, la que luego pasa al corazón para ser repartida por todo el cuerpo y nutrir las células en su camino.

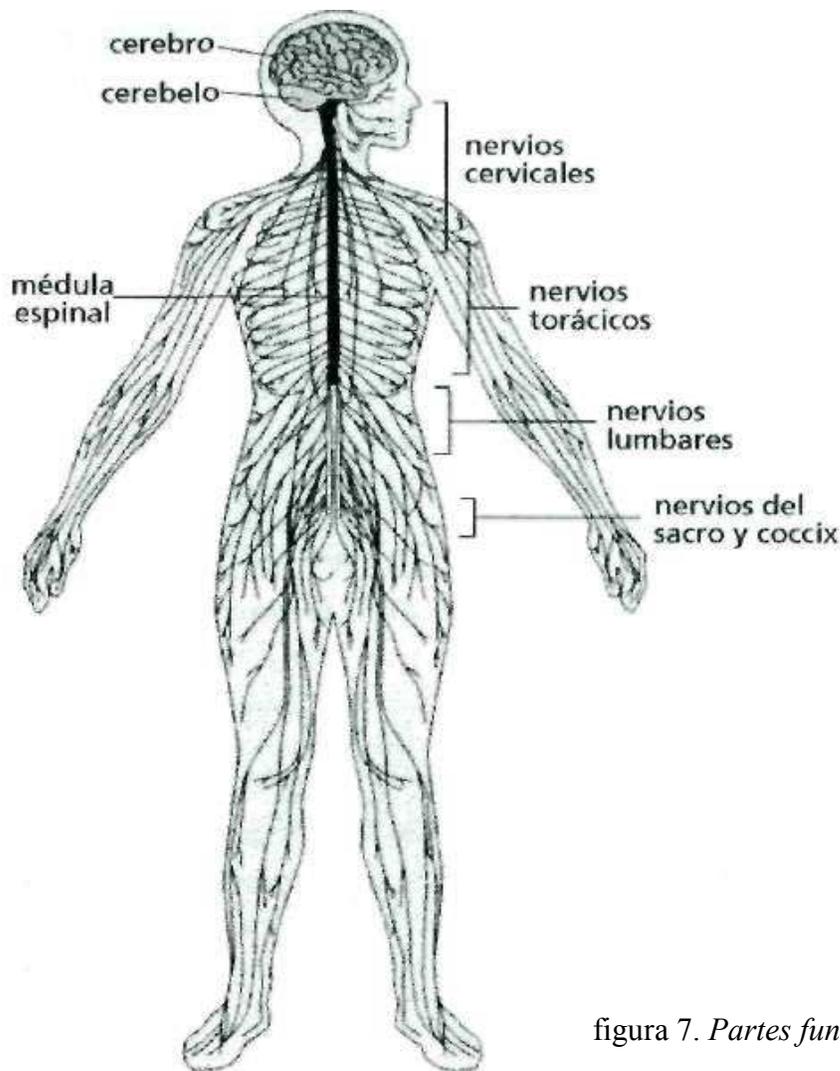


figura 7. *Partes fundamentales del sistema nervioso.*

Los nervios del sistema nervioso periférico se dividen en nervios sensitivos, que transportan las sensaciones y estímulos de todo el cuerpo hasta la médula espinal y controlan las sensaciones cuyas terminaciones se localizan en los órganos de los sentidos, y nervios motores, que llevan las órdenes de la médula espinal hacia todo el cuerpo y controlan los movimientos. Las células o neuronas que controlan los nervios motores se encuentran en el sistema nervioso central.

APARATO LOCOMOTOR

La función principal del aparato locomotor es generar el movimiento corporal. Este movimiento a su vez depende de la forma y función de cada uno de los elementos que constituyen este aparato:

- Sistema óseo
- Articulaciones

- Tendones
- Ligamentos
- Sistema muscular • Cartílagos

Sistema óseo

El sistema óseo está formado por el esqueleto humano. Posee aproximadamente 206 huesos y cumple muchas funciones primordiales. Es el armazón del cuerpo, que contiene los órganos internos y sirve como soporte de los músculos, nervios y tendones, es decir, del aparato locomotor; la médula de los huesos produce células sanguíneas, almacena sales minerales y transmite el movimiento de un segmento del cuerpo a otro. Se divide en esqueleto axial, formado por cráneo, columna vertebral, costillas y pelvis, y esqueleto apendicular, formado por las extremidades inferiores y superiores.

Los huesos están constituidos por dos tipos de tejido, el tejido óseo esponjoso y el tejido óseo compacto.

Las etapas de crecimiento del hueso se determinan por la edad de la persona. Primero es mucosa, luego cartílago que se calcifica paulatinamente hasta alcanzar el estado óseo definitivo, alrededor de los 25 años, y, con el aumento de edad, los huesos se descalcifican y se



figura 8. En este grabado del anatomista alemán Bernard Siegfried Albinus, del siglo xviii, se muestra una representación casi exacta del sistema esquelético del cuerpo humano.

vuelven frágiles. Según su forma y tamaño los huesos se clasifican en largos, irregulares, sesamoideos, cortos y planos.

Articulaciones

Las articulaciones son los puntos donde se reúnen dos o más huesos, y brindan diferentes tipos y grados de movilidad.

El tipo de movimiento está determinado por las características estructurales de la articulación: fibrosas, cartilagosas y sinoviales.

Según el tipo de movimiento que permiten, se clasifican en:

- Articulaciones fijas. Son las uniones entre huesos que no tienen ningún tipo de movimiento, como los huesos del cráneo.
- Articulaciones semimóviles. Los huesos están unidos por un cartílago bastante resistente y flexible; por ejemplo, los huesos de la columna vertebral.
- Articulaciones móviles. Los huesos tienen un recubrimiento cartilaginoso en el extremo, que facilita el movimiento y amortigua el roce entre ellos. A su vez, las articulaciones móviles tienen diferentes tipos de unión y producen diferentes movimientos:

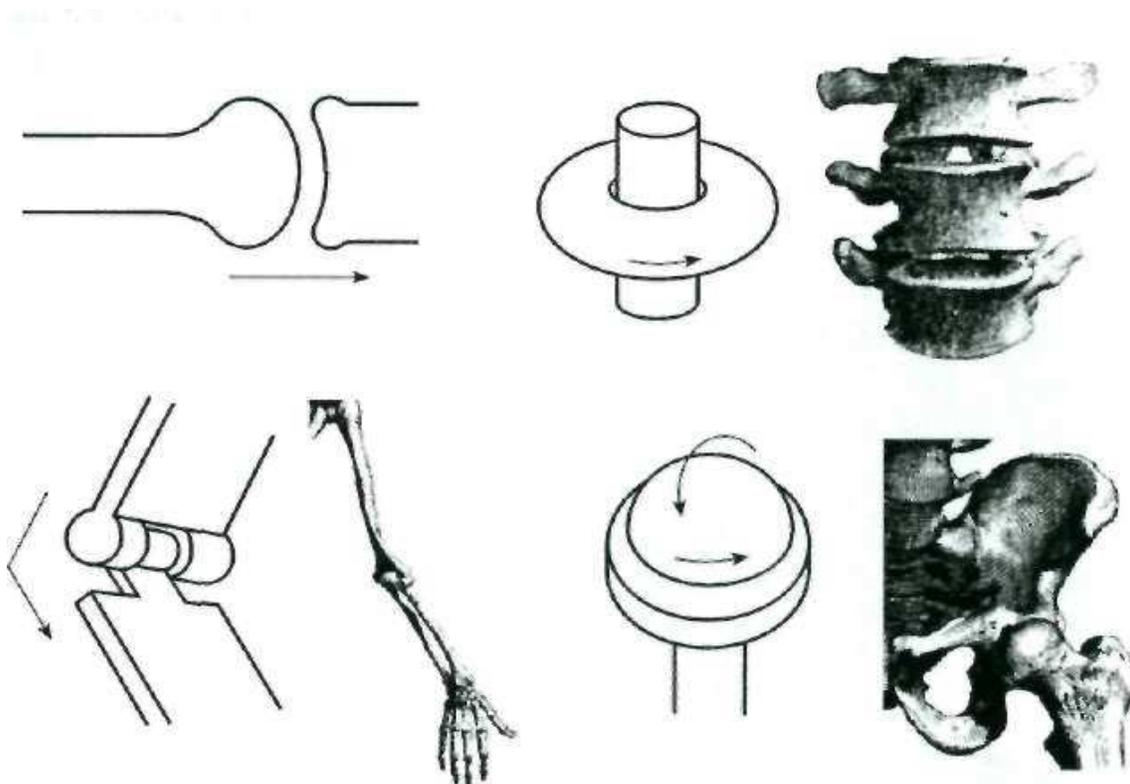


figura 9. Existen diversos tipos de articulaciones en el cuerpo humano; cada una cumple una función específica y permite grados de movilidad y estabilidad determinados.

Articulación de superficie esférica. El extremo del hueso es redondeado y entra en la cavidad del hueso contrario; por ejemplo, la unión del omóplato y el húmero.

Articulación troclear. Sólo permite movimientos de flexión y extensión, como la articulación del codo.

Articulación artrodia. Es una articulación de huesos planos con movimiento muy restringido, como la articulación de la muñeca.

Articulación tricoide o rotatoria. Los huesos giran en torno a un eje, como la articulación del radio y cubito.

Cartilago, tendón y ligamento

El cartilago es una capa muy fina de tejido conjuntivo formado por fibras resistentes, flexibles y elásticas que recubren los extremos de los huesos y facilitan su deslizamiento cuando se produce un movimiento de las articulaciones.

Los tendones son terminaciones musculares poco elásticas que se insertan en los huesos y transmiten el movimiento de un segmento corporal a otro.

Los ligamentos son recubrimientos elásticos que envuelven las articulaciones y les permiten tener movimiento y estabilidad.



figura 10. *Este grabado de Albinus permite ver los diferentes tipos de músculos estriados.*

Los músculos se clasifican en involuntarios, cardíaco y esqueléticos o estriados; estos últimos son los que nos interesan. Los músculos estriados o esqueléticos forman la masa carnosa del cuerpo y pueden contraerse y relajarse a voluntad. Están formados por fibras largas llamadas estrías; a la unión de éstas por el tejido conectivo se les llama fascículo; el conjunto de estrías y fascículos conforman el músculo propiamente dicho. Los músculos esqueléticos corresponden aproximadamente a 40 por ciento del peso total del cuerpo. Según su disposición, las fibras se clasifican en:

- Músculos anchos y planos: son delgados y grandes; sirven como protección de los órganos internos.

- Músculos cortos: son músculos muy pequeños que realizan movimientos delicados, como en los ojos.

- Músculos largos: a este grupo pertenecen casi todos los músculos del aparato locomotor.

Las fibras musculares están formadas por miofibrillas, las cuales tienen dos proteínas: actina y miosina. Cuando estas células reciben órdenes del cerebro, tiene lugar el movimiento.

MOVIMIENTO CORPORAL

El movimiento corporal se realiza gracias al trabajo conjunto de todos los elementos que forman el aparato locomotor, y aparece en dos momentos antagónicos, la relajación y la contracción. La relajación aparece cuando disminuye la fuerza de contracción o cuando el músculo está inactivo y no hay contracción. Sin embargo, aunque el músculo esté en reposo no existe la relajación total, pues todo músculo sano posee un mínimo de contracción y firmeza que se denomina tono muscular. La contracción se presenta en dos momentos: cuando se manifiesta la tensión muscular y cuando se acorta un músculo.

A su vez, la contracción se subdivide en tres tipos, la estática o isométrica, la concéntrica y la excéntrica. Estas tres tienen relación con dos formas de movimiento corporal, el estático y el dinámico.

En la contracción estática o isométrica existe tensión en el músculo, aunque su longitud no varíe. Este tipo de contracción ocurre en el movimiento estático y su metabolismo pertenece a la fase aeróbica (véase página 53).

Durante la contracción concéntrica el músculo desarrolla la ten-

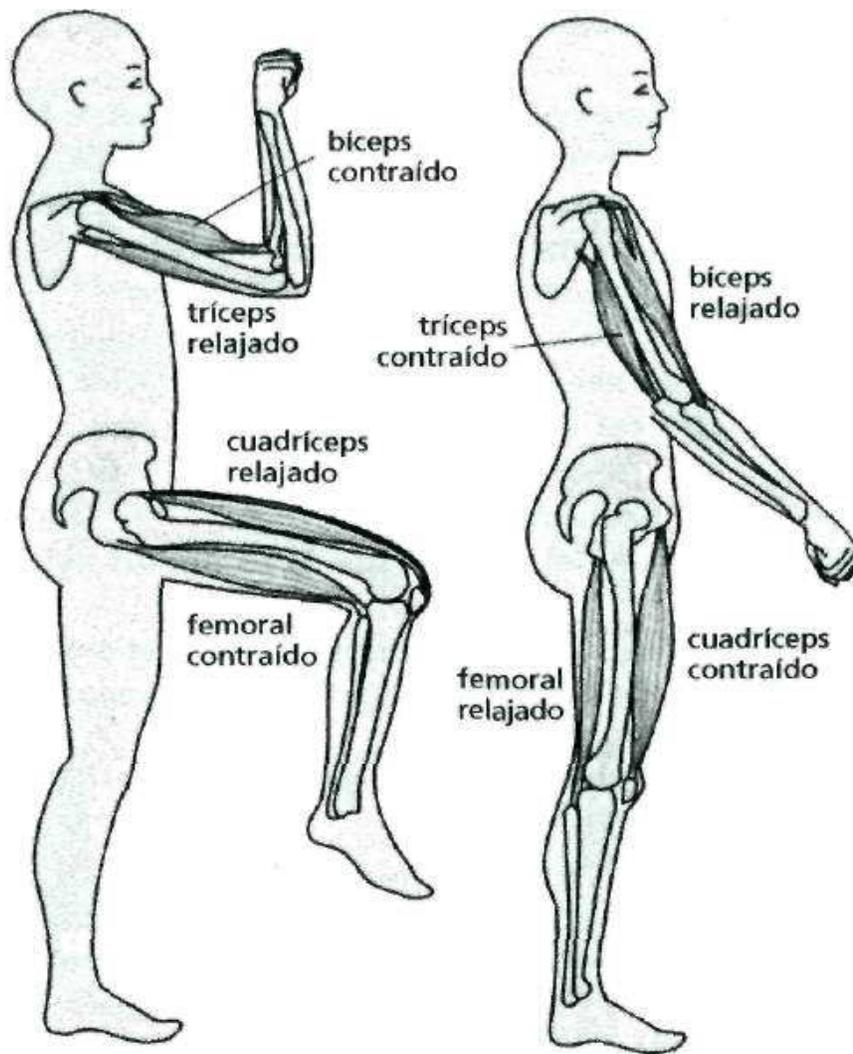


figura ii. Durante la contracción concéntrica la longitud de los músculos varía gracias a la acción conjunta de dos proteínas elásticas.

sión suficiente para superar una resistencia, para lo cual disminuye su longitud moviendo la articulación correspondiente. Su metabolismo pertenece a la fase aeróbica.

Durante la contracción excéntrica la fuerza es mayor que la tensión del músculo, de modo que aumenta la longitud de éste. Su metabolismo pertenece a la fase aeróbica.

El movimiento dinámico ocurre cuando las contracciones concéntricas y las excéntricas se presentan de manera alternada. A su vez estos movimientos naturales que realizan por separado los diferentes segmentos del cuerpo se clasifican de la siguiente manera:

- Flexión. Reducción del ángulo formado por dos partes del cuerpo.
- Extensión. Aumento del ángulo entre dos partes el cuerpo.

- Abducción. Alejamiento de alguna parte del cuerpo de la línea media del mismo.
- Aducción. Acercamiento de alguna parte del cuerpo hacia el eje medio del mismo.
- Circunducción. Es una combinación de flexión, extensión, abducción y aducción que permite el movimiento circular.
 - Rotación media. Giro hacia el eje medio del cuerpo.
 - Rotación lateral. Giro más allá del eje medio del cuerpo.
 - Pronación. Giro del antebrazo para que la mano quede hacia abajo.
 - Supinación. Giro del antebrazo para que la palma quede hacia arriba.
 - » Eversión. Giro del pie hacia afuera.
- Inversión. Elevación del pie para que la planta del pie quede hacia adentro.
 - Encogimiento. Descenso de la estatura o posición normal.
 - Elevación. Aumento de la estatura o posición normal.

POSTURAS Y MOVIMIENTOS

Gracias a la conjunción de las habilidades del aparato locomotor se produce el movimiento corporal, mediante el cual podemos adoptar diversas posiciones que nos permiten ubicarnos en el espacio y dan origen a la existencia de otro nivel de percepción: la sensación pro-pioceptiva (véase página 103). Podemos reunir todas estas posiciones en tres grupos de posturas básicas: de pie, sentado o sedente y acostado o decúbito.

A su vez, el cuerpo se puede dividir en tres planos que marcan la dirección que sigue cada segmento durante su movimiento. Estos planos son el horizontal, el sagital y el frontal. Todas las lesiones que sufre el aparato locomotor por la adopción de posiciones incorrectas o el mal uso de objetos se conocen con el nombre de *desórdenes por trauma acumulado*, y se catalogan genéricamente como producto de los llamados *agentes ergonómicos*, de los que tanto se habla en la salud, en el trabajo, la higiene ocupacional y la seguridad industrial. En el trabajo conjunto de estas tres disciplinas con la ergonomía industrial a esta última le corresponden como objeto de estudio únicamente las condiciones laborales que producen daños al aparato locomotor. Estas lesiones pueden ocurrir a causa de algunas condiciones fundamentales que podemos resumir como mal diseño de los objetos: la mala relación antropométrica entre el objeto y el usuario, los obje-

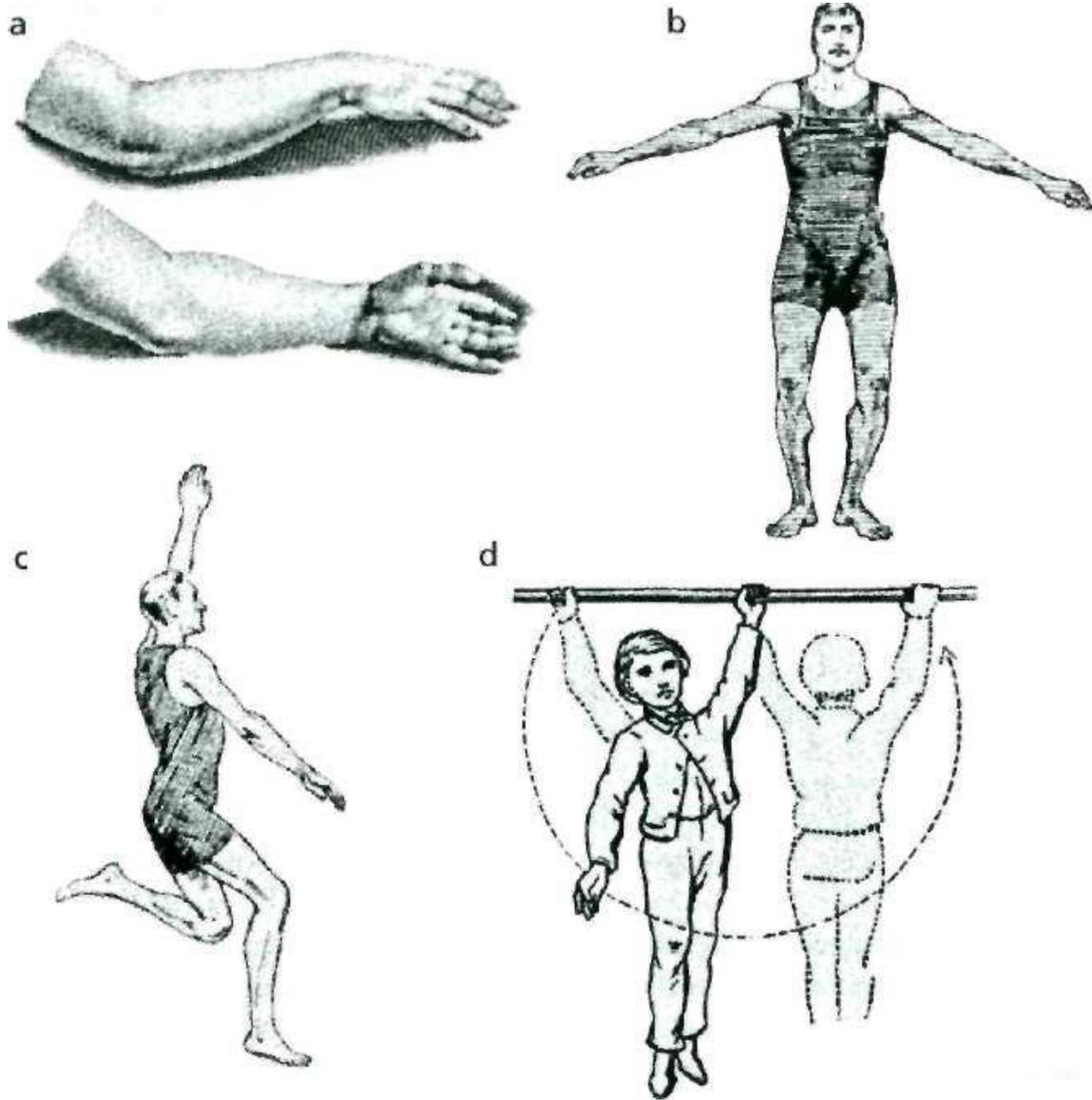


figura 12. a] Rotación-supinación, b] Aducción-abducción, c] Flexión-extensión, d] Rotación.

tos que obligan al usuario a adoptar posturas antinaturales, las actividades que obligan a realizar movimiento repetitivos y el manejo inadecuado de cargas excesivas.

Es fácil pensar que estas condiciones se presentan solamente en centros de trabajo, pero son comunes en los espacios cotidianos, con el uso de enseres de cocina, vehículos de transporte y mobiliario.

Por si esto fuera poco, los diseñadores industriales debemos recordar que los responsables del diseño de estos puestos o estaciones de trabajo somos nosotros. Actualmente abundan en las escuelas de di-

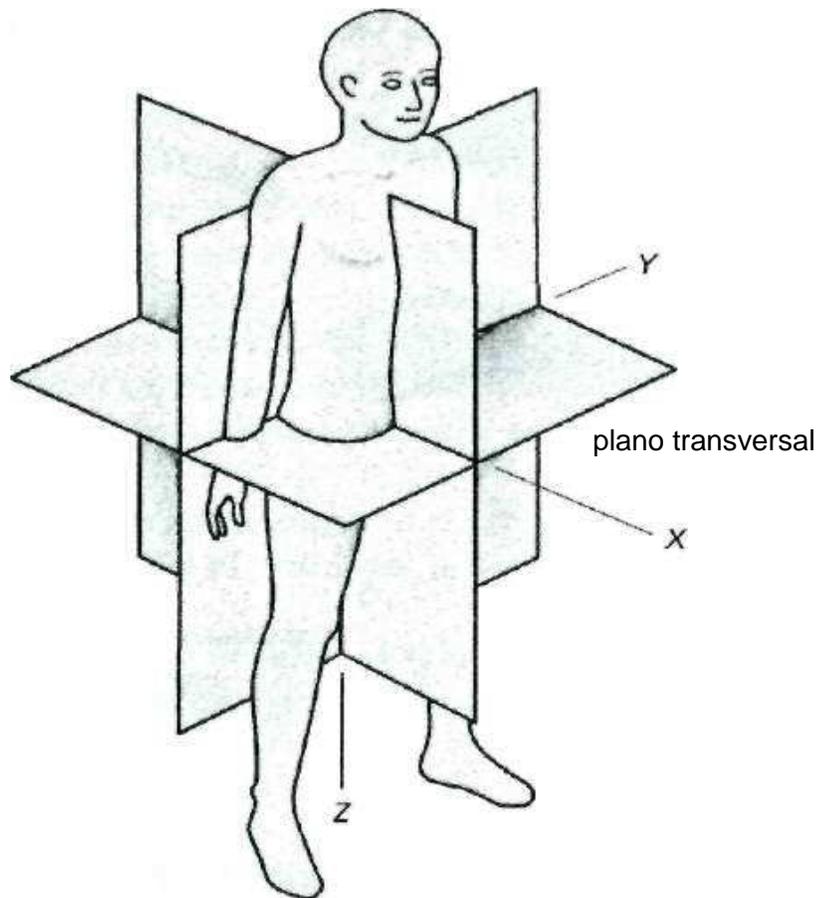


figura 13. Para estudiar mejor los movimientos del cuerpo éste se divide en tres planos: frontal, transversal y sagital.

En el diseño industrial los proyectos de mesas para cómputo, sillas secretariales o sistemas de transporte urbano, pero rara vez los alumnos saben que éstos son puestos de trabajo y que pueden ayudar a que exista una alta productividad o provocar una lesión corporal.

FATIGA

El movimiento y la aplicación de fuerzas produce aumento en el gasto cardíaco, en la respiración y en la temperatura corporal, y genera fatiga física. La fatiga física se presenta después de hacer trabajar por tiempo prolongado a uno o más músculos debido a la transformación de la glucosa en ácido láctico. La fatiga muscular produce cansancio, dolor, pesadez y debilidad de manera crónica o aguda. También se presenta fatiga psicológica, provocada por la rutina, largos periodos de trabajo intelectual o por mantener un cierto grado de concentración; sus síntomas son apatía, cansancio, embotamiento y mala coordinación de movimientos y funciones sensoriales.

El aparato locomotor es el responsable de producir el movimiento corporal; la biomecánica es la ciencia que estudia las características de este movimiento. Esta disciplina médica, parte de la ortopedia, tiene como objetivo el estudio de la aplicación de fuerzas y sus efectos en el cuerpo humano. Las áreas que la integran son: *a)* la estática, que estudia los cuerpos en reposo y los cuerpos en equilibrio como resultado de fuerzas opuestas; tiene relación con el movimiento estático antes descrito; *b)* la dinámica, que estudia la locomoción, es decir, los cuerpos en movimiento que se desplazan de un punto a otro como resultado de la acción combinada de los sistemas nerviosos, óseo y muscular.

La biomecánica dinámica a su vez se subdivide en dos áreas más, la cinemática y la cinética.

La cinemática que es la ciencia dedicada al movimiento propiamente dicho. Su interés radica en la descripción del movimiento en sí mismo; de ahí que estudie los desplazamientos, velocidades y aceleraciones del cuerpo y considere el tiempo y la posición. Dentro de la cinemática se encuentra la goniometría (véase página 192), que es la disciplina encargada exclusivamente de la medición de los rangos de movimiento dinámico que ejecuta cada segmento corporal a manera de ángulos o radianes.

La cinética, a su vez, estudia principalmente las fuerzas que provocan el movimiento del cuerpo; tiene relación con la ergometría (véase página 53).

Ambas ciencias están íntimamente relacionadas entre sí y, como vimos, con la antropometría dinámica y la ergometría.

Biomecánica articular

El funcionamiento de una articulación depende de varios factores. El movimiento entre las dos superficies debe tener la mínima resistencia, los tejidos deben tener la capacidad de resistir fuerzas deformantes y las articulaciones deben tener una rigidez y resistencia adecuada para poder soportar deformación unitaria, esfuerzo y fricción, entre otros.

La unión de los elementos del aparato locomotor forman palancas rígidas con principios mecánicos básicos. Los tipos de palanca que forman las articulaciones son tres:

1] Palanca de primer grado o de movimiento. Se encuentra presente en las articulaciones que tienen capacidad de flexión y extensión.

z/ Palanca de segundo grado o de estación. Es necesaria para que los pies soporten al cuerpo de pie.

3] Palanca de tercer grado o de fuerza. Es útil para la conservación del equilibrio del cuerpo en contraposición a fuerzas externas.

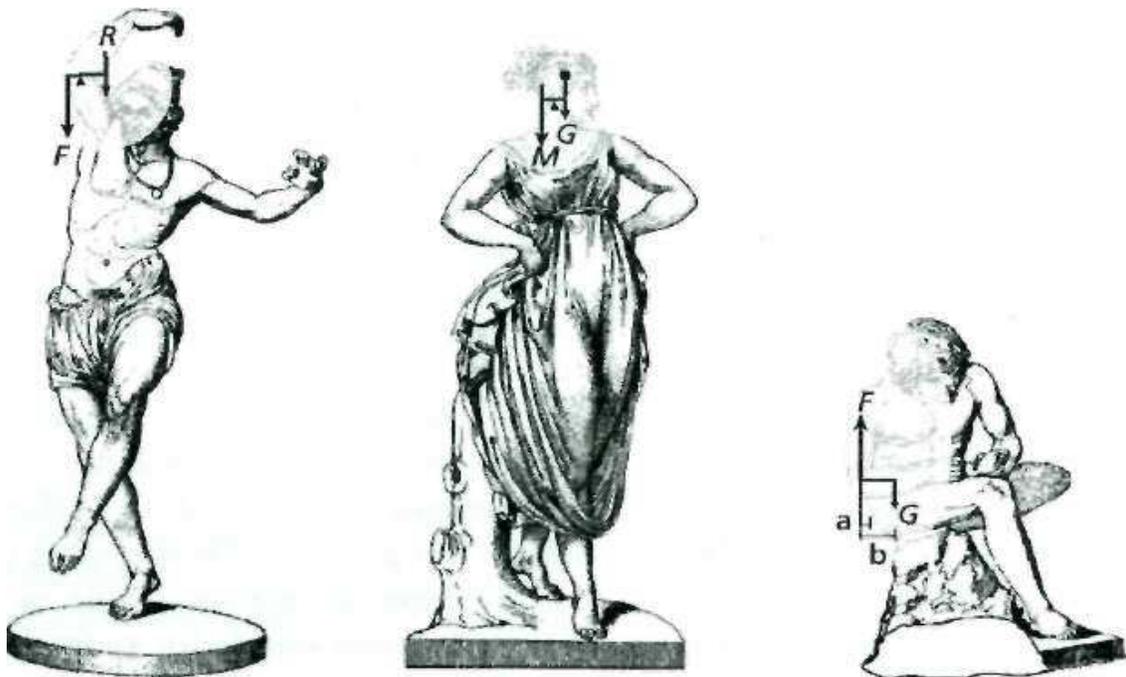


figura 14. Hay articulaciones que forman cada uno de los tipos de palancas. De izquierda a derecha, palancas de primero, segundo y tercer grado.

Las fuerzas articulares son las que resultan de la interacción de los diferentes elementos articulares cuyo objetivo final es el movimiento y la locomoción. Existen dos tipos de fuerza, la fuerza de acción y la fuerza de reacción. La fuerza de acción se origina en los músculos y se refleja en el movimiento de la articulación. El movimiento es transmitido por los tendones y se emplea una fuerza mínima, lo que reduce la carga articular y la fricción. La fuerza de reacción es la que existe entre los componentes óseos, cartilagosos y ligamentosos, independientemente de la acción muscular. Esta fuerza ayuda más a la estabilidad articular que al movimiento en sí.

FUNCIONES METABÓLICAS

El metabolismo comprende todos los procesos biológicos del organismo, indispensables para la multiplicación celular, el crecimiento y el abastecimiento energético de todos los órganos. El metabolismo está

compuesto por dos procesos recíprocos, el anabolismo y el catabolismo. El anabolismo es la asimilación de las sustancias que entran al organismo y su transformación en sustancias orgánicas complejas que forman parte de las células y de las estructuras intercelulares. El catabolismo es la desasimilación o desintegración de las sustancias orgánicas complejas para formar sustancias más simples que a su vez desprenden la energía necesaria para las actividades vitales del cuerpo.

La base fundamental para un buen metabolismo es la alimentación, porque provee sustancias y nutrientes indispensables como proteínas, vitaminas, carbohidratos, sales minerales, grasas y agua. La combinación de alimentos ofrece un balance tanto químico como calórico; este último tiene relación directa con el consumo de calorías que tenga cada persona. La intensidad del metabolismo varía según la edad, sexo, condición física, tipo de trabajo que se practique y condiciones ambientales.

Metabolismo basal

El metabolismo basal es la cantidad de energía consumida por el organismo en absoluto reposo para mantener las funciones vitales. Se calculan que necesita aproximadamente 24 calorías por kilo de peso por día. Así, para personas adultas se requieren de 1 000 a 2 000 calorías por día para los hombres y de 1 000 a 1 700 para las mujeres.

Metabolismo energético

Durante el metabolismo se produce y consume energía constantemente. La fuente principal de energía son las sustancias nutritivas, y durante el proceso catabólico que se efectúa en las células se libera la energía interna. Esta energía liberada se consume en el organismo de varias formas: como energía mecánica, que está presente en los músculos y es necesaria para el movimiento; como energía química, necesaria para la síntesis de nuevas sustancias, o como energía eléctrica, que es necesaria para las funciones nerviosas. Estos tipos de energía se convierten en energía térmica, que se elimina en forma de calor a través la piel.

Energía térmica

Existe una relación directa entre el metabolismo y la elaboración de energía térmica. La temperatura corporal oscila entre los 36.5 y los

37 °C como rango normal, pero puede variar debido al ejercicio físico y a la temperatura ambiental, afectando también al metabolismo. El desprendimiento de calor se efectúa por la piel por medio de la evaporación, y depende de los cambios en el volumen sanguíneo que irriga la piel y se manifiesta por la sudoración; a mayor temperatura habrá mayor volumen sanguíneo debido a la dilatación de los vasos sanguíneos.

La intensidad del metabolismo energético puede determinarse por la cantidad de calor que se genera en el interior del organismo, para lo cual es necesario conocer la cantidad de sustancias nutritivas que se ingieren y determinar la cantidad de energía que contienen. Debe considerarse que sólo se asimila aproximadamente 90 por ciento.

Metabolismo muscular

Para que el músculo desarrolle sus actividades requiere de energía, que es tomada de los nutrientes y almacenada en el tejido en forma de glucógeno, el cual a su vez es transformado en glucosa por medio de un proceso bioquímico.

La cantidad de glucógeno y glucosa en el músculo es muy pequeña, de modo que debe ser reabastecida continuamente durante cualquier tipo de trabajo. El flujo sanguíneo se encarga de este reaprovisiona-

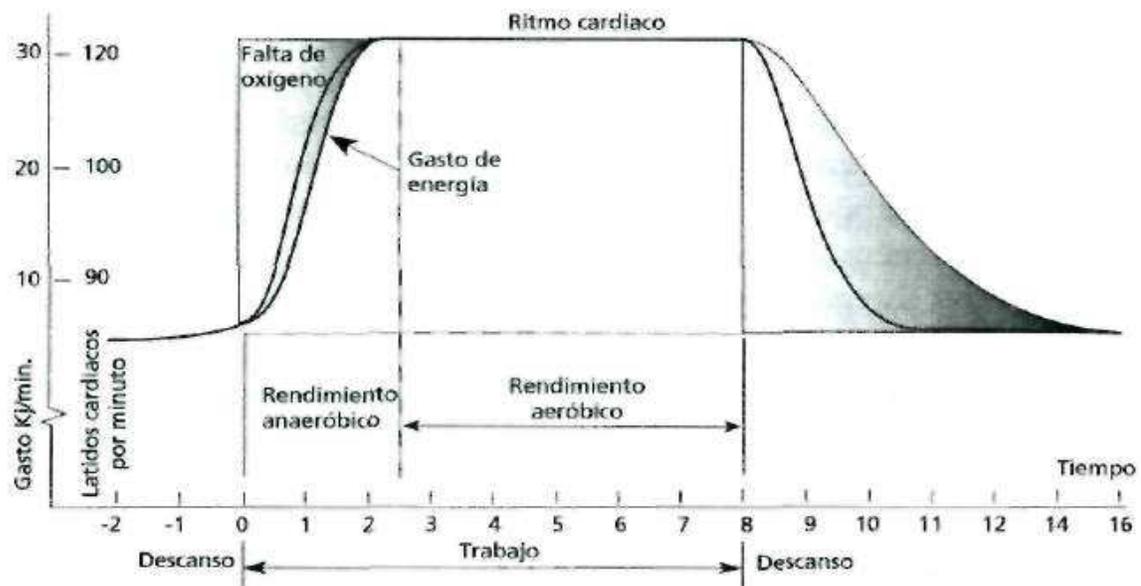


figura 15. Gráfica que muestra el consumo de oxígeno del cuerpo durante periodos de trabajo, descanso y recuperación.

miento, así como de retirar de los tejidos musculares las sustancias de desecho como el ácido láctico. En este proceso metabólico se presentan dos fases, la aeróbica y la anaeróbica.

La fase aeróbica. Para retirar el ácido láctico y permitir el buen funcionamiento del músculo se requiere que el flujo sanguíneo sea continuo para que suministre el oxígeno necesario. El ácido láctico en combinación con éste se transforma en anhídrido carbónico y agua, y puede eliminarse fácilmente. De esta manera se establece un equilibrio entre los insumos y los desechos y es posible una actividad muscular prolongada.

La fase anaeróbica. Durante esta fase el músculo toma energía de la glucosa que es descompuesta por procesos bioquímicos en moléculas más pequeñas hasta convertirse en ácido láctico. En esta etapa del metabolismo muscular no interviene el oxígeno. Si el ácido láctico se acumula sin ser eliminado se presenta la fatiga muscular que impide continuar la actividad.

ERGOMETRÍA

La ergometría es una disciplina relacionada con la cinética y dedicada a la medición del trabajo y esfuerzo musculares. Para medir diferentes tipos de trabajos, esfuerzos y potencias del cuerpo humano los ergometristas cuentan con métodos, técnicas, instrumentos y unidades de medición estándar utilizados en todo el mundo, sobre todo en la medicina del deporte.

De acuerdo con el tipo de trabajo que se realiza, las pruebas de esfuerzos se clasifican por su intensidad y por su tipo de carga.

a/ Por su intensidad, en relación con la frecuencia cardiaca (fc).

Submáxima, cuando la fc es 120 a 170 latidos por minuto. Máxima, cuando la fc es de 170 a la fc máxima de cada persona.

Supramáxima, cuando la fc está por arriba de la máxima.

b/ Por el tipo de carga. 1] De carga única

2] De cargas múltiples. Se divide en dos tipos: *Intermitente*, con carga inicial y reposos intercalados *Continua*, con tres variantes: con velocidad fija y pendiente variable, con cambios en la velocidad y en la pendiente, con velocidad variable y pendiente fija.

Los esfuerzos pueden medirse también con base en el análisis matemático del consumo de oxígeno durante el ejercicio, en el análisis

del oxígeno consumido, tomando una muestra de los gases espirados durante el ejercicio, en la medición del ácido láctico producido por el metabolismo anaeróbico de los músculos durante el trabajo, en el gasto calórico durante el ejercicio, en el aumento de la frecuencia de la respiración y de la frecuencia cardiaca, y por la sensación de fatiga.

POBLACIONES ESPECIALES

Cuando diseñadores, arquitectos, urbanistas y otros profesionales encargados de la concepción, desarrollo y producción de objetos, espacios, ambientes y servicios tenemos que definir a nuestro grupo de usuarios invariablemente tomamos el prototipo del hombre de finales del milenio. Y este ejemplar resulta ser del sexo masculino, con una edad entre los 25 y 35 años, diestro y con una condición física envidiable, pero ¿qué pasa con el resto de la población, que no encajamos en ese parámetro de perfección? Aquí estamos hablando de "otro gran grupo poblacional de interés específico: mujeres embarazadas, niños, ancianos y discapacitados. Ellos necesitan atención especial por parte de la ergonomía, pero mucha información falta o está incompleta" (Kroemer, Kroemer y Kroemer, 1994:601). Este grupo de personas es denominado por Kroemer *poblaciones especiales*; estos grupos, que suelen considerarse minoría, en conjunto son realmente la mayoría de la población y pueden ser considerados un grupo potencial de consumidores que requieren objetos y ambientes especiales. Como diseñadores deberíamos preocuparnos más por este grupo de usuarios, pues definitivamente todos los seres humanos (aun los que pertenecen al prototipo oficial) fuimos niños y seguramente llegaremos a ser discapacitados o ancianos, y la mayoría de las mujeres estará embarazada por lo menos una vez en su vida.

Niños

Dentro de este rubro se ubican los niños de 0 a 12 años de edad, después de lo cual pasan a las etapas de la adolescencia y la juventud. Las extremas variaciones dimensionales, anatómicas y psicológicas que tienen lugar durante este periodo hacen que este grupo sea crítico para diseñadores y fabricantes; de hecho, hasta hace unos pocos años no había tantos objetos específicos para niños en el mercado. Aun-

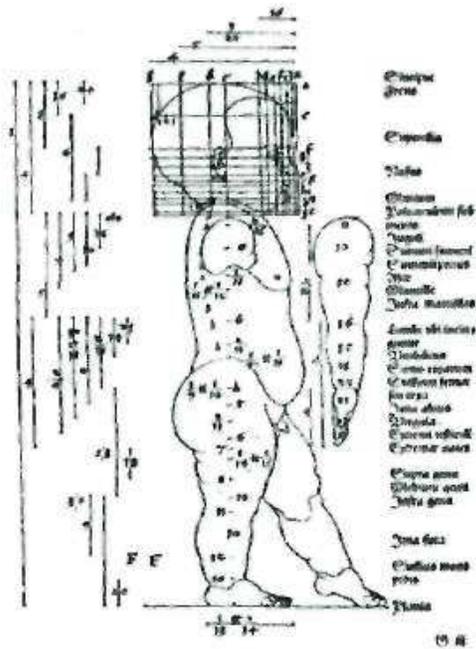


figura 16. Cada vez existen más objetos diseñados especialmente para niños. Este dibujo de Durero es un estudio de proporciones.

que la mercadotecnia encontró un sector potencial de consumidores en los niños, tienen que seguir usando objetos diseñados para adultos, sobre todo en los países subdesarrollados.

Mujeres embarazadas

En parte como resultado de la liberación femenina y en parte producto de las opresiones económicas, las mujeres tienen que trabajar como conductores de camiones o taxis urbanos, oficinistas, ejecutivas o cocineras, y cuando se embarazan tienen que seguir haciéndolo por

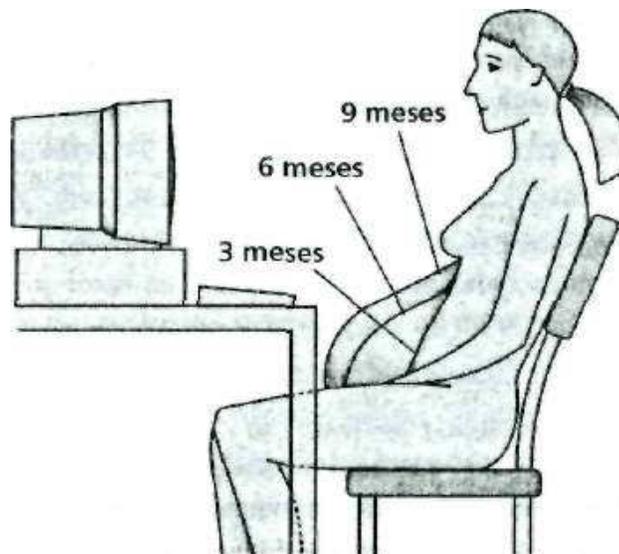


figura 17. Al diseñar objetos cotidianos pocas veces se consideran los cambios anatómicos que sufren las mujeres embarazadas.

lo menos mientras no las despidan o las condiciones laborales no resulten riesgosas para su estado de gravidez, algo que los diseñadores podemos ayudar a determinar.

Entre los objetos que debemos cuidar más para esta población están los asientos y las superficies de trabajo, porque conforme aumenta el volumen del abdomen la mujer tiene que alejarse de la superficie de trabajo y la espalda debe adoptar posiciones antinaturales por la extensión de brazos hacia la superficie laboral. Además el asiento deberá permitir a la mujer cambiar periódicamente de posición y alternar a la vez la postura sedente y la de pie.

Otras condiciones de cuidado son el manejo de cargas y pesos ligeros; el uso de determinado calzado y prendas de vestir holgadas y no realizar trabajos que requieran demasiado esfuerzo físico.

En la bibliografía se incluye un apartado de libros especializados sobre el diseño y el embarazo.

Personas de la tercera edad

Las personas de la tercera edad, que antes llamábamos ancianas, tienen derecho a seguir gozando de los espacios y de los objetos, aunque sus habilidades y capacidades físicas se vean disminuidas por el paso de los años. Por eso, debemos considerar a éste un grupo poblacional, pues aumenta día a día gracias al control de la natalidad y al aumento en la esperanza de vida.

Este grupo es tan complejo como el de los niños, pues las variaciones dimensionales, anatómicas, fisiológicas y psicológicas que se manifiestan entre los 60 y más años de edad son muy marcadas. Algunas personas pasan esta etapa de la vida completamente sanas; otras, en cambio, además de los problemas propios de la edad, padecen una discapacidad como resultado de algún padecimiento o accidente.

Sin embargo, a través de nuestros diseños podemos hacer que estas personas sigan siendo productivas y partícipes de la sociedad. Al respecto se han hecho varias investigaciones, que se encuentran citadas en la bibliografía.

Personas discapacitadas

Inválidos, minusválidos, incapacitados, discapacitados, impedidos, personas con necesidades especiales, etcétera, son nombres genéricos que se les dan a las personas con algún tipo de limitación física o in-

telectual (anteriormente llamada mental o cerebral) como consecuencia de padecimientos hereditarios o congénitos, de enfermedad o accidentes. Hoy las llamamos personas discapacitadas.

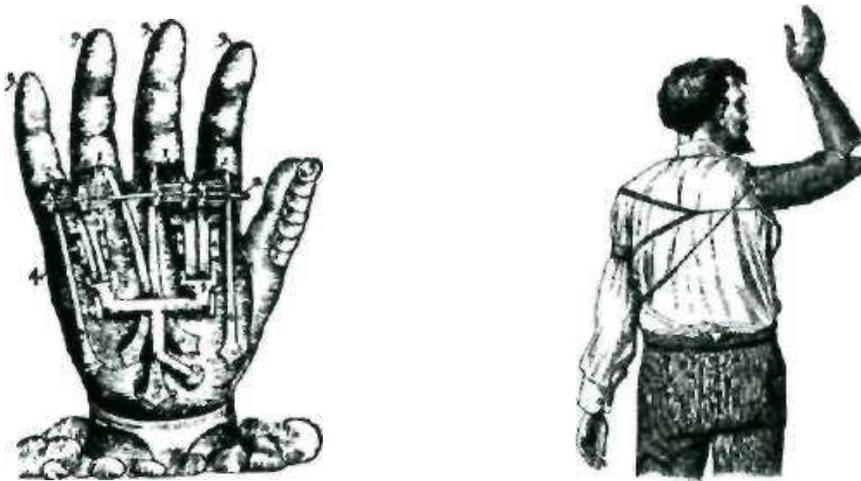


figura 18. *Durante siglos, lesiones y malformaciones congénitas han motivado el diseño de miembros artificiales.*

Las discapacidades se pueden clasificar con relación al tiempo que la persona haya padecido la afección y a la gravedad de su caso. Pueden ser temporales o permanentes, leves o crónicas. Algunas personas son o pueden ser autosuficientes, otras son dependientes por completo. Las personas con discapacidades físicas no siempre poseen limitaciones intelectuales; las que tienen discapacidades intelectuales, sin embargo, suelen tener limitaciones de movilidad, y éstos son los casos más severos.

Ciertas organizaciones especializadas consideran discapacitadas solamente a las personas que tienen dificultades cerebrales o de locomoción. Pero hay otras definiciones que incluyen en esta categoría a todas las personas que no son completamente saludables aunque lo parezcan, como personas con problemas cardíacos, diabetes, miopía, etcétera. Para esta clasificación buena parte de la población mundial es discapacitada.

Hasta ahora los problemas de estas personas han sido verdaderamente dramáticos, porque independientemente de la afección que padezcan la sociedad los margina sin considerar otras posibilidades, que no podemos seguir pasando por alto. Que una persona sea discapacitada no quiere decir que sea inútil. En algunos casos sucede que uno de sus componentes no funciona de manera totalmente normal,

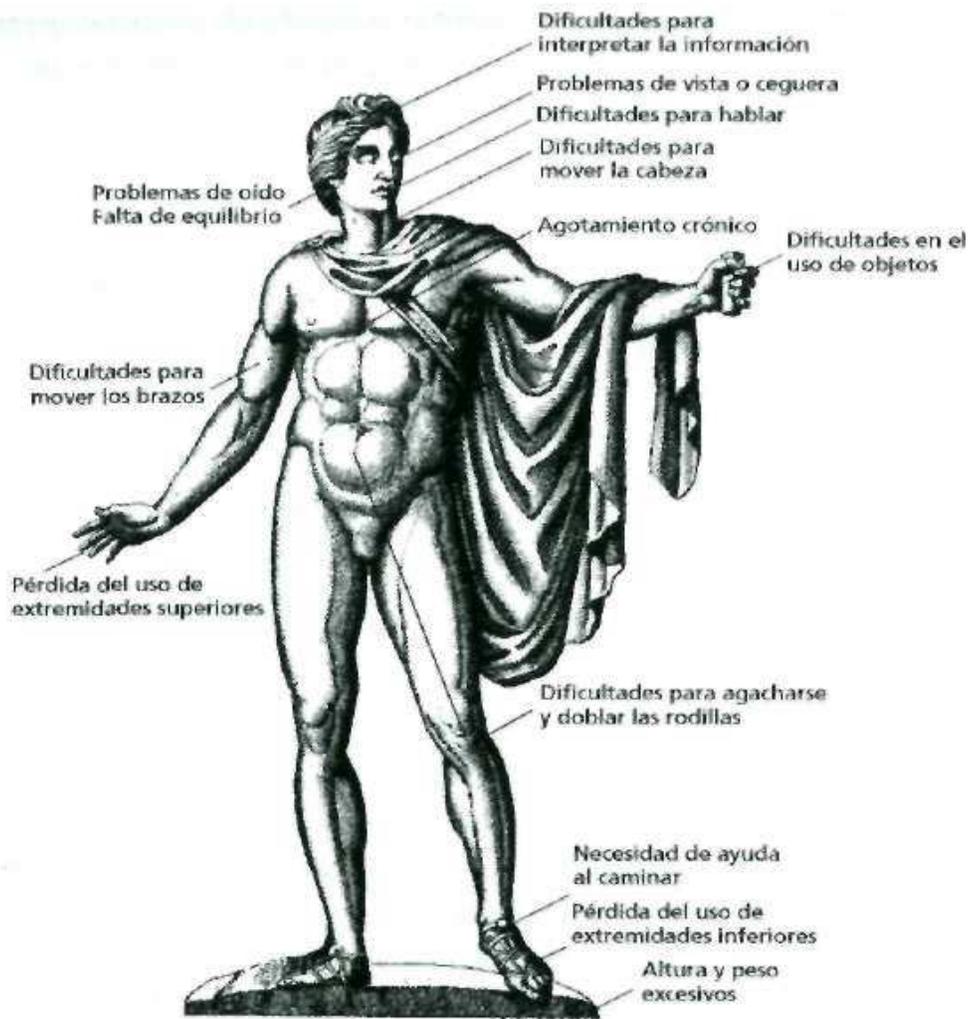


figura 19. *Por diversas causas todos podemos sufrir algún tipo de discapacidad durante la vida.*

aunque el resto de cuerpo y mente gozan plenamente de sus facultades; así, se puede integrar a la vida productiva realizando la labor adecuada. Si una persona carece de algún miembro inferior o de movilidad en otro, puede ejecutar tareas administrativas, intelectuales o manuales en posición sedente.

Además de tener las mismas necesidades que las personas presumiblemente normales, los discapacitados también tienen necesidades propias de su deficiencia. Por si esto fuera poco, tienen que redoblar esfuerzos para adaptarse al mundo de las personas "normales", y deambular por nuestros espacios públicos con sillas de ruedas, muletas o bastones; los invidentes tienen que transitar por banquetas saturadas de puestos ambulantes, postes o cabinas telefónicas que ponen en peligro su integridad física.

Los puntos anteriores son remediables. Por supuesto, para ello tenemos que colaborar en conjunto sociedad, gobierno, ingenieros, arquitectos, diseñadores, especialistas del área médico-biológica y los afectados mismos, que con el paso del tiempo han conseguido el respeto de algunos derechos, como las leyes gubernamentales de barreras arquitectónicas en algunos países.

En nuestro país el Comité Consultivo Nacional de Servicios de Salud de la Secretaría de Salud celebró una sesión el 25 de octubre de 1993 en la que se expidió el Proyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SSA2-1993, que establece los requisitos arquitectónicos para facilitar el acceso, tránsito y permanencia de los discapacitados en los establecimientos de atención médica del Sistema Nacional de Salud (Secretaría de Salud, 1994). Esta norma apareció publicada en el *Diario Oficial* y aprobada el 4 de abril de 1994. Ya se dispusieron otras normas que ampliaron este concepto de acceso, tránsito y permanencia de las personas discapacitadas a todos los lugares de orden público.

Éste es un primer avance en la materia; los diseñadores y ergónomos podemos trabajar de la mano con arquitectos e ingenieros para hacer mejores las cosas, porque aunque estos reglamentos hacen hincapié en las características espaciales no podemos negar que dentro de los espacios construidos son los objetos de uso los que dan el carácter de habitable.

Hasta la fecha, los objetos de uso para discapacitados son fabricados por las industrias especializadas en equipos médicos y esto hace que tengan un carácter formal, frío y desagradable, sobre todo para las personas que a pesar de su deficiencia no se consideran "enfermos". Por otro lado, estos objetos especiales no logran satisfacer todas las necesidades de dichos usuarios.

Por todo lo visto hasta ahora, los diseñadores no podemos seguir al margen de esta problemática, sobre todo porque con nuestros diseños podemos ayudar a la integración social de este grupo y a que su vida sea más llevadera. Entre otros objetos, podemos diseñar ayudas para caminar, hablar, escribir, leer, oír, comer, etcétera, equipos médicos y de rehabilitación, objetos y elementos auxiliares para arquitectura, aparatos y utensilios domésticos, sistemas de transporte y puestos de trabajo especializados. Hay un inmenso campo inexplorado que debemos abarcar.

Para hacer un diseño exitoso debemos procurar que todo objeto que diseñemos fusione la estética y la ergonomía. Es importante hacer hincapié en que el sistema cardiovascular es uno de los más delicados, y resulta sensible tanto a las condiciones físicas como a las psicológicas, por lo que es recomendable que las personas no permanezcan en condiciones ambientales extremas, que pueden afectar el funcionamiento del corazón o la presión sanguínea, ni que se sometan a condiciones tensas en el ámbito social o cotidiano.

Los objetos y herramientas manuales deben tener formas orgánicas para no producir lesiones en el tejido blando de la mano ni obstruir la circulación sanguínea. La forma de las herramientas debe conservar la posición natural del cuerpo y considerar la configuración esquelética de cada quien.

Hay que procurar que el espacio de trabajo tenga niveles óptimos de ventilación para no afectar las vías respiratorias; al diseñar el equipo respiratorio de seguridad es imprescindible considerar el volumen de aire que requieren consumir las personas para que éste pueda circular por los filtros sin dificultad. Asimismo, los objetos que diseñemos no deben producir emanaciones químicas inhalables.

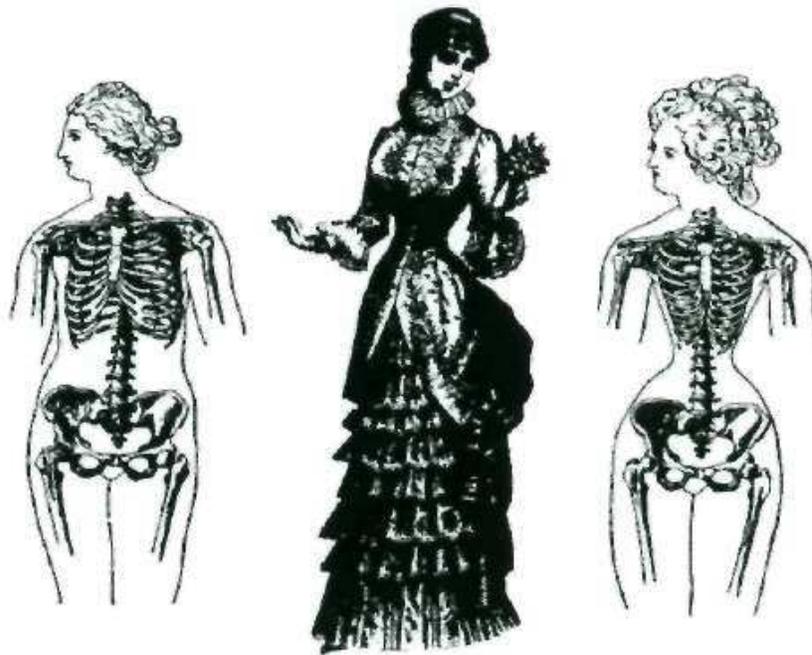


figura 20. *Ejemplo decimonónico de un objeto que produce no sólo malas posturas sino deformaciones permanentes.*

Es importante que los asientos tengan la altura adecuada (véase capítulo 6) para que no exista presión en la zona poplítea, que puede ocasionar entumecimiento en las piernas. La forma y dimensión de los asientos debe corresponder a la curvatura de la columna vertebral y facilitar una buena posición, así como evitar inclinaciones y flexiones frontales y laterales del tórax. Asientos y respaldos deben permitir el cambio de posturas y movimientos para evitar el movimiento estático, que produce más fatiga ya que el músculo se mantiene contraído y disminuye el flujo sanguíneo, lo que provoca que aumente el ácido láctico.

Deben evitarse trabajos en que los brazos deban permanecer a una altura por encima de los hombros y por debajo del codo, lo que puede provocar estiramientos musculares y una flexión indebida de la columna vertebral; también deben respetarse los alcances máximos para no fomentar movimientos ni posturas antinaturales.

Al diseñar deben consultarse tablas antropométricas, pero deben revisarse mediante el método de simulación adecuado (véase capítulo 9) para corregir errores funcionales. También es necesario revisar y corregir las técnicas utilizadas para el manejo y levantamiento de cargas. Es recomendable evitar los movimientos repetitivos.

Las posiciones que producen más fatiga son aquellas en las que el flujo sanguíneo no corre normalmente. Al mantener los brazos alzados o cuando existe presión continua en la región poplítea aparece entumecimiento, y cosquilleo cuando desaparece la presión. La fatiga aparece primero en los músculos que actúan directamente en la ac-



figura 21. *Las posibilidades en el diseño de sillas son infinitas; cada variación produce un impacto diferente en la postura.*

ción, pero si no se corrige se extiende poco a poco a todo el sistema muscular. Sin embargo, la fatiga es menor cuando se realizan movimientos a los que el cuerpo está acostumbrado, es decir cuando ha habido un entrenamiento. La fatiga aguda desaparece después de un periodo de reposo razonable. Los descansos más benéficos son los cortos y a intervalos frecuentes; al tomarlos es recomendable hacer movimientos diferentes y cambios de posición. El descanso nocturno y el sueño también contribuyen a remediar la fatiga aguda. La fatiga crónica, por su parte, es un estado patológico y no desaparece después del descanso normal; diseñar objetos adecuados para las capacidades biológicas de los usuarios y sus capacidades contribuye a eliminarla.

4- Factor antropométrico

ORÍGENES

El ser humano siempre ha querido conocer su cuerpo, tanto por fuera como en los terrenos más recónditos de las funciones psíquicas. Esta necesidad se hizo imperante al construir espacios para habitar y sobrevivir; las primeras medidas estandarizadas que usó el hombre para construir espacios fueron las de su cuerpo, como codo, brazada, pie, pulgada, que prácticamente han desaparecido por la adopción del sistema métrico decimal en casi todo el mundo. Esta evolución es parte de la historia de la antropometría, ya que matemáticos, científicos y artistas de diferentes épocas se han dedicado al estudio metódico y sistemático de las dimensiones corporales y sus variadas aplicaciones.

En las pirámides de Menfis (3000 a. C.) se encontró un canon basado en las dimensiones humanas, considerado el más antiguo del mundo (Neufert, 1985:23). Vitruvio (1 a. C.) escribió un tratado de arquitectura donde analizó la proporción perfecta del cuerpo humano y la aplicación de las medidas corporales en el arte, y en el que dibujó una

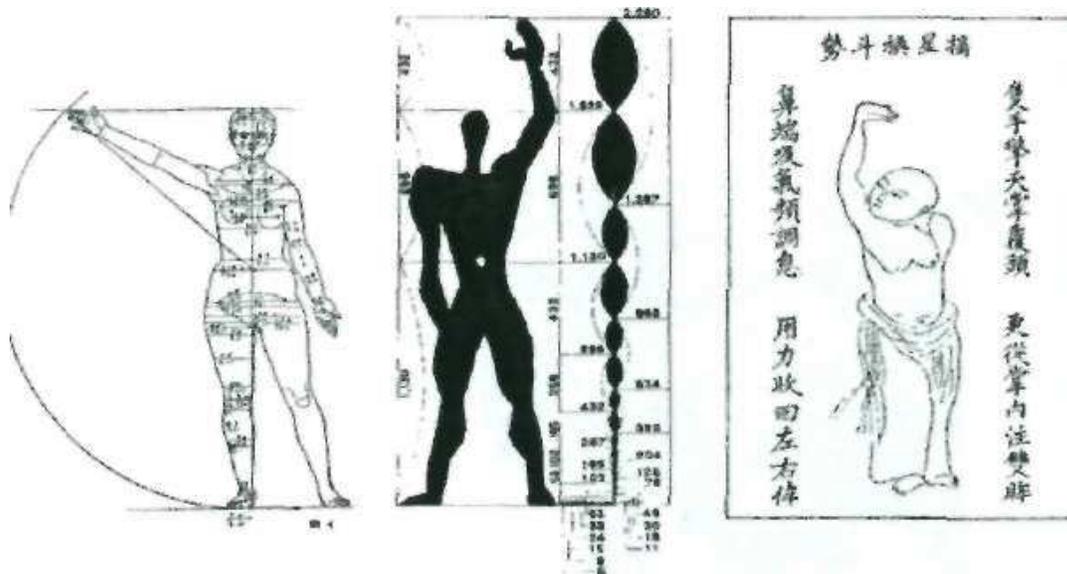


figura 22. Las proporciones humanas han preocupado a artistas y diseñadores de diversas épocas y culturas. La imagen muestra un grabado de Durero, *Le Modulo*, de Corbusier, y una imagen de un tratado de medicina china.

figura humana masculina circunscrita en un cuadro y un círculo, retomada después por varios artistas (Ching, 1985). Alberto Durero escribió en 1528 el *Tratado de las proporciones humanas*, cuyo título alemán dice textualmente: *Aquí se hallan recogidos los cuatro libros de la humana proporción*. En él el pintor no sólo expuso las teorías de Vitruvio, sino que realizó "investigaciones con doscientas o trescientas personas vivientes" (*Grandes maestros del arte*, 1979:97).

En el siglo XIX A. Zeising estableció relaciones directas entre las proporciones corporales y la proporción armónica o división en media y extrema razón o sección áurea (Neufert, 1985:23). En 1870 el matemático belga Quetlet publicó su libro *Anthropometrie*, lo que lo convirtió en el primero en llamar esta disciplina por su nombre actual (Panero y Zelnik, 1984:23). En 1926 Neufert inició la recopilación de los datos que dieron sustento a su libro *El arte de proyectar en arquitectura*, que sirve como guía a todo arquitecto contemporáneo (Neufert, 1985:22). En 1945 Le Corbusier, con base en la proporción armónica, creó *Le Modulo* (véase figura 22), un tratado sobre las proporciones que divide el cuerpo en tres puntos de referencia básicos: los pies, el plexo solar, y la cabeza y las puntas de los dedos con el brazo hacia arriba (Neufert, 1985:23). A partir de la segunda guerra mundial los estudios antropométricos se volvieron parte de la rutina de algunos países, sobre todo dentro del ejército, la marina y las escuelas aéreas, con el objetivo de uniformar a la población. Estos muéstreos antropométricos aparecen en los textos que más se usan en México.



figura 2.3. *Medir el cuerpo humano es indispensable para crear espacios habitables y objetos de uso.*

Por los resultados que actualmente nos ofrece, es innegable la importancia de la antropometría para la ergonomía y el diseño. Sin embargo, los diseñadores latinoamericanos aún no contamos con datos confiables que nos permitan diseñar "para nosotros", de modo que tenemos que basarnos en estudios antropométricos no muy recientes realizados en el extranjero a grupos específicos como el militar, que difiere dimensionalmente de nuestra población. Por ello tenemos la obligación de promover la importancia de la antropometría no sólo en nuestra profesión sino en otras, con el fin de que algún día en todos los países se elaboren muéstreos antropométricos periódicos como censos dimensionales, ya que se ha comprobado que con los cambios en los hábitos alimenticios, los tipos de trabajo y los ritmos de vida se han modificado notoriamente las características corporales de la población. Mientras esto no suceda podemos realizar dichas investigaciones de manera independiente en las escuelas de diseño, con el fin de obtener datos más reales y cercanos a nuestras necesidades.

DEFINICIÓN

La antropometría toma su nombre de los vocablos griegos *antropos*, hombre, y *métricos*, medida; es la disciplina que toma, analiza y estudia las dimensiones del cuerpo humano.

La medición del cuerpo ha sido y seguirá siendo práctica común en varias actividades profesionales, a veces de forma empírica, como la realizada por los sastres, y otras de forma sistemática, como la que realizan la antropología, la medicina y la ergonomía, cada una con un enfoque particular.

La antropología utiliza la medición corporal para recabar información sobre características étnicas, y hasta hace poco sólo se aplicaba a restos humanos. La medicina toma mediciones muy variadas, dependiendo del área de que se trate. Puede tomarse sólo el peso y la estatura como datos generales de cualquier paciente o medidas más específicas en ortopedia, traumatología y rehabilitación para definir el grado patológico o anormal del paciente. La ergonomía, al ser la encargada del estudio de la relación usuario-objeto-entorno, requiere conocer las dimensiones humanas para definir las medidas que tendrán los objetos, espacios o situaciones que se diseñarán para que funcionen de manera óptima al corresponder directamente a las necesidades corporales de los futuros usuarios.

Las diferencias entre la aplicación de la antropometría en estas

tres áreas son evidentes si tomamos en cuenta que a esta última le interesa el hombre en plena actividad, es decir, el hombre vivo, actuante, pensante y por lógica vestido. Esto último es importante, porque en las técnicas antropométricas de las dos primeras ciencias se pide que la persona que va a ser medida esté desnuda o con ropas muy ligeras para que las medidas obtenidas sean muy precisas. En cambio para la ergonomía las dimensiones deben ser tomadas bajo las condiciones más parecidas a la realidad del usuario, y si éste trabaja con un atuendo especial o con ropa común las medidas deben ser tomadas sobre las mismas prendas.

Es necesario distinguir la diferencia entre antropometría y ergonomía, términos que aun en la actualidad se usan como sinónimos no sólo por estudiantes sino también por algunos profesores de diseño. La antropometría se refiere única y exclusivamente a las dimensiones corporales tomadas a cualquier persona. En cambio, la ergonomía se usa cuando los datos antropométricos sirven como base para dimensionar un objeto. Si las dimensiones humanas no se aplican de manera práctica, no hay ergonomía.

LA ANTROPOMETRÍA Y LA VARIABILIDAD HUMANA

El hombre posee cualidades y características físicas comunes a toda la especie humana, y desde este punto de vista podemos pensar que todas las personas son iguales: todos —o casi todos— tenemos un corazón, dos pulmones, dos piernas, dos ojos, veinte dedos, etcétera. Pero las cosas se complican cuando notamos diferencias en los tipos de piel, color de ojos, tipo sanguíneo y sobre todo dimensiones corporales. Es aquí donde vemos que no somos tan iguales. Estas grandes diferencias

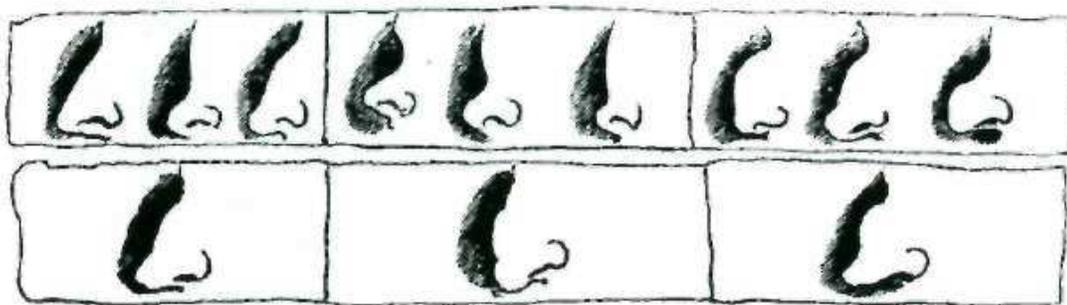


figura 24. *La gran variabilidad de la raza humana constituye uno de los mayores retos para el diseño.*

se rigen por la ley de la variabilidad, que a su vez se divide en variabilidad externa, que es el conjunto de diferencias entre los grupos étnicos, y la variabilidad interna, que es el conjunto de diferencias dentro de cada grupo étnico.

No existen dos personas idénticas, ni siquiera dentro de la misma raza o grupo étnico. La antropometría debe considerar estas variaciones, que aparecen principalmente en seis factores que también se ven profundamente afectadas por esta ley.

Sexo

La primera gran división que podemos hacer de la especie humana es la sexual. Nos clasificamos en hombres y mujeres con diferencias físicas y dimensionales bastante notorias que no podemos pasar por alto, sobre todo para el diseño de ropa y otros objetos y espacios que sean del uso exclusivo de un sexo.

Edad

Existe una clasificación por edades, que toma como punto de partida el nacimiento y como fin la muerte. Durante la vida tienen lugar constantes cambios mentales y físicos que se manifiestan en las medidas corporales. Podemos clasificar la edad en infancia, niñez, adolescencia, juventud, adultez, vejez, senectud y longevidad.

Grupo racial

Los diferentes grupos étnicos tienen ubicaciones geográficas variadas con características climatológicas y flora y fauna especiales que definen la dieta y las actividades del grupo, y afectan el estilo de vida, costumbres y desarrollo físico y dimensional de los individuos.

Factor genético

La mezcla de genes entre los grupos étnicos dan como resultado un mestizaje que modifica las características físicas de los individuos. Por medio de este fenómeno se heredan cualidades y rasgos que se manifiestan de manera única en las personas, haciéndonos individuos diferentes a todos los demás.

Gracias al nivel de salud podemos clasificar a la humanidad en personas sanas o normales, y en enfermas o anormales desde el punto de vista patológico. En este apartado consideramos que el grupo de discapacitados es un grupo antropométrico muy especial, ya que por sus limitantes tiene características dimensionales diferentes, incluso en personas que desde el punto de vista patológico no presentan síntomas de enfermedad, sino únicamente limitaciones físicas o intelectuales.

Actividad ocupacional

La actividad no parece ser un tema propio de la antropometría, pero últimamente se ha hecho evidente la variación dimensional entre los seres humanos gracias al tipo de actividad que desempeñan. Por ejemplo, los hombres que tienen trabajos físicos pesados presentan mayores dimensiones corporales que los hombres dedicados a actividades intelectuales o de escritorio, aunque ambos sean de la misma edad.

Estas seis características no sólo definen las diferencias dimensionales entre los individuos; también dificultan el quehacer de los diseñadores y arquitectos, pues no podemos diseñar para una persona, sino para la mayoría, y dadas las condiciones comerciales y de comunicación, esa mayoría es un grupo casi universal. Por supuesto, no pretendemos eliminar las diferencias; lo que nos corresponde es diseñar objetos que sean adecuados para cualquier persona.

SOMATOTIPOS

Decíamos anteriormente que gracias a la ley de la variabilidad no pueden existir dos personas iguales. Existen diferencias cualitativas como el color de ojos, piel y cabello, y diferencias cuantitativas como las dimensiones y tipos corporales. Las variaciones antropométricas se manifiestan en las grandes diferencias que existen entre los tipos corporales, los cuales se definen a partir de la estructura morfológica de los individuos. Esta estructura morfológica se moldea con base en las proporciones del sistema óseo y muscular y la grasa almacenada en el cuerpo.

Con el auxilio de muéstreos antropométricos y fotográficos, William Sheldon definió tres tipos corporales o estructuras morfológicas básicas: endomorfo, mesomorfo y ectomorfo, nombres basados en las etapas embrionarias (Croney, 1978:49-50).

a/ Endomorfos. Personas anchas con bastante grasa superficial, lo que las hace tener formas redondeadas y ser el prototipo de las personas obesas.

b/ Mesomorfos. Personas con buena musculatura y poca grasa subcutánea. Tienen una apariencia angular y fuerte; son el prototipo de las personas físicamente activas.

c/ Ectomorfos. Personas delgadas sin grasa subcutánea, extremidades largas y caja torácica angosta. Aparentan debilidad y mala postura.



figura 25. Estos tres personajes representan los somatotipos paradigmáticos: de izquierda a derecha, mesomorfo, endomorfo y ectomorfo.

Pocas personas se ubican perfectamente en alguno de los tipos debido a la multicitada ley de la variabilidad. Por tal motivo Sheldon dividió cada tipo en categorías, cada una de las cuales está dividida en grados del 1 al 7 para calificar las características de cada tipo.

Esta escala numérica de clasificación mezcla las características de los tres tipos en un sistema de tres cifras: la primera cifra corresponde a las características endomorfas, la segunda a las mesomorfas y la tercera a las ectomorfas.

Los resultados de esta clasificación se conocen con el nombre de *somatotipos*, con ellos se definen las características morfológicas más particulares y objetivas de cada persona en toda la población.

Las dimensiones humanas pueden variar, de acuerdo con las características físicas particulares, los movimientos y la posición. Por esta razón la antropometría se divide en tres grandes ramas:

- Antropometría estática, clásica o estructural
- Antropometría dinámica o funcional • Antropometría newtoniana

Antropometría estática, clásica o estructural

Las medidas que interesan a la antropometría estática se toman con la persona en absoluto reposo y en dos posturas fundamentales: vertical o de pie y sentado o sedente. Cuando la persona que se va a medir no puede estar de pie, ya sea por enfermedad, discapacidad o por ser infantes, las medidas se toman en posición horizontal o acostada (decúbito supino). Los instrumentos de medición son el antropómetro y otros accesorios (véase capítulo 9). De manera general las dimensiones más comunes son las siguientes:

- Peso.
- Estatura (de pie): distancia vertical desde la planta de los pies hasta el punto más alto de la cabeza o vértex.
 - Estatura (sentado): distancia vertical desde el asiento hasta el vértex.
- Alturas: distancia vertical desde la planta de los pies o asiento hasta el punto deseado.
 - Anchos: diámetros horizontales laterales (derecho a izquierdo).
 - Profundidades: diámetros horizontales anteroposteriores.
- Longitudes: distancias a lo largo del eje de un miembro o segmento del cuerpo.
 - Alcances: distancia a lo largo del eje del brazo o pierna en cualquier dirección.
 - Perímetros: medida alrededor de cualquier parte del cuerpo.
 - Prominencias: longitud de cualquier punto que sobresalga de la superficie corporal.
 - Grosos: espesor de la piel y tejido adiposo. Se toma en los pliegues cutáneos.

Estas medidas, tomadas en varias partes del cuerpo, conforman una batería antropométrica de unas 50 dimensiones que sirven para determinar el espacio crítico o mínimo necesario que requiere una persona

para hacer uso de espacios, objetos y puestos de trabajo. El cuadro 4 muestra las dimensiones que forman esta batería antropométrica.

cuadro 4. *Dimensiones corporales de la antropometría estática Dimensiones en posición de pie*

1. Peso	13. Diámetro bideltoideo
2. Estatura	14. Ancho máximo cuerpo
3. Altura de ojo	15. Ancho máximo lateral codo-codo
4. Altura oído	16. Diámetro transversal de tórax
5. Altura de hombro	17. Diámetro bitrocantérico
6. Altura acromion	18. Profundidad máxima de cuerpo
7. Altura radial	19. Profundidad del tórax
8. Altura codo flexionado	20. Alcance brazo frontal
9. Altura muñeca	21. Alcance brazo lateral
10. Altura al nudillo	22. Alcance máximo lateral (2 brazos)
11. Altura dactilion	23. Alcance máximo vertical
12. Altura de la rodilla	

Dimensiones en posición sedente

1. Altura total	10. Ancho codo a codo
2. Altura ojo	11. Ancho de cadera
3. Altura hombro	12. Longitud nalga-rodilla
4. Altura omóplato	13. Longitud nalga-poplítea
5. Altura región lumbar	14. Longitud codo-muñeca
6. Altura codo flexionado	15. Longitud codo-dactilión
7. Altura máxima de muslo	16. Profundidad abdominal
8. Altura rodilla	17. Alcance máximo vertical
9. Altura muñeca	

Dimensiones especiales

1. Ancho de cabeza	1. Longitud total	1. Longitud total
2. Largo de cabeza	2. Longitud palma	2. Ancho máximo
3. Diámetro de cabeza	3. Longitud dedos	3. Ancho talón
4. Altura de cara	4. Ancho total	4. Altura maleolar
5. Ancho de cara	5. Ancho palma	
	6. Ancho empuñadura	
	7. Diámetro empuñadura	

fuentes: Basado en Pheasant, 1988 y Ávila y Sánchez, 1994.

Las medidas que toma la antropometría dinámica se denominan compuestas, ya que la antropometría se intersecta con la biomecánica y la goniometría (véase capítulo 9). Con el goniómetro se miden los desplazamientos angulares y lineales que realiza un miembro o el cuerpo entero, detectando la amplitud de movimiento en sus grados máximos y mínimos normales o anormales en cualquier posición. Estas dimensiones nos sirven para determinar la posición, ubicación y movimiento del hombre en relación a los objetos y espacio que le rodea, es decir, definir cuantitativamente su manejo proxémico. En el cuadro 5 se pueden ver los tipos y rangos de movimiento de algunos segmentos corporales.

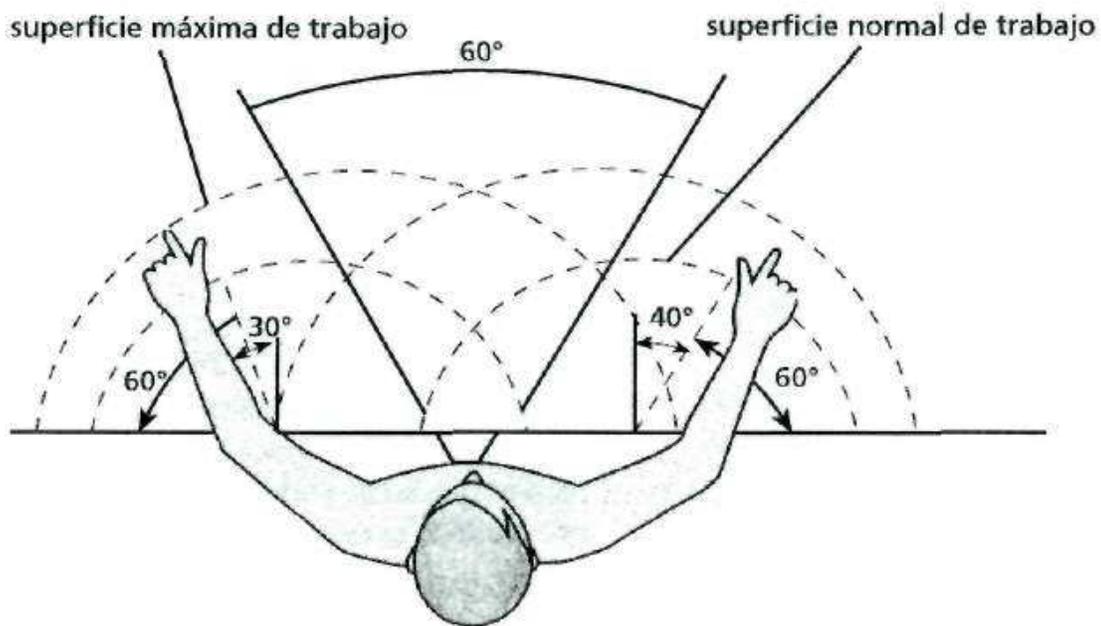


figura 26. La antropometría dinámica mide el cuerpo humano en movimiento para determinar las medidas de sus espacios de trabajo.

cuadro 5. Tipos y rangos de movimiento

<i>Segmento corporal</i>	<i>Tipos de movimiento</i>	<i>Grados de movimiento</i>
Cuello	Flexión-extensión rotación	
Hombro	Abducción Flexión-extensión Rotación interna Rotación externa	o-180°

Brazo		Abducción	0-90°
		Rotación interna	0-150°
		Rotación externa Elevación	0-5 0 10°
		y anteropulsión	0-160°
		Retropulsión Circunducción	0-60°
Codo		Flexión-extensión	0-150°
		Hiperextensión	0-10°
		Supinación-pronación	0-90°
Muñeca		Flexión palmar	0-90°
		Flexión dorsal Extensión	0-90°
		Abducción	0-15°
		Aducción	0-40°
Mano (dedos)		Flexión-extensión	índice-100°
			Medio-105° Anular-110°
			Meñique-115° Pulgar-60°
		Hiperextensión	Todos-0°
Columna vertebral			
Columna	<i>cervical</i>	Flexión-extensión Rotación Inclinación lateral	
Columna	<i>dorsal</i>	Flexión-extensión	0-60 0 70°
		Hiperextensión	0-30 0 40°
		Rotación	0-120°
		Inclinación lateral	0-40° c/lado
Columna	<i>lumbar</i>	Flexión-extensión Hiperextensión	
		Rotación Inclinación lateral	-
Cadera		Flexión-extensión	0-40°
		Abducción	0-15°
		Aducción	0-3 5°
		Rotación interna Rotación externa Circunducción	0-15°
Pierna		Flexión-extensión	0-135°
		Hiperextensión	0-10°
		Rotación	0-40°

Pie	Flexión plantar	0-40" 0-3
Tobillo	Flexión dorsal	5° 0-75° 0-
	Flexión total	60 o 70° 0-
	Abducción-adducción	30 o 40°
	Pronosupinación	
Dedos		
	<i>Metatarsfalanges</i>	Flexión-extensión
	<i>Interfalanges</i>	Flexión-extensión

fuelle: Rivero Arrarte, 1945:24-32;236-238.

Antropometría newtoniana

Desde el siglo pasado se han desarrollado investigaciones biomecánicas dedicadas exclusivamente a la medición del cuerpo que involucran el campo de la antropometría. Estos estudios están enfocados en la medición de puntos y valores estrictamente físicos con el fin de utilizar los resultados para la realización de modelos matemáticos con movimiento dinámico. El estudio se basa en la aplicación de las leyes de Newton sobre el movimiento, de ahí su nombre.

Por la variedad, especificidad y precisión de dichas mediciones, los diferentes investigadores han utilizado cadáveres, ya que se requiere manejar el cuerpo humano segmentado. Ésta es la razón por la que algunos autores como Le Veau llaman a estas mediciones "parámetros de segmentos corporales" (Le Veau, 1991:227).

A los cadáveres se les toman las medidas antropométricas normales, incluyendo estatura y peso total. Luego se segmentan, tomando como punto de referencia las articulaciones, y se congelan. Las mediciones que se realizan con cada uno de los segmentos corporales son:

- Peso.
- Volumen.
- Centro de masa.
- Momentos de inercia.
- Centro de masa en tres dimensiones, a partir de la distancia que existe entre el centro de masa del segmento y su extremo.
- Distancia porcentual entre los centros de masa y los ejes articulares.
- Radios de giro.
- Ejes articulares o rotacionales (no se localizan en la articulación propiamente dicha).
- Eslabón, la distancia longitudinal que existe entre dos ejes de rotación.

Algunas de estas mediciones se han realizado en hombres vivos, aunque las técnicas para la mayoría de ellas aún están en desarrollo. Por lo general se transfieren las mediciones de los cadáveres a personas vivas por medio de comparaciones, modelos y ecuaciones matemáticas.

Entre los datos más conocidos de este tipo de antropometría encontramos el patrón para maniquí en posición sedente de Dempster, desarrollado a partir de medidas antropométricas, eslabones y radios de giro. Los estudios de Dempster sobre los límites de los eslabones y la distancia porcentual de los centros de masa a partir de los eslabones, y las relaciones entre el peso total del cuerpo y el peso de cada segmento, han sido desarrolladas por varios investigadores.

CUADRO 6. Datos de antropometría newtoniana

Relación en porcentaje entre el peso segmentario y el peso total del cuerpo de estudios en cadáveres¹

<i>Fuente</i>	<i>Braune y Fischer (1969)</i>	<i>Dempster (1955)</i>	<i>Dempster² (1955)</i>	<i>De Clauser (1969)</i>
Tamaño de la muestra	3	8	8	13
Cabeza	7.0	7.9	8.1	7.3
Tronco	46.1	48.6	49.7	50.7
Brazo	3.3	2.7	2.8	2.6
Antebrazo	2.1	1.6	1.6	1.6
Mano	0.8	0.6	0.6	0.7
Miembro sup.	6.2	4.9	5.0	4.9
Antebrazo y mano	2.9	2.2	2.2	2.3
Muslo	10.7	9.7	9.9	10.3
Pierna	4.8	4.5	4.6	4.3
Pie	1.7	1.4	1.4	1.5
Miembro inf.	17.2	15.7	16.1	16.1
Pierna y pie	6.5	6.0	6.1	5.8
Suma ³	100	100	100	100

¹ De Clauser y colaboradores (1969).

² Valores ajustados.

³ La suma se calcula cabeza + tronco + 2 (miembro superior + miembro inferior)

FUENTE: Le Veau, 1991:236.

En el capítulo 9, "Métodos y técnicas ergonómicas", damos un repaso a la metodología necesaria para llevar a cabo gran parte de estos lincamientos de diseño.

Primero se debe considerar si el objeto a diseñar será de uso público o individual, y con base en este dato se hará la selección aleatoria de las personas que formarán parte del muestreo antropométrico; se medirán solamente las dimensiones estáticas y dinámicas necesarias para el diseño que se esté proyectando. Las mediciones deben realizarse siempre en personas en condiciones reales y normales. Es decir, vestidas con su indumentaria cotidiana y sin zapatos (es más fácil agregar posteriormente la altura del calzado como valor estandarizado).

Después de realizar el análisis del factor anatomofisiológico se deberán tomar las medidas tanto de la antropometría estática como de la dinámica, procurando que éstas faciliten posturas y movimientos naturales; es importante recordar que la antropometría newtoniana aún no tiene aplicaciones directas en el diseño industrial.

No deben mezclarse datos de diferentes poblaciones, y es importante respetar las limitaciones propias de los percentiles. En la selección y toma de medidas se deben considerar las características planteadas por la ley de la variabilidad, para lo cual es necesario definir perfectamente el perfil del usuario.

Si el objeto es de uso exclusivo de un solo sexo, el muestreo antropométrico medirá únicamente a sujetos que pertenezcan a dicho grupo. Si el objeto es usado por ambos sexos el muestreo se realizará con una población heterogénea y elegida aleatoriamente.

En el perfil del usuario deben especificarse las edades para no mezclar datos antropométricos que alteren la información. Este detalle se cuidará especialmente cuando se trate de poblaciones de niños y de personas de la tercera edad.

Si el objeto es usado por un grupo de personas de una misma región geográfica el muestreo se realizará con ellas. Si el objeto es usado por regiones más amplias o por todo el país, el muestreo será con un grupo heterogéneo tanto en sexo como en edad elegido aleatoriamente.

Es importante tener en cuenta si el objeto será usado por personas pertenecientes a poblaciones especiales como discapacitados, personas de la tercera edad o mujeres embarazadas. Al realizar el muestreo de personas discapacitadas se tomarán sus medidas haciendo uso de sus ayudas o extensiones materiales como sillas de ruedas, muletas,

bastones y perro guía. Si es posible que el objeto sea destinado a mujeres no embarazadas y embarazadas es conveniente tomar los datos antropométricos de estas últimas porque una mujer encinta tiene más necesidad de un buen diseño.

Si el objeto es usado por un grupo de personas que tienen la misma actividad o actividades semejantes, la medición se realizará con sujetos de ese grupo.

Si no es posible realizar el muestreo antropométrico, lo más adecuado será utilizar las tablas antropométricas que encontramos en los textos especializados, cuidando por supuesto que las características de ese grupo sean lo más parecidas a nuestro grupo real de usuarios. En el cuadro 7 se plantean las recomendaciones para la aplicación de algunas medidas y la utilización del percentil más adecuado para cada una de ellas. Es importante señalar que dichos parámetros pueden variar dependiendo del diseño, por lo que se deberá hacer un análisis detallado de las características del objeto para definir con los criterios de diseño cuál es el percentil más recomendable.

cuadro 7. *Aplicaciones y percentiles recomendados para cada dimensión*

<i>Dimensión</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Percentil recomendado</i>
Estatura	Accesos, puertas, alturas de espacios de circulación	95° (considerar altura del zapato)
Altura ojo	Campo visual, señalización, controles e indicadores	50° (considerar altura del zapato)
Altura hombro	Altura máxima de controles	5° (considerar altura del zapato)
Altura codo flexionado	Altura de superficies de trabajo y altura mínima de controles	5° (considerar altura del zapato)
Altura muñeca	Altura mínima de pasamanos y elementos de sujeción	5° (considerar altura del zapato)
Altura nudillo	Altura mínima para colocar lo que se deba cargar	5° (considerar altura del zapato)
Altura dactilio	Altura mínima de controles manejados con los dedos	5° (considerar altura del zapato)

Ancho máximo cuerpo	Espacio mínimo de circulación	95°	
Ancho máximo lateral codo-codo	trabajo	95°	
Profundidad máxima de cuerpo	Espacio mínimo entre el respaldo de asientos u otras limitantes físicas y las superficies de trabajo	95°	
Profundidad del tórax	Espacio mínimo entre el respaldo de asientos u otras limitantes físicas y las superficies de trabajo	95°	
Alcance brazo frontal	Limitar ancho de superficies de trabajo y alcances de controles	5°	
Alcance brazo lateral	Limitar superficies de trabajo y alcances de controles	5°	
Alcance máximo lateral (2 brazos)	Limitar espacio de trabajo	5°	
Alcance máximo vertical	Altura de controles, gavetas, clósets, repisas, elementos de sujeción	5° (considerar altura del zapato)	
Altura total sentado	Interiores de cabinas y habitáculos	95°	
Altura del ojo	Campo visual, señalización, controles e indicadores	50°	
Altura hombro	Altura máxima de controles	5°	
Altura omóplato	Rango para respaldo o sostén de la espalda	50°	
Altura codo flexionado	Altura de descansabrazos y alturas de superficies de trabajo	5°	
Altura máxima de muslo	Espacio entre asientos y superficies u otros obstáculos	95°	

Altura poplítea	Altura de asientos	5°
Ancho codo-codo	Espacio entre descansabrazos	95°
Longitud nalga-rodilla	Espacio mínimo para filas de asientos	95°
Longitud nalga-poplítea	Largo 0 profundidad de asiento	5°
Longitud codo-muñeca	Largo de descansabrazos	95°
Longitud codo-dactilio	Alcance mínimo de controles 0 tableros	5°
Profundidad abdominal	Espacio mínimo entre el respaldo de asientos u otras limitantes físicas y las superficies de trabajo	95°
Alcance máximo vertical	Altura de controles, repisas y gavetas	5°
Ancho de cabeza	Accesos mínimos y equipo de seguridad (ajustable)	95°
Largo de cabeza	Equipo de seguridad (ajustable)	95°
Diámetro de cabeza	Accesos mínimos y equipo de seguridad (ajustable)	95°
Altura de cara	Equipo de seguridad (ajustable)	95°
Ancho de cara	Equipo de seguridad (ajustable)	95°
Longitud total mano	Objetos manipulables, controles y equipo de seguridad	5°
Ancho total mano	Ancho de elemento de sujeción y accesos	95°
Ancho palma	Ancho de elementos de sujeción y accesos	95°
Ancho empuñadura	Ancho de elementos de sujeción y accesos	95°

Diámetro Diámetro de elementos 5°

empuñadura

sujeción

Longitud total pie	Largo de calzado y huellas de escalones y pedales	75° (Para largo de calzado se usa la medida real del pie)
Ancho máximo de pie	Ancho de calzado y de pedales	95°
Ancho de talón	Para configurar la horma del calzado	Esta medida se debe considerar dentro de todas las tallas de calzado

Altura maleolar Altura del empeine del pie 95° (La altura del
para calzado y espacio empeine para calzado debajo de superficies
para se maneja de acuerdo meter los pies con las
diferentes tallas _____ de este
último)

fuelle: Basado en Panero y Zelnik, 1985 y Pheasant, 1988.

Las alturas estandarizadas de calzado son de 2.50 cm para zapato de hombre y 7.5 cm para zapato de mujer.

En las medidas útiles en posición sedente para definir alturas de asiento, de superficies y de tableros de control, es necesario considerar el espesor del material del asiento, así como su grado de acojinamiento, porque los datos antropométricos siempre se toman en superficies planas.

5- Factor psicológico

DEFINICIÓN

En los dos factores anteriores vimos características físicas del hombre, rasgos objetivos, cuantitativos y tangibles. En este capítulo analizaremos el lado subjetivo, cualitativo y experimental que hace que el ser humano se comporte como tal y no sea sólo una máquina perfectamente diseñada.

El factor psicológico tiene sus bases en la psicología, ya que es el encargado del estudio de las capacidades y limitaciones sensoriales y de la percepción, así como de los procesos mentales del ser humano cuando existe intercambio entre éste y el medio ambiente como productor y emisor de estímulos.

En sus orígenes la psicología se definía como la disciplina filosófica dedicada al estudio del alma. Actualmente está considerada como la ciencia de la conducta humana, y "se refiere, sencillamente, a lo que es posible hacer entre una o varias personas" (Dunnette, 1976:17). Su área de estudio es compleja porque aquí no hay verdades absolutas sino verdades individuales propias de cada hombre; sin embargo, existen ciertas generalidades que pueden ser tomadas como puntos de referencia. Como la conducta humana y las funciones mentales son fundamentales para la ergonomía, la psicología con todas sus especialidades se convierte en una herramienta básica para nuestra disciplina.

Psicología industrial

La psicología industrial se encarga "de asegurar que el diseño del equipo tome en cuenta las capacidades especiales o limitaciones de los seres humanos que vayan a operarlo" (Dunnette, 1976:17). Esta área de estudio tiene relación directa con la ergonomía industrial y con nuestra actividad como diseñadores.

Psicología ambiental

Esta disciplina "estudia las relaciones hombre-medio ambiente en su aspecto dinámico. El hombre se adapta constantemente y de modo

activo al ambiente donde vive, evolucionando él mismo o modificando su entorno" (Levi-Leboyer, 1980:20). El dinamismo de los seres humanos es un fenómeno igualmente importante para la psicología, la ergonomía y el diseño, porque el hombre no es estático ni física ni psicológicamente. Gracias al movimiento el cuerpo puede desplazarse de un punto a otro en el espacio, lo cual le permite vivir y percibir el entorno de muy diversas maneras.

Psicología de la percepción

La psicología de la percepción analiza las diversas formas en que las personas perciben el medio ambiente a través de seis tipos de estímulos: luminosos, mecánicos, térmicos, químicos, acústicos y eléctricos. Además de tener relación directa con la ergonomía cognitiva la psicología de la percepción sienta las bases para el diseño gráfico y el industrial.

Psicología cognitiva

"Se interesa por el cómo percibimos, cómo adquirimos el conocimiento, cómo comprendemos el mundo, cómo almacenamos y utilizamos posteriormente nuestra información" (Soslo, 1979). La ergonomía cognitiva es una subespecialidad de esta disciplina.

Ergonomía cognitiva

"La ergonomía cognitiva puede ser definida como un subcampo de las ciencias cognitivas, que se relaciona específicamente con las tareas humanas orientadas a la actividad, al proceso de conocimiento, planificación y comprensión del trabajo" (Falzon, 1990:xi). La ergonomía cognitiva se ha desarrollado principalmente en Francia, y su campo de acción está limitado a la interfaz que existe entre el ser humano y las computadoras. Es posible seguir investigaciones similares pero tomando otros objetos de uso como parámetro para definir la interfase entre éstos y los usuarios.

RELACIÓN PSICOLÓGICA

Podemos entender la relación psicológica que se da entre el hombre, el entorno y los objetos como un proceso de comunicación para el que

básicamente existe un emisor, un receptor y un filtro. En nuestra analogía el entorno y los objetos ocupan el lugar del emisor, que mandan información en forma de estímulos; el receptor es el hombre, equipado con sus órganos sensoriales, y el filtro pueden ser los aspectos culturales que nos hacen percibir la realidad de diferentes maneras.

Cada elemento de esta relación será tratado en este capítulo bajo una panorámica ergonómica. Primero veremos los estímulos como parte del entorno y los objetos; después analizaremos la anatomofisiología de los órganos sensoriales. El capítulo 8 aborda el factor sociocultural como filtro de las relaciones psicológicas entre el o los usuarios, el entorno y los objetos.

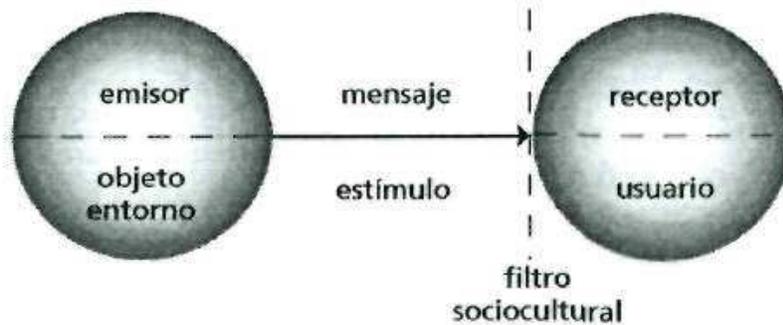


figura 27. En este esquema se homologa el sistema de la comunicación con la relación entre el objeto, el usuario y el entorno.

ESTÍMULOS

El entorno y los objetos emiten información en forma de energía. Los cambios y variaciones de la información aparecen en forma de estímulos. Un estímulo es la energía capaz de alterar las condiciones normales de los órganos sensoriales; se divide en estímulos electromagnéticos, mecánicos y químicos. Los estímulos electromagnéticos son las radiaciones que pertenecen al espectro electromagnético, como la luz y las radiaciones que se manifiestan en forma de calor. Los estímulos mecánicos son los fenómenos que producen movimiento sostenido e intermitente en cualquier parte del cuerpo; aquí se cuentan todos los tipos de vibración. Por su parte los estímulos químicos provienen de las emanaciones de las sustancias líquidas, sólidas y gaseosas que están a nuestro alrededor. Entre estos estímulos se cuentan los sabores y los aromas.

Estos tres tipos de energía se transforman en energía eléctrica al ingresar al sistema nervioso para luego continuar su viaje hasta la corteza cerebral.

ÓRGANOS SENSORIALES

Los órganos sensoriales, como veremos más adelante, están compuestos por células nerviosas especializadas llamadas *receptores*, que se agrupan de acuerdo con el tipo de estímulo que las afecte.

cuadro 8. *Órganos sensoriales y estímulos que los afectan*

<i>Sistema</i>	<i>Órgano</i>	<i>Sentido</i>	<i>Estímulo</i>
Visual	Ojos	Vista	Energía electromagnética (luz)
Somestésico	Piel	Tacto (pasivo)	Energía electromagnética (temperatura) y energía mecánica (contacto y deformaciones de la piel)
Somestésico	Músculos y articulaciones	Tacto (activo)	Energía mecánica (posicionamiento de los segmentos corporales)
Somestésico	Órganos internos	Sensaciones orgánicas	Energía mecánica (síntomas propios de los órganos internos, como dolor, saciedad y bienestar)
Auditivo	Oído	Oído	Energía mecánica (vibración del aire)
Vestibular	Vestibular	Equilibrio	Energía mecánica (fuerza de gravedad y aceleración)

Gustativo	Boca y lengua	Olfato	Energía mecánica (tacto activo) y energía química (composición química de los alimentos, sustancias y elementos que ingerimos)
Olfativo	Nariz	Olfato	Energía química (composición química de los aromas)

El sistema nervioso del ser humano es el más complejo y sofisticado del reino animal: es el que lo convierte en un ser pensante. Entre otras funciones, conecta el cerebro con el resto del cuerpo. Sus partes principales son el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

El sistema nervioso central está formado por el cerebro y la médula espinal. El cerebro, también conocido como encéfalo o masa encefálica, es el área principal de integración del sistema nervioso. Sus funciones primordiales son almacenar la memoria, dar origen al pensamiento consciente, regular las funciones psíquicas, generar emociones y controlar todas las funciones del cuerpo. Por su parte, la médula espinal nace en el bulbo raquídeo y corre a lo largo de la columna vertebral, sirviendo de enlace y conducto a las vías nerviosas que entran y salen del cerebro transportando estímulos e información hacia todo el cuerpo y viceversa. También coordina actividades subconscientes como los reflejos. La médula espinal es el conducto que conecta el área de la memoria con la red de cablecillos formados por el sistema nervioso periférico, que vienen y van hasta los órganos sensoriales.

El sistema nervioso periférico está formado por una red de nervios que recorren todo el cuerpo. Los nervios que inervan la cabeza se llaman nervios cerebrales, y los que van al resto del cuerpo, nervios raquídeos. Este sistema contiene haces de fibras con diferentes funciones. Las *fibras aferentes* transmiten la información sensitiva hacia la médula espinal y el cerebro; *las fibras eferentes* transmiten las señales motoras, principalmente del cerebro hacia el sistema muscular.

Ambos sistemas están conformados por dos tipos básicos de células: las neuronas, que conducen las señales y la información, y las células de sostén y aislamiento o células gliales, que mantienen en su lugar y protegen a las primeras para que las señales no se extiendan de modo anormal.

Subsistemas funcionales

El sistema nervioso se divide también en tres subsistemas funcionales: el sensitivo, el motor y el integrador. El subsistema sensitivo se encarga de transmitir la información desde las terminaciones nerviosas sensitivas (órganos sensoriales) hacia el sistema nervioso central, donde se inicia el procesamiento de la información recibida. El subsistema motor regula las actividades corporales también llamadas funciones motoras. Para ello, el sistema nervioso central emite señales al sistema periférico,

encargado de la regulación de los músculos estriados, de las contracciones de los órganos internos y de la secreción glandular. El subsistema integrador es el encargado de realizar las funciones de raciocinio, como el almacenamiento de información, la producción del pensamiento abstracto, la valoración y análisis de la información sensitiva, el establecimiento de las reacciones motoras adecuadas y la emisión de las señales hacia los centros motores. Este subsistema se encuentra en el centro del subsistema sensitivo y del motor; el primero como canal de entrada y el segundo como canal de salida, de ahí que el sistema integrador sea el codificador que recibe estímulos y emite respuestas.

Entre las respuestas del sistema integrador se encuentran los reflejos, que son "una reacción motora que se produce después de la llegada de un estímulo sensitivo, y la reacción ocurre a través de un arco reflejo constituido por un receptor, una red de transmisión y un efector" (Guy-ton, 1987:128). Un receptor es cualquier terminación nerviosa especializada en la identificación de las sensaciones más comunes como olfato, vista, gusto, tacto y oído. La red de transmisión nerviosa formada por las neuronas tiene la función de transportar la señal del receptor hacia el sistema nervioso central, para de ahí llevarla al efector. El efector es cualquier parte del aparato locomotor capaz de reaccionar y ejecutar la acción que el sistema nervioso central le ordene con base en la sensación recibida. Por ejemplo, cuando la piel recibe un estímulo molesto o doloroso instantáneamente retiramos la parte del cuerpo afectada. Este tipo de reflejo se denomina de retracción o de retirada.

El término reflejo se utiliza para reacciones motoras automáticas e instantáneas; las actividades más complejas y razonadas reciben el nombre de funciones superiores. Las primeras pueden desencadenar a las segundas, y ambas respuestas son provocadas por agentes externos propios del medio ambiente, de ahí que nos interesen de manera particular, ya que los objetos que diseñamos forman parte de ese entorno y son estimulantes perpetuos del ser humano.

Los receptores sensoriales son más conocidos como órganos de los sentidos, porque, como parte del subsistema sensitivo, son los elementos corporales que establecen el primer contacto con el medio externo, a partir del cual se determina el tipo de relación o comportamiento del hombre hacia su entorno. Por ejemplo, cuando vamos a comprar un objeto el primer órgano sensorial que entra en función es la vista; con base en la percepción decidimos acercarnos y conocer el objeto o alejarnos. En este ejemplo entran en juego dos conceptos ambiguos y complejos: la percepción y la sensación.

Como sensación entendemos los procesos fisiológicos que experimentan los receptores sensoriales al ser atacados por un estímulo. La percepción consiste en la interpretación que damos a cada sensación por medio de procesos cognitivos después de pasar por ciertos filtros como los umbrales de percepción y las referencias socioculturales de cada individuo.

Ambos fenómenos están íntimamente relacionados, pues la percepción está regida, condicionada y limitada por la sensación. Para que realmente exista percepción el órgano sensorial debe ser estimulado. El rango de percepción oscila con base en el tiempo, la intensidad y el lugar que sufra el estímulo, y esta capacidad se define como umbral de percepción. Este umbral existe en todos los órganos sensoriales, y posee un valor mínimo denominado intensidad mínima perceptible, que es la cantidad mínima para que se produzca la sensación. El extremo opuesto, la intensidad máxima, tiene que ver con el umbral de dolor, ya que cuando excedemos la estimulación el órgano sensorial manifiesta dolor como señal de peligro y retirada.

SISTEMA VISUAL

El sistema visual es el más sofisticado y desarrollado de los órganos sensoriales, y el que más usamos. Vivimos en un mundo diseñado para videntes. El uso de la vista es bastante cómodo y es fácil abusar de él pues los movimientos y ajustes que el ojo realiza son automáticos e inconscientes, a excepción de los casos de personas que sufren anomalías visuales y tienen que poner remedio a su problema forzando la vista o utilizando lentes especiales para compensarlo.

El órgano sensorial encargado de la visión es el ojo. Para analizarlo podemos dividir su estudio en tres partes: la anatomofisiología del ojo, sus funciones motoras y el mecanismo cerebral de interpretación de las señales visuales.

Anatomofisiología del ojo

En el ojo se encuentran las células receptoras responsables de recibir el estímulo proveniente de la energía electromagnética, es decir la luz. Las partes del ojo trabajan de manera coordinada y realizan básicamente tres funciones con el fin de captar las imágenes que llegan hasta él: recibir la luz y adaptarse a diferentes niveles de iluminación, formar la imagen e identificar los colores.

RECEPCIÓN DE LA LUZ Y ADAPTACIÓN A DIFERENTES NIVELES DE ILUMINACIÓN. Aunque el párpado no es parte del órgano en sí, cumple una función primordial para la vista, pues protege el ojo y constituye el primer filtro regulador de la cantidad de luz que llega hasta la pupila. De acuerdo con la cantidad de luz, la pupila varía su diámetro al igual que el diafragma de la cámara fotográfica. Así, a más luz el diámetro se reduce, y a menos luz aumenta.

De la pupila la luz pasa a la retina, donde los bastones, células sensibles a la luz por medios fotoquímicos, realizan el proceso de adaptación. "Los bastones tienen un pigmento que absorbe la luz, llamado rodopsina o púrpura visual [...] Es una sustancia química inestable que se altera fácilmente con la energía luminosa; se blanquea por exposición y se regenera en la oscuridad. Aunque existen cambios nerviosos importantes pertinentes a la adaptación a la oscuridad, se reconoce que la regeneración de la rodopsina es el proceso fotoquímico básico que condiciona la adaptación a la oscuridad" (Schiffman, 1995:211). Los bastones se localizan en la periferia de la retina.

Aunque el proceso de adaptación es completamente involuntario no debemos abusar de él, ya que los ojos tienden a fatigarse dando origen a problemas visuales de mayor consideración.

Cuando el usuario tenga que trabajar en condiciones elevadas de luminosidad, habrá que diseñar algún sistema de protección que permita llegar al ojo las cantidades de luz permitidas dentro de los rangos normales. Por el contrario, si el usuario está bajo condiciones de luz muy bajas debemos procurar que el resto del espacio tenga aumentos graduales de luminosidad para que el proceso de adaptación sea menos brusco.

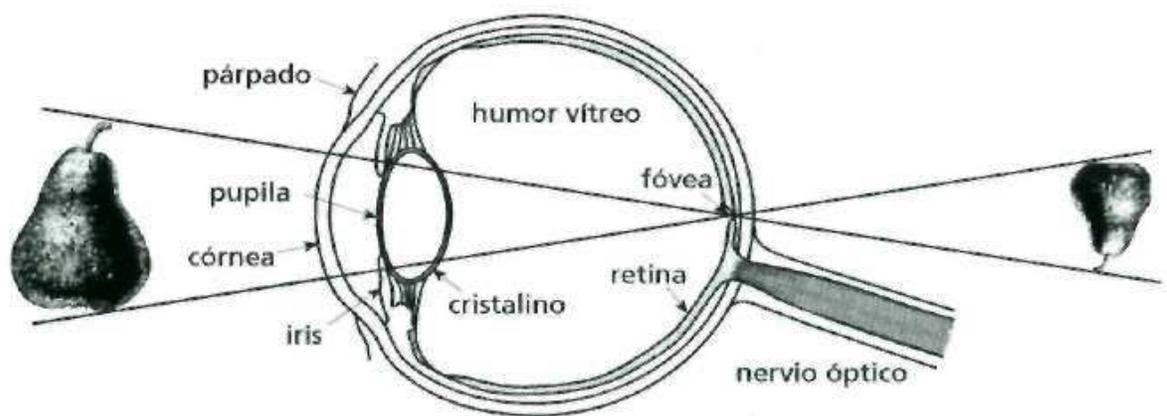


figura 28. Diagrama de la anatomía del ojo y la formación de imágenes.

formación de la imagen. El cristalino es un lente como el de las cámaras y telescopios, pero a diferencia de éstos puede cambiar su curvatura para enfocar la imagen deseada. Esta función se denomina fenómeno de acomodación y "en el ser humano normal, las variaciones en la forma del cristalino hacen posible una escala de acomodación desde 20 pies (unos 6 m) hasta unas 4 pulgadas (10 cm)" (Schiffman, 1995:195).

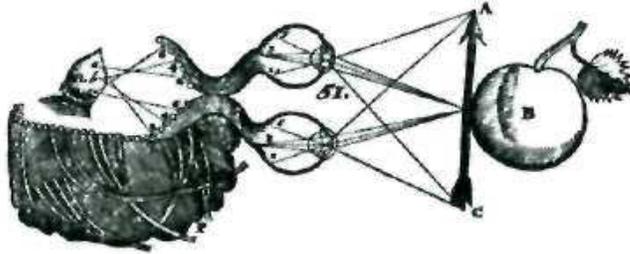


figura 29. Grabado antiguo que representa la formación de imágenes en el cerebro.

Si el cristalino presenta condiciones normales, la imagen que capta coincide exactamente sobre la retina en el punto focal, que es el punto donde convergen todos los rayos de luz; a este tipo de enfoque se le llama emetropía. Pero también se presentan anomalías en la acomodación del cristalino que se conocen como errores refractivos, y pueden ser de cuatro tipos: hipermetropía, miopía, astigmatismo y presbicia. Para corregirlos se dispone de lentes especiales conocidos como lentes graduados o de aumento. Es necesario tener en cuenta estas anomalías visuales porque la mayor parte de las personas las padecen, algunas de forma congénita y otras como resultado de la edad, del tipo de actividad que desempeñan o por enfermedad o accidente. Cuando diseñemos equipos de seguridad para la cabeza y para el área de los ojos debemos tener presente que las personas usan sus propios lentes graduados y no es conveniente que dejen de hacerlo, mucho menos al desempeñar sus labores.

identificación de los colores. Los conos son las células responsables de percibir los colores y de la calidad de la visión, gracias a sus tres funciones: definir la agudeza visual, ser más sensibles a los colores que otras células (pero menos a la intensidad de la luz) y captar las diferencias de color.

Los conos se dividen en tres tipos, cada uno de los cuales reacciona a una longitud de onda diferente: rojo, azul y verde, los colores primarios para la óptica, también llamados colores luz. Para captar colores secundarios se estimulan los conos de manera combinada. Por ejem-

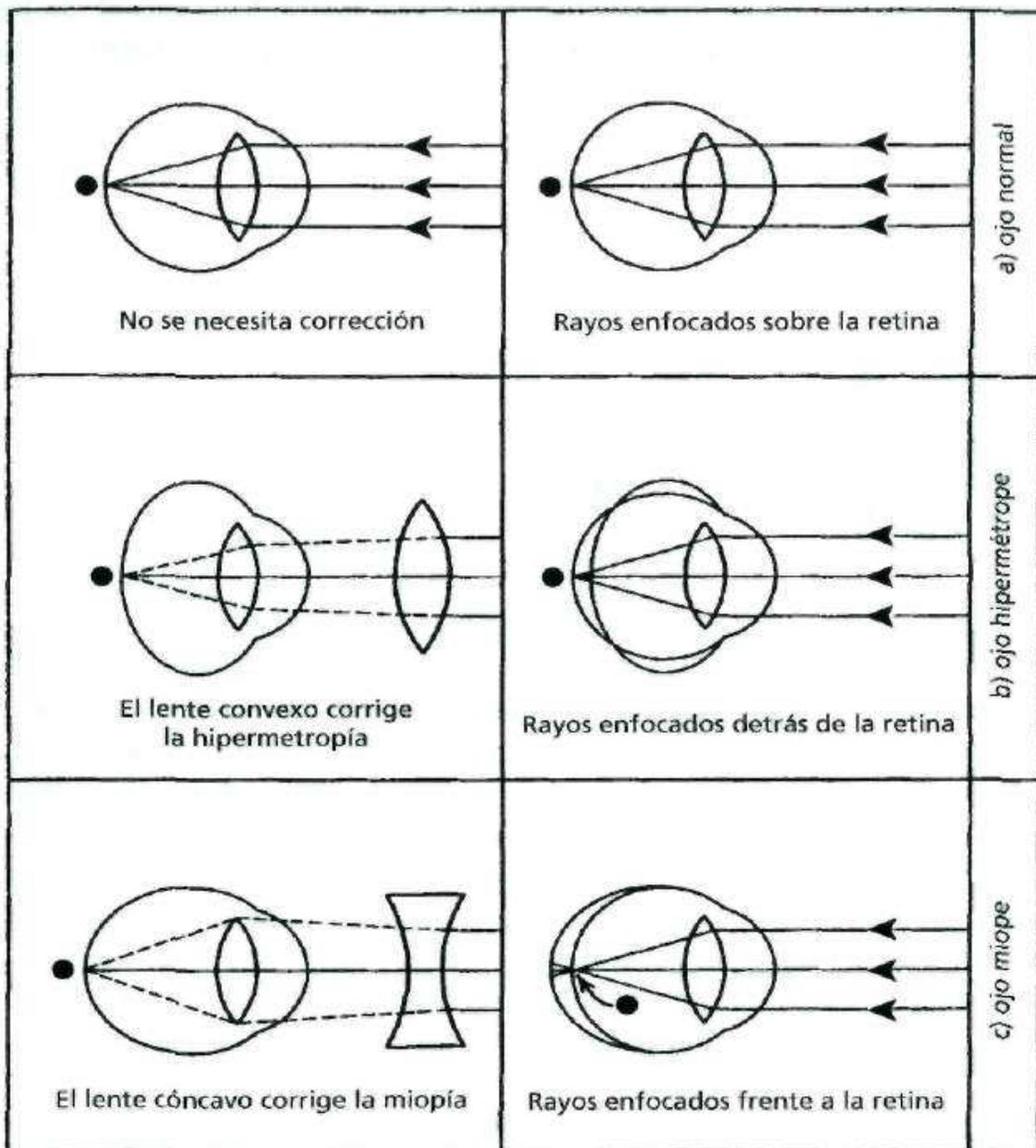


figura 30. Algunos de los problemas visuales más comunes son la miopía y la hipermetropía, que pueden ser compensados mediante lentes especiales.

pío, el amarillo estimula conos rojos y verdes por igual, y el naranja estimula más conos rojos que verdes. Los colores rojo y verde son captados en una pequeña depresión al centro de la retina, llamada fovea (véase figura 28), y los colores amarillo y azul son captados por el resto de la retina. Así, el ojo es capaz de identificar toda la gama de colores. Pero no todas las personas poseemos la misma capacidad para identificar los colores; existe una disfunción visual conocida como ce-

güera a los colores o daltonismo, donde algunos de los conos tienen una sensibilidad anormal. Por lo regular los conos afectados son los rojos o los verdes, provocando que estos tonos y sus mezclas se perciban en tonos grisáceos; sin embargo, se puede presentar con otros colores aunque en menor escala. La causa de esta incapacidad es genética y ataca en mayor porcentaje a los varones.

Debemos estar muy conscientes de esta anomalía al diseñar, en especial objetos cuya característica principal sea el color, como los sistemas de señalización, sistemas de seguridad (precaución, peligro, alarmas, encendido, apagado), gráficos, empaques, envases y embalajes, etcétera. Otro fenómeno importante para la identificación de los colores es lo que se denomina "la constancia del color", que es el fenómeno que nos permite, por experiencia, percibir el mismo color aunque la luz cambie.

Funciones motoras del ojo

Para poder obtener una visión eficaz y satisfactoria, los ojos realizan una serie de cuatro movimientos y ajustes básicos gracias a los músculos que rodean el globo ocular:

- Los ojos se dirigen hacia la imagen deseada para que ésta caiga exactamente en la fovea.
- El cristalino logra enfocar la imagen dependiendo de la distancia a la que se localice el objeto a observar.
 - La pupila se dilata o contrae controlando el paso de la luz.
- El globo ocular posee movimientos especializados de arriba a abajo, de lado a lado y en sentido circular que nos permiten tener un amplio campo visual.

El campo visual es un "mapa" que delimita todas las zonas que ambos ojos pueden ver a partir de su punto más céntrico. Por medio de él se determinan las capacidades y limitaciones visuales, a través de cinco puntos de referencia:

- Desde el punto céntrico del ojo hacia el frente en línea recta.
- Hacia el exterior de la cara horizontalmente a partir del centro.
- Hacia el interior de la cara (dirección nasal) en sentido horizontal.
- Hacia arriba en sentido vertical topando con el reborde orbitario.
- Hacia abajo en sentido vertical topando con el pómulo. Cuando se tiene incapacidad de movimiento ocular estos límites están antes de los puntos normales de referencia. Este detalle no se debe omitir, mucho menos al diseñar puestos de trabajo con zonas de controles y tableros visuales, que deben encontrarse siempre dentro

del campo visual. Tampoco hay que olvidar que los límites físicos de la cara no se pueden eliminar ni recorrer, pero en compensación existe el movimiento completo de la cabeza, que permite ampliar dicho campo.

Mecanismo cerebral de interpretación de las señales visuales

El ojo está unido al cerebro por medio del nervio ocular. Las imágenes que se imprimieron en la retina transitan por él hasta la corteza visual en forma de impulsos eléctricos.

En el trayecto se encuentra el cuerpo geniculado, que es el primer punto donde se reúnen las señales de ambos ojos, y donde tiene lugar el fenómeno de percepción de profundidad. La profundidad se capta principalmente gracias a la visión estereoscópica, que compara las diferencias de forma y posición entre las imágenes de un mismo objeto que observan los dos ojos por separado. En el cuerpo geniculado también ocurre el fenómeno de la visión de los colores, que se fusionan a nivel cerebral.

La forma en que la corteza visual capta la imagen es muy diferente al de la retina. La corteza visual es estimulada únicamente con los bordes, contornos y líneas de los objetos, y con esa información se deduce la forma.

Percepción visual

Gracias a las características fisiológicas del sistema de la vista podemos percibir cualidades muy diversas del medio que nos rodea. A continuación enumeramos algunos de los fenómenos de percepción más comunes; dado lo extenso de cada uno de ellos sugerimos recurrir a bibliografía especializada para profundizar la investigación.

- Percepción del contorno y del contraste.
- Percepción de fondo-figura.
- Percepción gestáltica:
 - Cercanía o proximidad entre elementos
 - Semejanza entre elementos
 - Configuración de los elementos de acuerdo con la dirección que sigan.
 - Cierre de figuras incompletas
 - Simetría
- Postefectos de la figura.

- Postefectos de la forma.
- Movimiento aparente de los elementos.
- Percepción de movimiento por la relación entre fondo y figura.
- Percepción de profundidad por el movimiento.
- Percepción de profundidad por la interposición de dos o más elementos.
 - Percepción de profundidad por la claridad de las imágenes gracias al sombreado e iluminación.
 - Percepción de profundidad por el efecto de perspectiva.
 - Percepción de profundidad por el tamaño de los elementos.
 - Percepción de la constancia en la forma del objeto, aunque varíe el ángulo de visión del observador.
 - Percepción de las ilusiones ópticas.

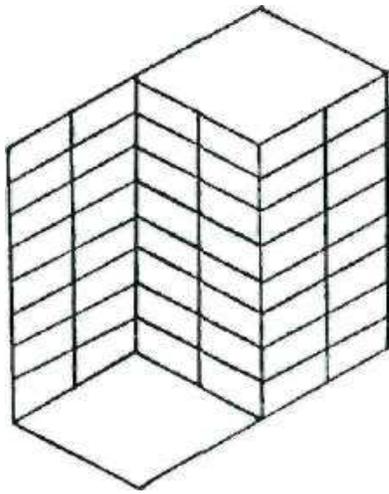


figura 31. *Muchos creadores aprovechan nuestro agudo sentido de la perspectiva para crear de obras de arte e ilusiones ópticas.*

OÍDO

En el espacio se generan de manera natural estímulos mecánicos como el sonido, que, junto a los estímulos luminosos, nos hacen sentir vivos. No hay un lugar que carezca enteramente de sonidos. Los percibimos por medio del oído de manera consciente e inconsciente. El oído es un órgano sensorial que no descansa, y su función es percibir los sonidos convirtiéndolos en impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro para su codificación. El oído se divide en tres partes principales: oído externo, formado por el pabellón auricular, conducto auditivo externo y tímpano; oído medio, que se encuentra entre la ventana oval y el tímpano y está formado por el martillo, el yunque y el estribo, y oído interno, también conocido como caracol auditivo o có-

clea, que está dividido por dos membranas: la vestibular y la basilar, que a su vez están divididas en tres compartimientos: rampa vestibular, rampa media y rampa timpánica. La membrana basilar está sostenida por fibras basilares y sobre su superficie se localiza el órgano de Corti (véase figura 2).

Funcionamiento del oído

El sonido es producido por las continuas variaciones en la compresión del aire, que genera ondas sonoras; estas ondas viajan por el espacio hasta el pabellón auricular u oreja donde son captadas. De aquí se trasladan hasta el tímpano por el conducto auditivo externo. Cuando las ondas se impactan contra el tímpano éste vibra sin parar; cuando el sonido cesa, la vibración se detiene. Al estar unido al martillo, el centro del tímpano provoca que los huesecillos vibren al mismo tiempo transmitiendo su movimiento a la ventana oval y de ahí a la cóclea, donde los líquidos contenidos en las rampas se mueven de un lado a otro provocando deformaciones en la membrana basilar. Esta resonancia hace que el órgano de Corti se estimule. Los receptores sensoriales de dicho órgano son las células ciliares, que conducen las seña-

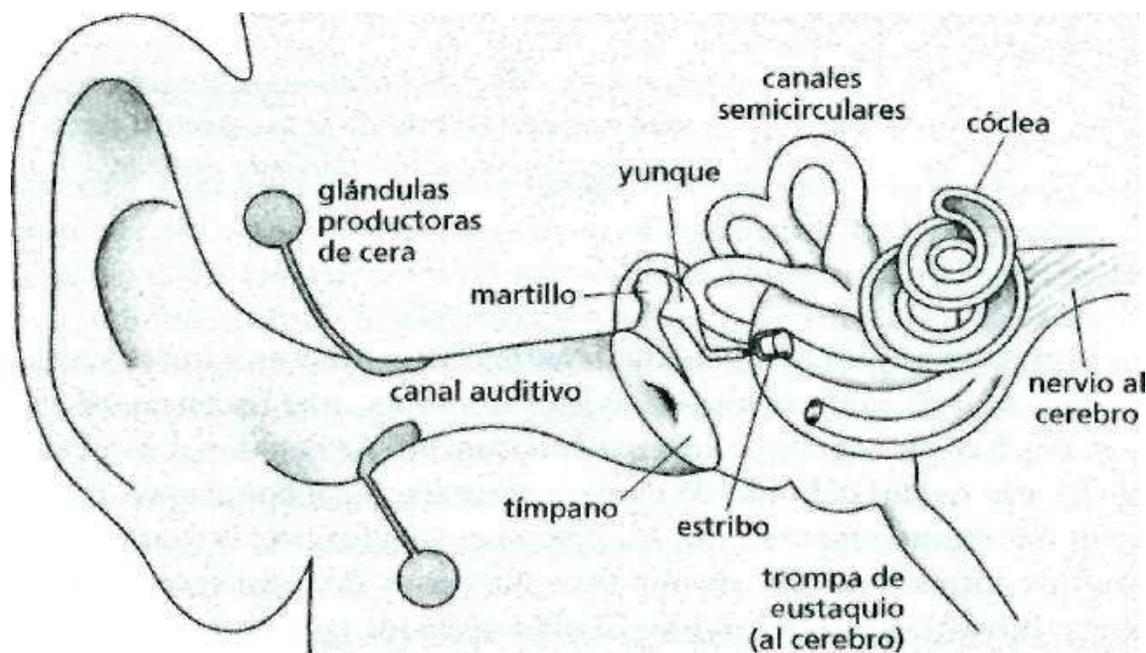


figura 32. *Los impulsos mecánicos del sonido se convierten en el oído en impulsos nerviosos que llegan al cerebro para ser decodificados. El oído también alberga el sentido del equilibrio.*

les auditivas hacia el ganglio espiral de Corti; éste a su vez se conecta con el nervio coclear hasta llegar al sistema nervioso central.

Funcionamiento del oído a nivel cerebral

Después de pasar por el nervio coclear los impulsos neuronales llegan a cuatro niveles diferentes del cerebro y luego a la corteza auditiva. Ésta recibe los impulsos nerviosos y capta las diferencias de tono del sonido escuchado. Luego los impulsos llegan hasta el área de asociación auditiva y finalmente se establecen en el centro de integración, donde se define el significado de las sensaciones auditivas, las visuales y las combinadas.

Además del sistema principal existe un centro auditivo inferior, cuyas funciones son localizar y definir la dirección del sonido que llega hasta la oreja y provocar reflejos en las demás partes del cuerpo al recibir el estímulo sonoro, función de la que se encarga del tallo cerebral.

Audición

El oído humano está capacitado para escuchar sonidos con una intensidad entre los 0 y los 130 decibeles como rangos normales que no afectan ningún componente del órgano auditivo; al igual que los otros órganos sensoriales el oído posee un valor de umbral límite o máximo permisible, el nivel de sonido que no se debe rebasar pues se corre el riesgo de padecer una lesión. De ahí que no es recomendable la exposición por arriba de los 80 decibeles durante un tiempo prolongado.

Las lesiones que puede padecer el órgano auditivo se conocen con el nombre de trauma acústico y se dividen así:

- Trauma acústico agudo. Estas lesiones son causadas por sonidos transitorios, es decir que son de gran magnitud pero de corta duración, como una explosión o un balazo. Si el sonido es muy intenso lesiona la estructura del oído medio y en algunas ocasiones también afecta el oído interno. Los daños pueden revertirse, pero si no se atienden con cuidado pueden llegar a provocar sordera total.

- Trauma acústico crónico. Estos trastornos son causados por la exposición continua y prolongada al sonido o ruido estable. Esta lesión destruye las células ciliadas del órgano de Corti, produciendo hi-poacusia bilateral e irreversible.

Como hemos visto, el sentido del oído es más simple que el de la vista. Sin embargo, ambos son fundamentales para nuestra sobrevi-

venda, sobre todo en nuestras ciudades hiperactivas donde los estímulos visuales y auditivos llegan como verdaderos bombardeos.

En nuestro papel de diseñadores no podemos olvidar la importancia del oído. Podemos clasificar los objetos que diseñamos dependiendo del grado de estimulación auditiva que produzcan: objetos silenciosos, como mobiliario; objetos silenciosos con alguna señal auditiva, como cajeros automáticos; objetos productores de sonido, como aparatos telefónicos y equipos de sonido; aparatos productores de ruido, como electrodomésticos, maquinaria y herramientas; sistemas de seguridad, como alarmas auditivas; objetos que protegen al usuario de ruidos dañinos, como equipos de seguridad para el oído; elementos aislantes para los objetos productores de ruido, y aparatos médicos correctores de la sordera.

Ya que la sordera existe, es aconsejable que todos los objetos productores de sonido o ruido tengan elementos visuales que permitan a las personas sordas saber que dichos objetos están en funcionamiento. Por ejemplo, si una máquina está encendida y esto sólo se detecta por el ruido que emite, por seguridad de los usuarios debe incluirse un elemento luminoso que informe del funcionamiento de ese aparato. Por el contrario, todo objeto que emita señales visuales debe ser complementado con alguna señal auditiva para reforzar el mensaje. Por ejemplo, además de mostrar luces los sistema de alarma deben emitir algún sonido identificable por los usuarios con el fin de prevenir accidentes tanto en personas invidentes como en personas que por sus múltiples actividades o ubicación no puedan ver las señales luminosas.

GUSTO Y OLFATO

El gusto y el olfato se catalogan como órganos sensoriales inferiores debido a su sencillez. Ambos tienen varios puntos en común: se encuentran en la cabeza, están interconectados, sus receptores sensoriales se denominan quimiorreceptores y los elementos estimulantes de ambos son de origen químico: sabores y olores.

El órgano especializado para el sentido del gusto es la lengua, y la nariz lo es para el sentido del olfato.

Los sabores básicamente se dividen en dulce, salado, amargo, ácido y otros que resultan ser combinaciones de éstos. Por su parte, los olores se dividen en: "etéreos (frutos, vinos), aromáticos (especies, alcanfor), fragantes (flores, vainilla), ambrosiacos (musgo, madera de

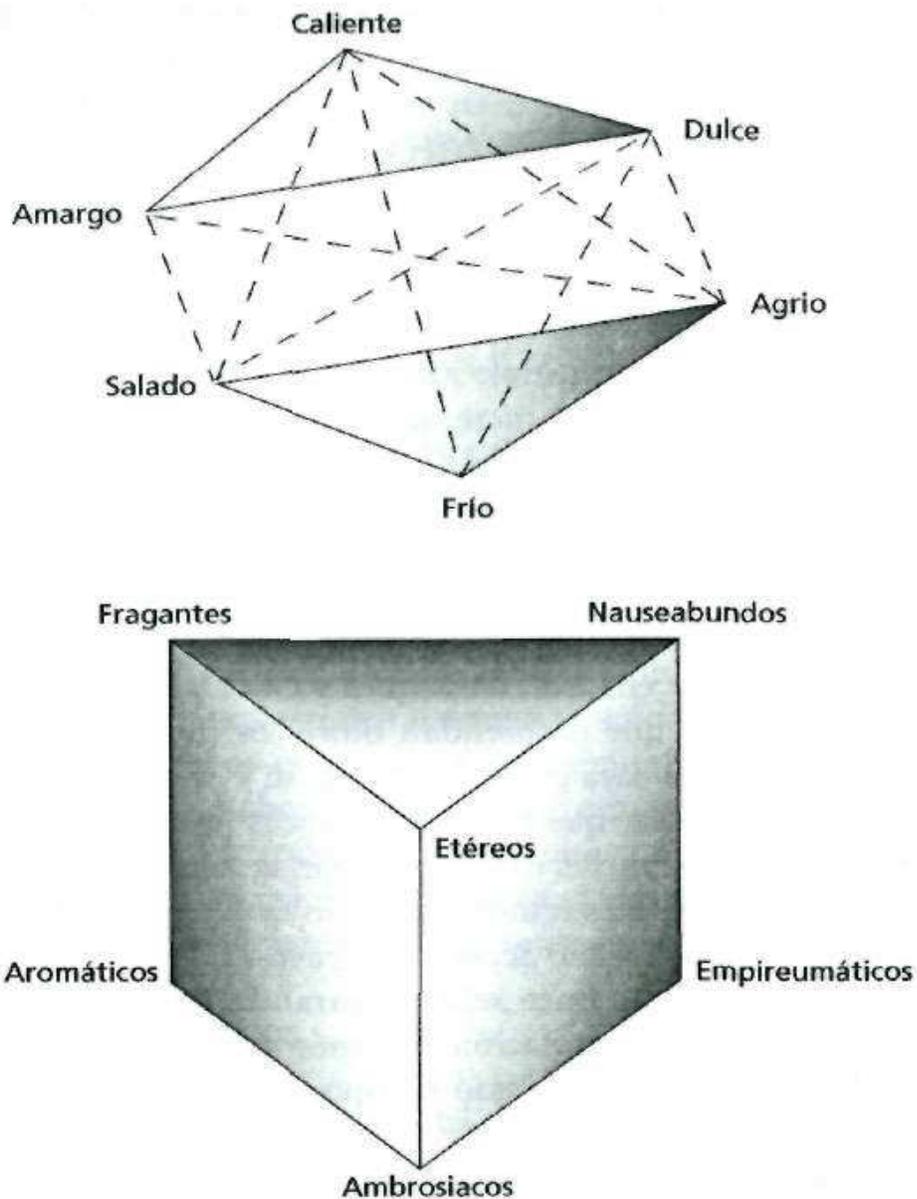


figura 33. Los olores y sabores son señales químicas complejas que captamos mediante receptores especializados. A pesar de lo difícil que es describirlos, existen algunas clasificaciones rudimentarias como éstas.

sándalo), aliáceos (ajo, cloro), empireumáticos (café, creosota), hircinos (rancidez), apestosos (chinchas) y nauseabundos (carroña)" (Day, 1981:63); también hay combinaciones de éstos. Una clasificación más práctica divide estos estimulantes químicos en tóxicos e inofensivos.

Ya que estos estimulantes sensoriales tienen origen químico, nuestro papel como diseñadores industriales es limitado en esta área, pero tenemos relación con los objetos contenedores de estas sustancias.

Para todas las sustancias y elementos comestibles sólidos, líquidos o gaseosos podemos diseñar empaques, envases y embalajes adecuados que mantengan los alimentos en sus mejores condiciones. Para esto hay que elegir el diseño y el material ideal que no desprenda elementos contaminantes que dañen el producto y por ende al consumidor.

Para la preparación, cocción y consumo de los alimentos se requieren objetos y utensilios especiales; para el diseño de éstos la recomendación es similar a la anterior.

Cuando diseñemos juguetes, juegos y utensilios escolares para niños hay que cuidar que el material y, en caso de existir el recubrimiento, no sean tóxicos. Además hay que eliminar los elementos punzocortantes y evitar piezas desprendibles o desarmables de tamaño reducido que los niños pudieran tragar.

No hay que olvidar poner en las etiquetas y en los empaques de los productos las características de las sustancias (tóxico o inofensivo).

Para el diseño de envases, empaques y embalajes de productos tóxicos e inofensivos que desprendan olores es fundamental la buena elección del material para evitar la alteración y evasión de esas sustancias. Hay que procurar que las características formales de los envases contenedores de sustancias tóxicas no sean iguales a los contenedores de sustancias comestibles o inofensivas, lo que puede prestarse a confusiones que desencadenan accidentes graves.

Hay que integrar un buen sello de garantía y seguridad en los envases para evitar que la violación del tapón conduzca a la contaminación de las sustancias; al mismo tiempo, el usuario tiene que poder abrirlo con facilidad.

Abundan las sustancias líquidas, sólidas y gaseosas tóxicas y peligrosas para la salud, como solventes, combustibles, desechos industriales, recubrimientos para varios materiales, entre otros. Quienes trabajan con ellas de manera directa deben contar con equipos de seguridad para nariz y boca que eviten la aspiración de dichos productos nocivos. Los equipos de seguridad para todas las actividades productivas e industriales son un extenso campo de trabajo, para el diseñador.

La mayor parte de los productos que emiten olores y sabores son perecederos. Esto ocasiona que cuando el producto se termina sólo queda el contenedor y se convierte en desecho; es nuestro papel especificar si puede o no tener un uso posterior.

El sentido somestésico se conoce popularmente como sentido del tacto, aunque el primer término es más correcto. La palabra somestesia significa sensibilidad cinestésica (relativa al movimiento y la posición espacial) y sensibilidad cutánea. El órgano somestésico o de la somestesia no incluye solamente la sensibilidad superficial o tacto por medio de la piel, sino también la información procedente del aparato locomotor por medio de articulaciones y músculos que tienen que ver con el movimiento corporal.

Las sensaciones somestésicas se clasifican en tres grupos: las sensaciones exteroceptivas, sentidas por la piel; las sensaciones propioceptivas, sentidas por el aparato locomotor, y las sensaciones interoceptivas o viscerales, sentidas por los órganos internos.

Las sensaciones interoceptivas son sumamente importantes para el funcionamiento del cuerpo, y como diseñadores debemos procurar que nuestros objetos no lastimen o dañen ningún órgano interno. Sin embargo, sólo en casos especiales diseñaremos objetos que tengan contacto directo con dichos órganos, como equipos y aparatos médicos. Por la seguridad de todos es conveniente contar con la colaboración del área médica o ingeniería biomédica. En este libro nos dedicaremos sólo a los dos primeros tipos de sensaciones.

Sensaciones exteroceptivas

La piel es el órgano más extenso del cuerpo y entre otras funciones está encargada de recibir las sensaciones exteroceptivas, que aunque son bastante comunes no son percibidas de manera consciente. Debido a su compleja estructura la piel tiene funciones variadas y sumamente importantes como protectora, excretora, termorreguladora y sensorial. Este órgano está formado por tres capas básicas de tejido: epidermis, dermis e hipodermis, que a su vez están compuestas de varias capas celulares, entre las cuales se localizan las células nerviosas especializadas o receptores sensoriales. Dependiendo de la parte del cuerpo que cubra, puede tener diversas características; la piel más delgada es la de los párpados y la más gruesa se encuentra en las plantas de los pies. También encontramos otras dos divisiones en los tipos de piel con cualidades sensoriales particulares: la piel velluda y la piel lampiña.

Las células nerviosas especializadas o receptores sensoriales se clasifican de la siguiente manera: *a)* terminaciones nerviosas libres: Estos receptores se localizan en todo el cuerpo y son los que detectan fundamentalmente el dolor y el tacto burdo, y *b)* órganos terminales: Son receptores especializados que identifican diferencias muy ligeras entre amplios grados de tacto y otras sensaciones. Entre éstos se encuentran:

- Corpúsculos de Meissner. Se concentran en las palmas de las manos, yemas de los dedos, plantas de los pies, labios y lengua. Se especializan en contactos muy sutiles y en detectar detalles y texturas finas.

- Corpúsculos de Merkei. Se localizan en la capa epidérmica de Malpighi de pies, manos, pecho y espalda. Son receptores del contacto y la presión superficial.

- Corpúsculos de Krause. Se localizan en la capa más superficial de la piel y en órganos genitales. Son termorreceptores sensibles a las bajas temperaturas.

- Corpúsculos de Ruffini. Se encuentran en la parte media de la dermis y son termorreceptores sensibles al calor. Los que se concentran en las articulaciones se denominan receptores propioceptivos.

- Corpúsculos de Pacini. Se localizan en la capa grasa de pies, manos, lengua, glándulas mamarias, órganos genitales, ligamentos, articulaciones y músculos; detectan cualquier compresión, deformación y estiramiento rápidos que experimente el cuerpo. Se denominan receptores propioceptivos.

- Receptores de punta ampliada. Se encuentran en casi todo el cuerpo y pueden desencadenar una reacción prolongada a la presión muy ligera o al tacto muy sutil.

- Receptor táctil del pelo. Consiste en fibras nerviosas que rodean la raíz de cada pelo o vello del cuerpo y se estimulan cuando éste se mueve.

Los corpúsculos de Ruffini absorben calor (permiten la entrada de calor al organismo) y los de Krause ceden calor (permiten que el calor corporal pase al exterior). Como los corpúsculos de Krause son más superficiales y más numerosos, las personas somos más sensibles al frío. A su vez, la sensación de calor se percibe más lentamente y por eso es fácil quemarse al sol.

Para que los corpúsculos de Pacini reaccionen ante la presión es necesario tener dos puntos de referencia y que en uno de ellos exista más presión que en el otro, ya que lo que se percibe es esta diferencia.

Los receptores sensoriales actúan de manera coordinada y simultánea debido a que siempre se estimula más de un receptor a la vez.

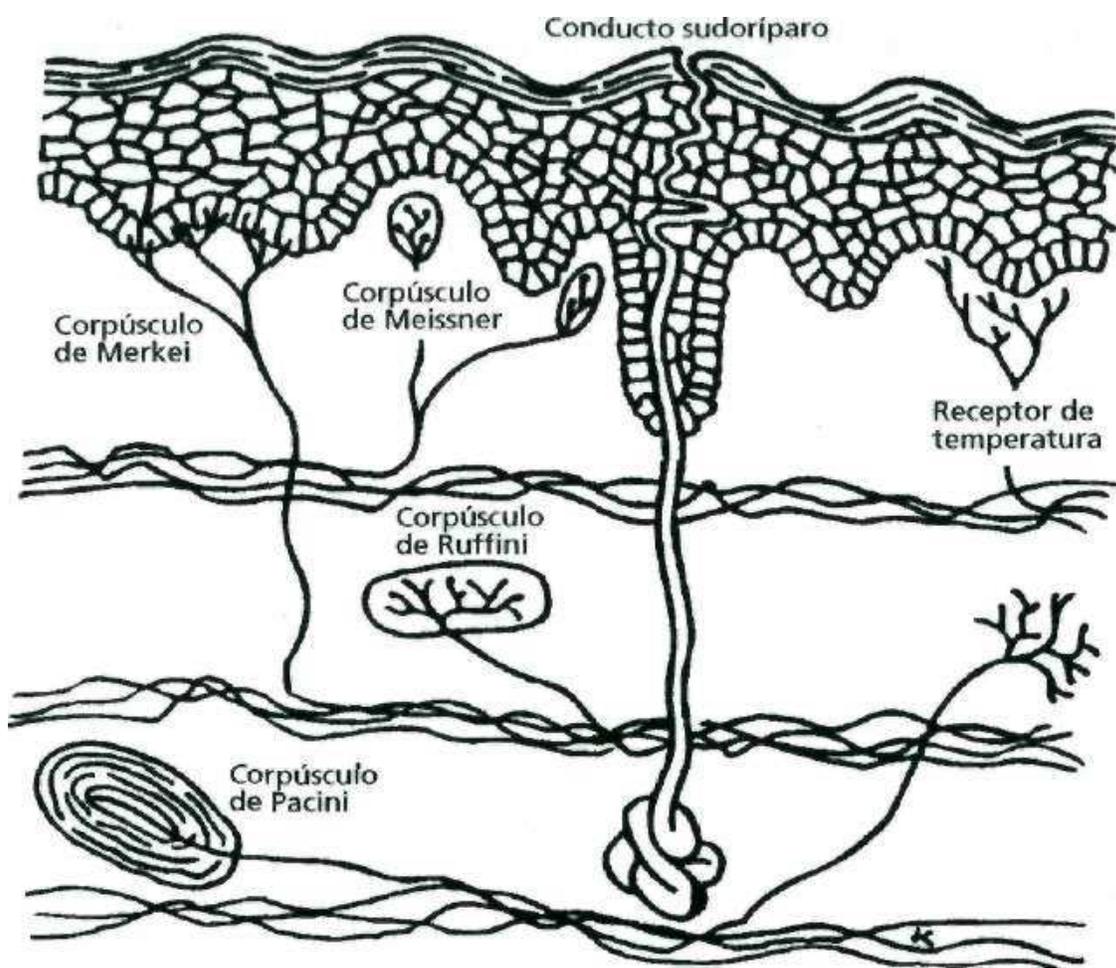


figura 34. *Receptores sensoriales de la piel.*

Sin embargo, podemos englobar las sensaciones exteroceptivas en tres grupos de acuerdo con el estímulo que las produce:

- Presión: estímulos mecánicos.
- Temperatura: estímulos electromagnéticos.
- Dolor: ambos estímulos.

Podemos definir el tipo de tacto que percibimos por medio de las sensaciones exteroceptivas como tacto pasivo. Para experimentarlo no se requiere más que acercar el estímulo a la superficie cutánea o viceversa, sin necesidad de movimientos corporales. Este primer acercamiento se llama contacto y puede llevarnos por dos caminos de acuerdo con el sentido en que se ejerza el estímulo: *a)* si el contacto se presenta en sentido vertical se convierte en presión, y si ésta se acentúa se presenta el dolor; *b)* si el contacto se realiza con un objeto que se desliza o desplaza sobre la piel en sentido horizontal se percibe un roce, pero si éste se manifiesta de modo más intenso se vuelve fricción y llega también al dolor.

La presión se define como la deformación de la piel provocada en forma directa por cualquier objeto del medio ambiente. Si es provocada con un objeto muy pequeño, el área afectada será también reducida y el estímulo muy directo. En cambio, si se produce con un objeto más grande, la mayor intensidad se sentirá en los contornos del objeto.

En la presión influyen dos factores determinantes: la velocidad con la que se deforma la piel y el tiempo que dura la estimulación. Por ejemplo, a mayor velocidad con menos tiempo de estimulación, la sensación de presión será mayor, como es el caso de un golpe. En cambio, si el estímulo permanece invariable, estático y durante largo tiempo, se presenta el fenómeno de adaptación; esto ocurre al vestarnos, pues sentimos de inmediato la presión de la ropa, pero dejamos de hacerlo al poco rato.

El roce y la fricción ocurren al ejercer presión con diferente intensidad y en sentido horizontal. En ellos no se presenta el fenómeno de adaptación porque los receptores se mantienen estimulados durante todo el tiempo que dura la acción. Como una mezcla de roce, fricción y presión se presenta la sensación de vibración, casi siempre provocada por el movimiento continuo de algún objeto que presiona la piel de manera alterna.

La capacidad termorreceptora de la piel que generan los corpúsculos de Ruffini y de Krause nos permite distinguir objetos y ambientes con diferentes temperaturas, tomando siempre como referencia la de nuestro cuerpo. De manera práctica hablamos de calor y frío, pero desde el punto de vista práctico hay más divisiones térmicas: ardiente, caliente, tibio, templado, fresco, frío, helado.

La adaptación no se presenta ni ante el calor ni ante el dolor. El dolor, a su vez, es una sensación especial por su función protectora. Al manifestarse nos previene de situaciones molestas, dañinas o peligrosas y hace que instintivamente nos retiremos del estímulo nocivo. Hay que recordar que los receptores del dolor se estimulan cuando se presenta una lesión en el cuerpo, de acuerdo a cuya intensidad podemos definir la gravedad de la lesión.

Como sabemos la presión, la fricción, la vibración y las sensaciones térmicas pueden desencadenar dolor inmediato, que podemos clasificar en dolor punzante cuando se pincha o corta la piel, dolor quemante cuando hay quemaduras, y dolor continuo, que no se percibe en la piel. Los dolores continuos provienen de algún malestar pequeño pero persistente que ataca los órganos internos (sensación interoceptiva) o los sistemas óseo y muscular (sensaciones propio-ceptivas); por ejem-

pío, dolor de cabeza o dolor lumbar. Los diseñadores debemos brindar más atención a este tipo de dolor, porque la mayoría de las ocasiones es causado por el uso inadecuado de algún objeto o por el uso de un objeto inadecuado para la acción que el usuario desempeña; lógicamente pasa al renglón de las enfermedades de trabajo que se deben eliminar por lo costosas que resultan y la improductividad que generan.

Sensaciones propioceptivas

Éstas sensaciones tienen relación con la cinestesia o kinestesia y con la biomecánica, ya que se encargan de la percepción sensorial de la posición, ubicación y movimiento de los diferentes segmentos corporales, y junto con el sentido del equilibrio nos permiten tener una ubicación y orientación física del medio en el que nos encontramos. Por eso también pueden definirse como tacto activo, ya que para presentarse requieren reacciones motoras. Las sensaciones propioceptivas básicas son:

- Elongación de los músculos.
- Tensión de los tendones.
- Angulación de las articulaciones.
- Presión profunda en la planta del pie.

Los receptores propioceptivos más importantes, además de los corpúsculos de Ruffini y de Pacini, son los receptores musculares llamados huso muscular y aparato tendinoso de Golgi. El primero regula los movimientos musculares e identifica su grado de estiramiento; el segundo identifica la tensión de los tendones y la potencia de la contracción muscular.

Las sensaciones propioceptivas resultado de la fusión de sensaciones exteroceptivas y efectos motores son experimentadas por todo el cuerpo. Pero hay una parte de él que nos interesa especialmente: las manos, porque a través de ellas conocemos más profundamente nuestro entorno.

Las manos nos permiten palpar, y ésta es la primera acción táctil consciente. La palpación es un proceso donde se conjuntan de manera perfecta las sensaciones táctiles y cinestésicas, es decir, el tacto pasivo con el activo, el movimiento de la mano es tan completo que por medio de él y el tacto propiamente dicho podemos enumerar y definir todas las características físicas de los objetos que nos rodean.

La gran movilidad de la mano se debe a la posición, dimensión y función de cada dedo. Por ejemplo, el dedo pulgar se usa de apoyo y "es

el que fija el punto de partida, en tanto que el índice y el medio palpan los principales elementos estructurales del objeto. El anular y meñique acompañan los movimientos de aquéllos y sólo esporádicamente toman contacto directo con el objeto, realizando fundamentalmente una función de equilibrio de todo el sistema motor correspondiente" (Ananiev, 1967:132). Estas características permiten a la mano realizar una función medidora; podemos usarlas como compás. Tener dos manos que se encuentran al final de los brazos y que actúan como antenas nos permite contar con un campo de acción y de alcance casi esférico, con un radio tan amplio como la propia longitud de los brazos.

Las manos están conectadas a los hemisferios opuestos del cerebro, la mano izquierda al hemisferio derecho y viceversa. Esto provoca una asimetría manual, que las manos se muevan y sientan de manera diferente, por eso existen personas diestras, zurdas y ambidiestras. Que haya personas ambidiestras no quiere decir que sus dos hemisferios cerebrales estén perfectamente equilibrados, pues la mayoría de las veces el dominio de ambas manos se debe al continuo entrenamiento provocado por la actividad que se desempeñe o a que por un accidente se deje de usar la mano hábil y se tenga que actuar con la otra.

Al principio vimos que para que se produzca cualquier acción motora se requiere de un receptor, una red motora y un efector. El caso de la mano es especial porque es receptor y ejecutor al mismo tiempo.

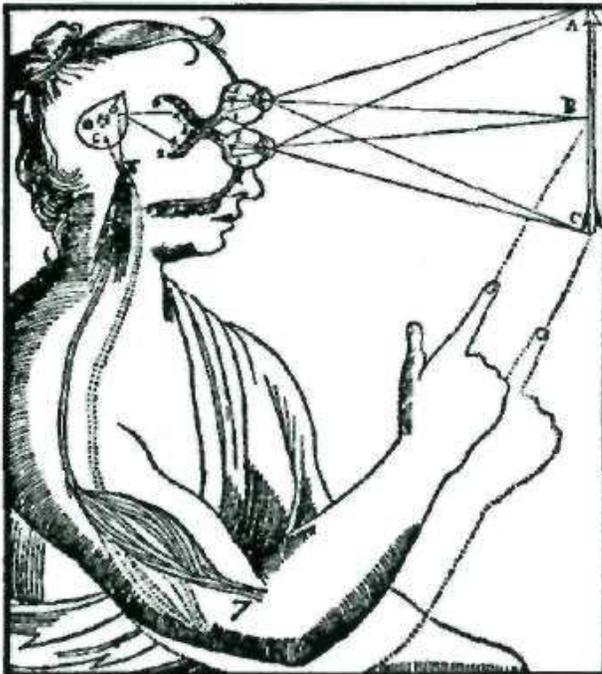


figura 35. La transformación cortical de los estímulos visuales sucede de forma casi inmediata, lo que nos permite reaccionar rápidamente ante lo que sucede en nuestro entorno.

Esto hace que las manos sean las ayudas principales de toda persona y que la mayoría de las herramientas y objetos sencillos sean simples prolongaciones. Prácticamente no hay acción humana en la que no intervengan las manos.

Por lo que hemos visto, podemos darnos cuenta de la importancia del sentido del tacto. Como diseñadores debemos dedicarle gran atención, ya que gracias a él podemos sentir, palpar y manipular objetos percibiendo forma, textura, peso, dimensión, temperatura y estado físico de los objetos. Desgraciadamente siempre hemos vivido en un mundo para diestros y tal parece que seguimos diseñando para ellos; pero debemos tomar en cuenta el inmenso grupo de personas que son zurdas de manera natural o por algún accidente y que deben adaptarse al uso de objetos que no satisfacen sus necesidades por completo y les complican la vida; por ejemplo, las máquinas de coser que tienen los controles del lado derecho, la configuración de ciertas computadoras y accesorios, los mandos de diversas maquinarias y muebles, etc.

Por si lo anterior fuera poco, hay que recordar que las sensaciones somestésicas son permanentes y perpetuas. Este sentido nunca se pierde por completo, como el oído o la vista. Las discapacidades somestésicas son parciales y aun así son un apoyo fundamental para los otros sentidos. El sentido del olfato tal vez sea el que menos requiere del tacto, pero gusto, oído y vista no pueden actuar de manera independiente. Por ejemplo, las personas sordas usan el tacto para percibir las vibraciones del sonido; los invidentes logran desarrollar este sentido a niveles increíbles para poder comunicarse por medio de la escritura braille y para orientarse en el entorno que no ven; finalmente, la degustación de los alimentos no sería completa si el tacto de la boca no funcionara de manera coordinada con el gusto. Por eso hay que sacar el mejor partido al hasta ahora olvidado sentido del tacto.

SENTIDO VESTIBULAR

También como parte de las sensaciones propioceptivas contamos con el sentido del equilibrio, ubicado en el aparato vestibular del oído interno. Su función es la de orientarnos y ubicarnos en el espacio, dándonos la información necesaria sobre el movimiento, aceleración y posición del cuerpo y la cabeza. El aparato cuenta con un sistema especial para cada tipo de equilibrio: *a)* equilibrio dinámico, que requerimos al realizar movimientos de giro para no perder el sentido de

nuestra posición; *b)* equilibrio estático o gravitacional, útil al realizar desplazamientos rectilíneos y cuando el cuerpo cambia de posición respecto al campo gravitacional.

Gracias a ellos podemos movernos libremente dentro del espacio sin perder el control de nuestro cuerpo y permanecer estáticos en un espacio móvil sin desconcertarnos.

Sistema límbico

Lo anterior nos muestra la importancia y complejidad de los patrones fisiológicos y psicológicos en la vida diaria. Sin embargo las cosas van más allá, y aquí entra la coordinación.

Sabemos que el entorno nos impone actitudes, comportamientos y patrones de conducta que pueden ser conscientes e inconscientes, y son regulados fisiológicamente por el hipotálamo y otros componentes cerebrales que se denominan sistema límbico. La estimulación y excitación de éste provoca reacciones conductuales humanas tanto instintivas como razonadas muy difíciles de explicar, como ira, gusto, desagrado, dolor, placer, docilidad, amor, etcétera. Aunque no los entendemos del todos, son de gran importancia para los seres humanos.

Es precisamente de estas reacciones conductuales de las que depende el éxito o fracaso de nuestros diseños. Si las personas reaccionan de manera favorable será porque los diseños constituyeron estímulos positivos para la sensibilidad y percepción de los usuarios. Si ocurre lo contrario es más complicado; no podemos afirmar que no supimos estimular o atraer la atención de las personas, puesto que existen variables que también hay que considerar, como necesidades psicológicas, de las cuales tal vez la más importante sea la moda. De cualquier modo, hay que diseñar pensando en ofrecer a los usuarios lo más adecuado para satisfacer sus necesidades físicas, psicológicas, culturales y ambientales.

RECOMENDACIONES ERGONÓMICAS

Presentamos aquí algunas recomendaciones de carácter general que complementan las que hemos expuesto para cada órgano sensorial.

Para las aplicaciones dentro del diseño industrial tienen importancia todos los órganos sensoriales, ya que cada uno de ellos se relaciona directamente con la mayoría de los objetos de uso.

Para el diseño gráfico son relevantes el sistema visual y el exteroceptivo, este último sobre todo para el manejo gráfico de elementos de comunicación para invidentes.

En el diseño textil tienen aplicación directa los fenómenos propios de los sistemas visual, somestésico y del olfato.

Dependiendo del terreno de que se trate, debe hacerse énfasis en la fisiología y los fenómenos de percepción del órgano sensorial correspondiente.

6. Factor sociocultural

GENERALIDADES

Todos los miembros de la especie humana somos únicos y diferentes. La individualidad está regida primordialmente por características anatómicas, antropométricas y psicológicas únicas que juntas imprimen un sello propio y definido a cada persona. De igual manera tenemos semejanzas que hacen que nos identifiquemos como grupo, pues no somos seres aislados ni independientes: tenemos que vivir en comunidad o en grupo, es decir en sociedad.

Otra semejanza es que invariablemente todos los seres humanos, sin importar la latitud en que nos encontremos, tenemos necesidades que debemos satisfacer. Algunas son orgánicas o básicas, como alimentación, vivienda, protección, higiene, descanso, recreo, etcétera. Otras, las secundarias, surgen inmediatamente después de haber satisfecho las primeras y son mucho más complejas.

Al tiempo que somos seres individuales y tenemos necesidades e intereses particulares, también somos seres sociales con necesidades e intereses de grupo que dan origen a la sociedad. De ahí que el factor sociocultural estudie las características culturales y el comportamiento de los diversos grupos sociales. Pero para poder entender mejor lo anterior vamos a ubicar la posición del factor sociocultural dentro de un panorama más general de modo esquemático.

a/ Todo ser humano forma parte de un grupo social ubicado en un medio ambiente definido y con una cultura propia.

b/ Cada persona posee un conjunto de órganos sensoriales que le permiten sentir lo que pasa a su alrededor; es decir, siente todos los estímulos que emite el entorno, y lo refleja en sus necesidades, carencias y manifestaciones materiales y espirituales.

c/ Gracias al "filtro cultural" cada quien percibe estos estímulos de diferente manera: el estímulo es interpretado y racionalizado por cada quien de acuerdo con lo estipulado por las influencias ambientales y culturales de su pueblo. Esto último hace que a pesar de las diferencias individuales existan también características grupales.

d/ Después de haber percibido el estímulo emitimos una respuesta, que también varía de un pueblo a otro.

e/ En esta respuesta se definen las diversas maneras de satisfacer las necesidades del grupo o del individuo. Elegimos el objeto que más se adecuó a nuestras necesidades, lo usamos de una forma determinada y así vamos modificando nuestro entorno y creándonos nuevas necesidades.

f/ El factor sociocultural funciona como filtro, ya que los fenómenos que lo sustentan se convierten con el paso del tiempo en tradición o convencionalismo social.

Para la ergonomía es fundamental conocer el factor sociocultural, ya que es definitivo como modelador de personalidades y comportamientos de nuestro grupo de usuarios.

CULTURA Y SOCIEDAD

Todos los grupos sociales se ubican en puntos geográficos definidos y concretos que les imprimen características particulares que se manifiestan en la forma de satisfacer sus necesidades. Todos sentimos hambre, calor, frío, cansancio, pero ¿cómo satisfacemos esas necesidades básicas y cotidianas?: utilizando un objeto, el objeto "adecuado". Pero, a pesar de tener la misma necesidad, ¿la satisfacemos todos del mismo modo?, ¿utilizamos el mismo objeto?, ¿usamos los objetos de la misma manera? Por supuesto que no. Por eso es importante estudiar el entorno cultural en que diseñamos estos satisfactores.

Malinovski define la cultura como "el conjunto integral constituido por los utensilios y bienes de los consumidores, por el cuerpo de normas que rigen los diversos grupos sociales, por las ideas y artesanías, creencias y costumbres", y agrega que "estamos en presencia de un vasto aparato, en parte material, en parte humano y en parte espi-

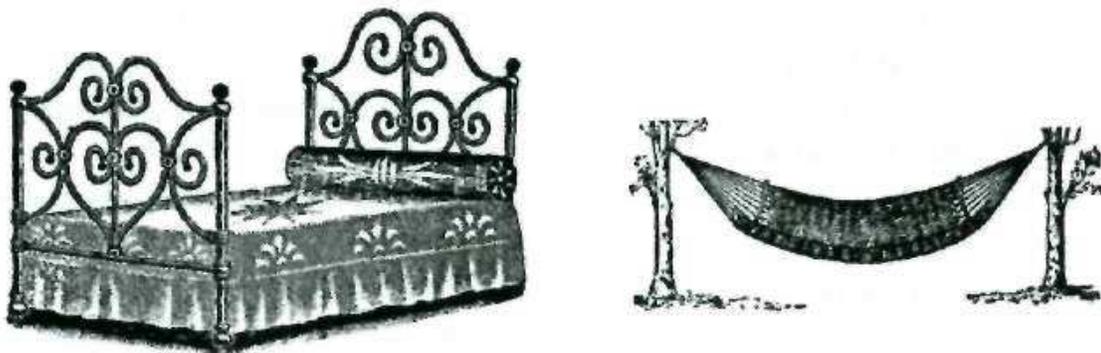


figura 36. Una misma necesidad puede ser resuelta de diversas maneras por culturas diferentes.

ritual con el que el hombre es capaz de superar los concretos, específicos problemas que lo enfrentan" (Malinovski, s.f.:49). Retomando esto dividimos la cultura en sus diversas manifestaciones.

Parte material

En la parte material ubicamos todos los elementos que permiten la realización de bienes materiales, así como de los objetos de uso producidos para la satisfacción de necesidades y que conforman nuestro entorno. En este rubro se encuentran las manifestaciones arquitectónicas, artísticas, tecnológicas, industriales, artesanales, científicas, estéticas, etcétera.

Parte humana

La parte humana está formada por el hombre en sí, que es el principal motor creador de la parte material y posee características y valores espirituales que en conjunto le ayudan a forjar y definir los valores sociales y culturales de su grupo.

Parte espiritual

En esta última parte encontramos todos los fenómenos intangibles y subjetivos de los pueblos, como religión, creencias, idioma, tradiciones, moral, ideología, costumbres, educación, historia, etcétera, que dan base y sustento a los grupos sociales.

RELACIONES CULTURALES

La parte material, humana y espiritual actúan de manera integrada, y a su vez se ven afectadas por los factores ambientales propios de la región en que se localiza cada grupo, que determinan en parte las características de cada grupo. E. T. Hall menciona en su obra *La dimensión oculta* que los esquimales aivilik "tienen por lo menos doce términos para denominar los distintos vientos" (Hall, 1972:100), y lo mismo pasa con otros fenómenos naturales, como los colores. De esta manera no sólo se construye la lengua de los pueblos, sino que los factores ambientales también afectan y definen la percepción, el manejo de los sentidos, las emociones y las acciones o el comportamiento de los hombres dentro de su vida cotidiana pública y privada.

Así, el hombre establece tres tipos de relaciones: hombre-hombre, hombre-naturaleza y hombre-objeto.

Relación hombre-hombre

La relación hombre-hombre comprende las relaciones humanas, sociales y de comunicación que ocurren por la integración que se establece entre las personas de un grupo social. Son como células que al unirse forman órganos con intereses y funciones específicas. Cada persona es el centro de su propio mundo, pero al igual que las células se encuentra envuelta por varias capas o esferas denominadas espacio informal o personal; éstas, a su vez, están definidas por las distancias físicas e invisibles que mantienen las personas entre sí con base en el tipo de relación que sostengan. E. T. Hall lo ha dividido en cuatro distancias o espacios concéntricos con medidas físicas reales, tomando siempre como centro a una persona. Estas distancias varían de acuerdo con la cultura, los factores ambientales de la región y por la psicología particular de cada individuo, y forman parte importante del protocolo social.

Las distancias tienen una fase cercana y una lejana, establecidas por las influencias anteriores, por lo que se consideran espacios móviles:

- Distancia íntima. Existe contacto o relación física directa entre las personas y un trato muy familiar.
- Distancia personal. Es en la que se establecen los tratos personales y amistosos.
- Distancia social. Es la indicada para asuntos sociales y de trabajo.
- Distancia pública. Es la que mantenemos en espacios públicos con personas con las que no tenemos relación ni comunicación.

Este espacio informal o personal es el espacio subjetivo e invisible que todas las personas precisamos para marcar nuestra territorialidad, catalogada como una necesidad psicológica además de física; de ahí que como diseñadores sea nuestra responsabilidad conocerlas y respetarlas, especialmente al diseñar mobiliario, sistemas de transporte, ambientes y espacios públicos o cualquier lugar donde se reúnan personas sin distinciones ni racismos.

Desde luego todas las partes y distancias anteriormente descritas han venido funcionando y evolucionando gracias a que el hombre busca naturalmente la forma de organizarse para trabajar de manera coordinada y conjunta. Actualmente las sociedades modernas se encuentran claramente divididas en clases sociales y definidas en organizaciones e instituciones que facilitan la vida grupal y en donde los espacios infor-

CUADRO 9. Acción recíproca de los receptores distantes e inmediatos en la percepción proxémica

Metros	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	9
Clasificación informal de la distancia	Intima cerca	Intima no cerca	Personal cerca	Personal no cerca	Social y consultiva cerca	Social y consultiva no cerca	Social y consultiva no cerca	Social y consultiva no cerca	Pública Aquí empieza el reconocimiento de distancia			
Gestesia	<p>Cabeza, pelvis muslos y tronco pueden ponerse en contacto o los miembros pueden tocarse accidentalmente. Las manos pueden alcanzar y tocar fácilmente cualquier parte del tronco.</p> <p>Las manos pueden llegar a las extremidades y agarrarlas fácilmente, pero no tanto como <i>supra</i>.</p> <p>Sentado se pueden alcanzar y tocar el otro lado del tronco. No tan cerca como para que se produzca contacto accidental.</p> <p>Una persona tiene espacio para mover los codos.</p> <p>Dos personas apenas tienen espacio para mover los codos. Una puede alcanzar y agarrar una extremidad.</p> <p>Queda ya fuera de la distancia de contacto.</p> <p>Fuera de la distancia de interferencia.</p> <p>Estirándose uno apenas alcanza a tocar al otro.</p> <p>dos personas cuyas cabezas están a 2-4-2.7 m una de otra pueden pasarse un objeto estirándose ambas.</p>											
Receptores Térmicos	<p>Conducción (contacto)</p> <p>Radiación</p> <p>Normalmente fuera de conciencia</p> <p>El calor y la humedad animales se disipan (Thoreau)</p> <p>Actitud cultural</p>											
Olfación	<p>Pelo y piel lavados</p> <p>Loción de afeitado y perfume</p> <p>Olores sexuales</p> <p>Aliento</p> <p>Olores del cuerpo</p> <p>Olores de los pies</p> <p>Bien</p> <p>Bien</p> <p>Tabú</p> <p>variable</p> <p>Tabú</p> <p>Antiséptico, bien. Otro, tabú.</p> <p>Tabú</p> <p>Tabú</p>											

males se perciben claramente. Estos órganos sociales también son los que establecen las normas, leyes y reglamentos que con el paso del tiempo se transforman en convencionalismos. Algunos son la religión y las creencias, los códigos de moral y ética, las leyes gubernamentales y sociales, las tradiciones, costumbres, el idioma y los modismos.

Los diseñadores no podemos modificarlos ni alterarlos sustancialmente, pero sí conocerlos, respetarlos y usarlos para que nuestros diseños tengan una aceptación favorable en un grupo social. Por ejemplo, todas las religiones poseen signos, símbolos y objetos sagrados que no debemos usar para otros fines, pues atentariamos contra ellos. Otro caso es respetar y seguir dando el mismo uso y significado a toda la señalización vial, que está aceptada mundialmente, pues de lo contrario corremos el riesgo de crear el caos.

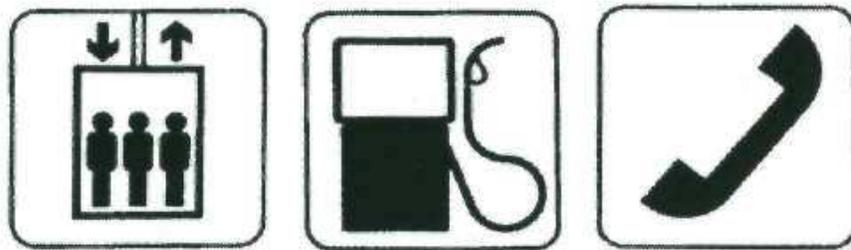


figura 37. *Para que la comunicación humana tenga lugar son necesarias ciertas convenciones determinadas por la cultura; algunos tipos de señalización son un ejemplo.*

Otro convencionalismo social es la educación, considerada derecho humano de la población mundial. A los diseñadores nos interesa particularmente el grado escolar y educativo de nuestro grupo de usuarios. Por lo menos debemos saber si pueden leer y escribir o si son analfabetas; si tenemos que diseñar objetos que tengan instructivos podemos elegir el tipo de lenguaje, que puede ser escrito, gráfico o por señales visuales o auditivas para lograr una buena relación ergonómica.

Dentro de esta relación hombre-hombre se hace presente el trabajo, entendido como una actividad productiva que permite que la sociedad posea bases económicas que alienten el desarrollo integral de todas las demás manifestaciones. También facilita la creación de organizaciones e instituciones que generan orden social.

Dentro del ámbito productivo existe la ergonomía industrial, que ocupa un lugar importante en la relación con otras áreas; los problemas que se gestan en ese espacio estudian desde una óptica multidisciplinaria.

Relación hombre-naturaleza

La que se establece entre el hombre y la naturaleza es una relación ecológica que surge al tener contacto con la flora y la fauna. La relación establecida por el hombre con la naturaleza se puede manejar en diferentes niveles, dependiendo de la cantidad y calidad. Los extremos se manifiestan en la división regional en zonas urbanas y rurales; en las primeras el contacto con los elementos naturales es mínimo, mientras que en las segundas la vida de las personas gira primordialmente en torno a la naturaleza, donde las actividades básicas son la agricultura, la ganadería y la pesca.

Los elementos estimulantes que existen en las zonas urbanas y rurales son completamente diferentes; por eso la personalidad y comportamiento de los habitantes de ambas regiones llegan a ser antagónicas, cosa que hay que tener en mente, pues los objetos y la manera de usarlos difiere aunque sirvan para satisfacer la misma necesidad. Por ejemplo, los utensilios de cocina de muchas regiones rurales siguen siendo de barro y madera, mientras que en la ciudad predominan los utensilios metálicos y de plástico.

Relación hombre-objeto

La relación hombre-objeto es la relación ergonómica que se establece durante la realización de cualquier actividad. Es sumamente compleja y de gran importancia para la cultura de los pueblos, ya que una de sus partes constitutivas es la "cultura material" (Acha, 1988:26), formada por todos los objetos que nos rodean, así como por los procesos y materiales que permiten su realización. Actualmente los diseñadores industriales, en nuestro papel de creadores de objetos de uso, somos una de las profesiones responsables del desarrollo de la cultura moderna, y esto implica una gran responsabilidad.

Por otro lado el objetivo de nuestra profesión no es diseñar para una sola persona (aunque hay excepciones, como objetos a la medida), sino para un grupo de consumidores y usuarios con características y necesidades de grupo además de individuales. Por lo tanto este factor no es estático y su evolución depende del ritmo con que se satisfagan y generen nuevas necesidades, que permiten llegar a nuevos niveles culturales conforme se solucionan: "Cada cultura alcanza su plenitud y autosuficiencia por el hecho de satisfacer el conjunto de necesidades básicas, instrumentales e integrativas" (Malinowski, s.f.:54).

Para la satisfacción de esas necesidades los pueblos recurren al uso de objetos de índole muy diversa, entre los que podemos distinguir cuatro categorías que Bernd I.óbach enumera en el siguiente orden en su libro *Diseño industrial* (I.óbach, 1981:29-32): objetos naturales: objetos que comportan una modificación de la naturaleza, objetos artísticos y objetos de uso, los cuales se dividen en artesanales e industriales.

Todos ellos pueden ser usados por una sola persona, como las prendas de vestir y los artículos personales; por grupos definidos cuya actividad los obligue a usar objetos particulares como equipos de seguridad, deportivos, etcétera; por usuarios indefinidos, como la banca de un parque, la butaca de un cine o un teléfono público, o por usuarios ocasionales, en el caso de objetos que realmente no están en contacto continuo con el usuario como los componentes internos de una máquina o una jaula para aves.

A su vez los objetos tienen funciones definidas que Lóbach describe como práctica, simbólica y estética. Estas funciones son valores que casi siempre se presentan de manera individual o como binomio y brindan al objeto su principal característica o concepto de diseño; son

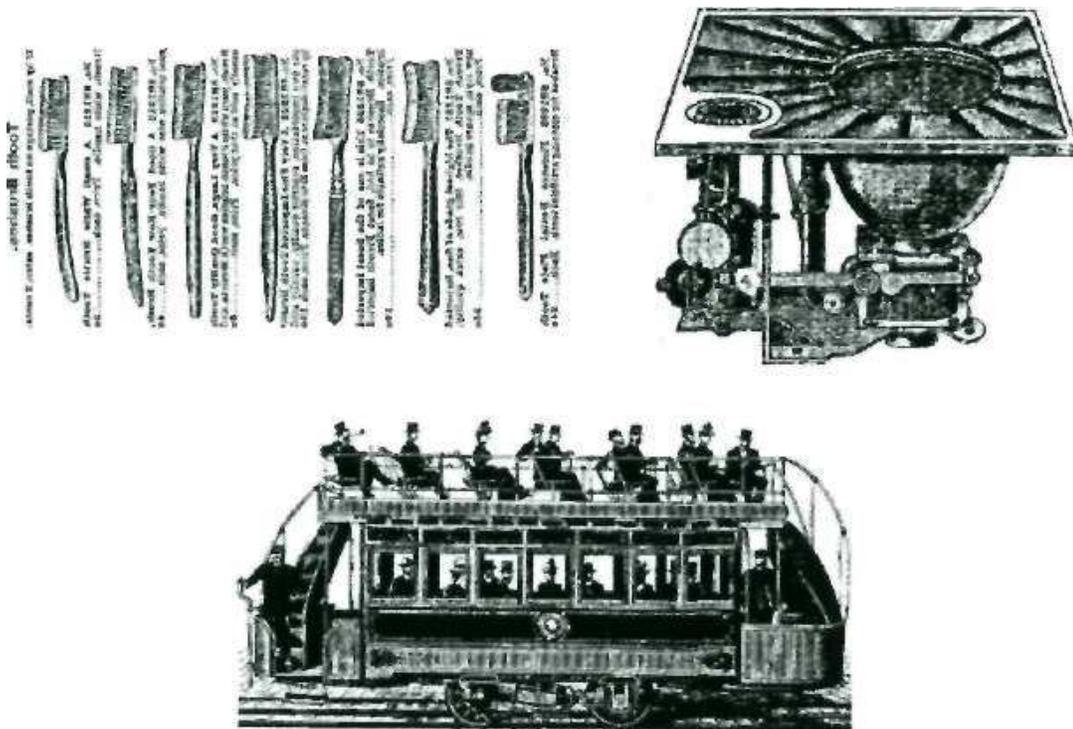


figura 38. *Los usuarios establecen diferentes formas de relación con los objetos. El cepillo de dientes es un ejemplo de objeto de uso privado; el excusado es de uso grupal y el tranvía un objeto de uso público.*

el factor determinante para que las personas de uno o de otro grupo los compren y utilicen.

Lo anterior se basa en el hecho de que toda sociedad se divide en clases o estratos socioeconómicos, compuestos por clase social alta, media y baja, cada una con sus respectivas subdivisiones. A pesar de que las personas que se congregan en ellas tienen las mismas necesidades y características grupales como zona habitacional, preparación escolar, ingresos económicos, comportamiento, lenguaje, consumo de objetos similares, profesión y gustos, casi siempre eligen los objetos más por su valor estético y simbólico que por su valor práctico, y esto satisface sus necesidades socioculturales. Así, vemos que las funciones estéticas y simbólicas tienen prioridad sobre las de tipo práctico. Esto nos hace reflexionar sobre la importancia que representan para el grupo social las características estilísticas de los objetos. No es nada raro que existan grupos sociales con un estilo formal definido, con una tendencia hacia lo posmoderno, lo neoclásico, lo artesanal o lo *kitsch*. Los objetos también se clasifican a partir de las funciones antes mencionadas como objetos satisfactores de necesidades básicas, objetos estéticos producto de la moda y objetos simbólicos o de estatus que brindan prestigio a quien los posee.

Los objetos de estatus son auténticos cuando son típicos del estrato social en que se ubican y al que representan. Sin embargo, esta definición ha tenido algunas modificaciones, y por regla general se trata como objeto de estatus únicamente a los objetos que representan la exclusividad de la clase alta. Esto se debe a que personas de otros niveles



figura 39. *Ciertos objetos están fuertemente orientados hacia los dictados de la moda.*

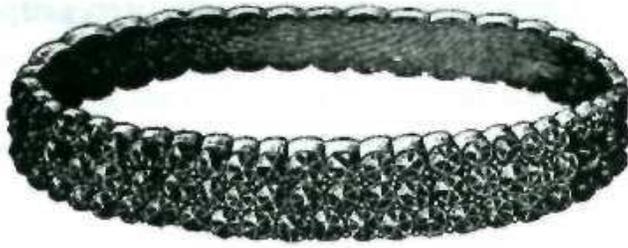


figura 40. *Las joyas son algunos de los objetos que más claramente demuestran estatus.*

socioeconómicos tienden a usar imitaciones de objetos de estatus con ciertas modificaciones estéticas que constituyen estilos definidos.

Este punto es de suma importancia para nosotros debido a que todo objeto que diseñemos debe identificarse con el tipo y los hábitos de vida de los usuarios, y debe corresponder a las necesidades de ese estrato sociocultural mostrando. Somos creadores de objetos pero también de símbolos, y éstos son los que satisfacen las necesidades psicológicas y socioculturales de los usuarios y hacen que los diseños tengan aceptación.

7- Factores ambientales

GENERALIDADES

Los factores ambientales resultan fundamentales para la ergonomía, porque los seres humanos habitamos, coexistimos y realizamos todas nuestras actividades en espacios definidos, y en el mejor de los casos éstos deben ser diseñados ex profeso para la función requerida. Todo espacio está conformado por un número de factores y variables que pueden perjudicar la realización de la tarea, la salud del usuario o las características del objeto si no se consideran dentro del análisis ergonómico de cualquier proyecto de diseño industrial. Y para esto, como diseñadores y ergónomos, debemos recurrir a varias ciencias para ampliar nuestras propuestas y soluciones.

DISCIPLINAS AUXILIARES

Ecología

La palabra ecología se deriva etimológicamente de las palabras griegas *oikos*, casa o lugar para vivir, y *logos*, estudio. Fue definida en 1869 por Ernst H. Haeckel como "el estudio de las relaciones de un organismo con su ambiente inorgánico u orgánico, en particular el estudio de las relaciones de tipo positivo o 'amistoso' y de tipo negativo (enemigos) con las plantas y animales con los que convive" (Margalef, 1980:1).

Al hablar de ecología nos referimos a la relación hombre-medio-ambiente natural (naturaleza), pero la vida moderna nos obliga a considerarla en la relación hombre-medio ambiente artificial, porque las condiciones cualitativas de nuestro entorno artificial o microambiente son inseparables de las condiciones del macroambiente natural. Por ejemplo, la calidad del aire de una casa está definida por la calidad atmosférica natural. Y por otro lado, todas las emanaciones contaminantes producidas por cualquier actividad humana dentro de un pequeño entorno artificial se evaporan e integran a la masa gaseosa exterior.

Por esto, no podemos seguir viendo el medio ambiente únicamente como bandera ecologista o como parte de un bombardeo publicitario, sino como una realidad en la que como diseñadores industria-

les y ergónomos podemos hacer bastante para evitar su inminente destrucción y promover su desarrollo.

De las varias especialidades de la ecología, la que nos interesa particularmente es la ecología humana, que estudia "las relaciones del hombre con su ambiente, tanto físico como social" (Clarke, T980: 17). Su principal hipótesis de trabajo "radica en su concepción de la adaptación del hombre al habitat como proceso de desarrollo de la comunidad" (Theodorson, 1974:254). Esta "adaptación del hombre al habitat" es complementaria a la ergonomía, puesto que esta última tiene como objetivo buscar la adaptación del habitat al hombre. Cuando el hombre trata de adaptarse a las condiciones ambientales de manera instintiva aparece la relación estudiada por la ecología humana, pero cuando reconoce sus características y necesidades, opta por mejorar las condiciones naturales o iniciales del entorno y proyecta y forja un habitat óptimo para su vida y desarrollo, aparece la relación ergonómica. Después el hombre se adapta a ese medio "más ergonómico", y como ninguno es estático reinicia el proceso de modificación. De ahí que la ecología humana y la ergonomía sean complementarias y recíprocamente generadoras.

Psicología ambiental

Dentro de la psicología existe una área denominada psicología del medio ambiente o psicología ambiental, que se puede definir como "La disciplina que se ocupa de las relaciones entre el comportamiento humano y el medio físico del hombre" (Heimstra, 1979:3). Este medio físico o ambiente se estudia "como variable independiente y como variable dependiente" (Jiménez, 1986:25). Como variable independiente analiza cuatro tipos de ambientes: natural, construido, social y conductual.

Como variable dependiente se estudian los efectos de la conducta humana sobre el ambiente, por eso la psicología ambiental es una importante herramienta para la ergonomía y principalmente para el factor psicológico, para el que la conducta humana es fundamental.

Higiene industrial

La aiha (American Industrial Higienist Association) la define como la ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de los factores ambientales o tensiones emanados o provocados por el

lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear malestares significativos entre los trabajadores o los ciudadanos de la comunidad" (Arias, 1995). La higiene industrial tiene su principal aplicación en el terreno productivo, donde se relaciona con la salud en el trabajo, con la seguridad industrial y con la ergonomía industrial.

Los factores ambientales o tensiones de los que habla la definición anterior se clasifican en:

- Factores físicos. Ruido, vibración, iluminación, radiaciones no ionizantes, radiaciones ionizantes, humedad, ventilación, temperatura y presión.

- Factores químicos. Humo, fumo, polvo, neblina, rocío, vapor y gas.

- Factores biológicos. Virus, bacterias y hongos.

Desde luego, en este ámbito laboral existen otros elementos de tensión que, por su naturaleza, son estudiados por otras disciplinas, como la seguridad industrial, la psicología industrial, la ergonomía industrial y la medicina del trabajo. Para facilitar y sistematizar el trabajo de los higienistas industriales (y de los responsables de la seguridad), la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (stps) creó el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo, del cual se derivaban 122 normas oficiales mexicanas (nom) que, tras la última reforma, se redujeron a 50 (44 definitivas y 6 en proyecto) que se refieren de manera individual a cada uno de estos factores y que aquí mencionaremos en los casos particulares.

Entre las modificaciones que se hicieron en 1997 a este reglamento se incluyó la ergonomía como componente fundamental de las actividades laborales. El capítulo décimo, artículo 102, dice: "La Secretaría promoverá que en las instalaciones, maquinaria, equipo o herramienta del centro de trabajo, el patrón tome en cuenta los aspectos ergonómicos, a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo."

Sin embargo, aún no se generan las normas correspondiente a este artículo, por lo que hasta el momento la intervención de la Secretaría del Trabajo en las empresas tiene el carácter de sugerencia y no de obligación.

Tanto en la práctica profesional como en la teoría la higiene industrial y la ergonomía industrial son disciplinas que colaboran estrechamente en el campo de la salud ocupacional o salud en el trabajo. Cuando la ergonomía hace un estudio de puestos de trabajo no necesariamente analiza los factores ambientales que ejercen influencia sobre él, pero si es necesario el ergónomo tiene la responsabilidad

de hacer observaciones, y pide la colaboración de la higiene industrial para el reconocimiento, evaluación y control de los factores ambientales. Esta distinción ocurre porque en el terreno laboral al ergónomo le corresponde exclusivamente el análisis de las cualidades y características del aparato locomotor generadas por movimientos, posturas, esfuerzos y manejo de cargas de las personas que ocupan el puesto de trabajo. Existe un claro planteamiento jerárquico y reduccionista que debe empezar a cambiar para que ergónomos e higienistas aprendan a trabajar en conjunto para un fin común: el bienestar de los trabajadores y la productividad.

Con respecto a la aplicación de los métodos y sistemas de la higiene industrial, sugerimos a arquitectos y diseñadores dedicados a la museografía o el diseño de exposiciones que revisen y consideren las recomendaciones que se hacen sobre los diversos factores ambientales en las distintas normas oficiales mexicanas. Al final del libro, en el apartado "Páginas de internet", sugerimos una donde puede conseguirse esta información.

MEDIO AMBIENTE

Podemos explicar el término medio ambiente desde varias perspectivas; sin embargo, la definición que hace referencia directa al hombre dice que "el medio ambiente o entorno son nombres que designan el espacio que nos rodea, en el que nos encontramos inmersos, del cual tenemos la percepción por medio de nuestros sentidos, principalmente la vista, el oído, el tacto" (Yáñez, 1983:22). El medio ambiente es nuestro habitat, el lugar en que vivimos y nos movemos. El hombre puede sobrevivir y habitar casi en cualquier parte del planeta, porque posee un organismo bastante adaptable desde el punto de vista psicofisiológico. Además tiene una característica que lo hace único en el reino animal: su capacidad de construir, adaptar y reformar ambientes para hacerlos más adecuados para vivir y realizar todas las actividades pertinentes a su existencia. El medio ambiente se divide en dos grandes áreas: medio ambiente natural y medio ambiente artificial.

Medio ambiente natural

El medio ambiente natural es un ecosistema formado por una parte "no viviente (el medio físico) y una viviente (la comunidad biológica)"

(Pringle, 1971:18) que no ha sido modificado por el hombre y permanece en un estado completamente natural. Pero parece que en la actualidad es casi imposible decir que en nuestro planeta aún quedan lugares con esas características, porque cuando un paisaje o terreno es atravesado por una carretera, por el tendido de vías o cableados eléctricos, hablamos de modificaciones que poco a poco harán que ese medio natural se transforme en un entorno artificial.

Medio ambiente artificial

El medio ambiente artificial, construido o modificado es todo aquel espacio que dejó de ser natural para convertirse en un espacio materialmente diseñado y construido por el hombre en sus esfuerzos por crear un entorno más apto para vivir. Todos los seres humanos vivimos en medios artificiales o espacios construidos porque es casi imposible que alguien viva en condiciones completamente naturales.

Desde la antigüedad el hombre se ha dado a la tarea de modificar su entorno, actividad que sigue haciendo, ya no de manera empírica sino a través del diseño, que "es una parte del proceso de creación de formas que satisfacen necesidades planteadas por el hombre" (Yáñez, 1983:90). Este diseño, que se manifiesta como modificador del entorno, puede dividirse en cinco áreas con campos de estudio diferentes pero con el mismo objetivo: el bienestar de la humanidad.

a) Arquitectura. Diseño y construcción de espacios habitables.

b) Urbanismo. Planificación y ordenamiento de los espacios arquitectónicos formando espacios urbanos y rurales.

c) Diseño industrial. Creación de objetos de uso que satisfacen las necesidades de los habitantes de los espacios construidos.

d) Diseño gráfico. Creación de elementos bidimensionales que favorecen la comunicación entre los seres humanos.

e) Ingeniería. Aunque no se considera una rama del diseño, sabemos que en la práctica no es posible el trabajo de los diseñadores y arquitectos de manera efectiva sin la colaboración de especialistas en cualquier área de la ingeniería. Son ellos los encargados de las partes estructurales, matemáticas, mecánicas y técnicas que hacen que los objetos y espacios creados por los otros profesionistas funcionen con éxito y sin riesgo para el usuario.

El hecho de que los campos de estas disciplinas estén perfectamente delimitados no implica que deban funcionar de modo independiente; por el contrario, si las cinco áreas son conformadoras del medio

ambiente deberían hacerlo de manera conjunta. Estas áreas y otras forjan con el tiempo la cultura material de los pueblos.

Recapitulando, el medio ambiente natural del ser humano es catalogado comúnmente como medio ambiente artificial o construido. Todo objeto de diseño industrial se ubicará en espacios arquitectónicos, tanto interiores como exteriores, por ejemplo mobiliario, enseres domésticos, equipos médicos. Sin embargo, también se encuentran en espacios naturales, como sucede con la maquinaria agrícola, los accesorios deportivos, los equipos espaciales y de navegación, los sistemas de transporte y otros, donde los medios contenedores y envolventes no pueden ser modificados por la acción humana: el suelo, la atmósfera y la hidrosfera. Otra característica importante es la presencia continua de los fenómenos climatológicos en cualquier tipo de ambiente (natural o artificial).

FACTORES CLIMATOLÓGICOS NATURALES

El clima en general se compone de varios fenómenos que de acuerdo con su origen se dividen en: "meteorológicos (que deben su existencia a la atmósfera misma); cósmicos (debidos a acciones exteriores a la tierra, particularmente solares); telúricos (radiación terrestre, emanación radiactiva, estructura geológica)" (Duhot, 1949:6). Estos elementos son, entre otros, la composición química de la atmósfera; la electricidad, ionización y radiactividad atmosférica; las radiaciones solares y la temperatura; las precipitaciones y la humedad; los vientos y la presión atmosférica. Cada uno de estos elementos se ve afectado por la contaminación, que produce alteraciones antes inimaginables.

FACTORES CLIMATOLÓGICOS ARTIFICIALES

Entre los factores ambientales artificiales se encuentran algunos que tienen relación directa con los factores climatológicos naturales, como temperatura, humedad, ventilación, iluminación y color. A la par existen otros de igual importancia, pero cuyo origen es más de creación humana o artificial que natural, como el sonido y el ruido, la vibración y la contaminación.

A manera de síntesis hablaremos de la importancia de los factores ambientales naturales y artificiales.

El clima es una presencia constante y continua en cualquier medio ambiente. Como los fenómenos climatológicos no pueden ser contro-

lados por el hombre, los diseñadores debemos conocerlos bien porque tendrán una fuerte influencia en el espacio donde esté ubicado nuestro diseño, y pueden beneficiar o perjudicar el rendimiento psicológico y físico de los usuarios durante la realización de su tarea. Al conocer el clima podremos determinar si el entorno requerirá de un productor de climas artificiales; vale la pena destacar que desde el punto de vista er-gonómico es mejor no abusar de ellos y permitir que la relación usuario-objeto-entorno tenga lugar en las condiciones más naturales posibles, lo que permite aprovechar el fenómeno natural y ahorrar energía.

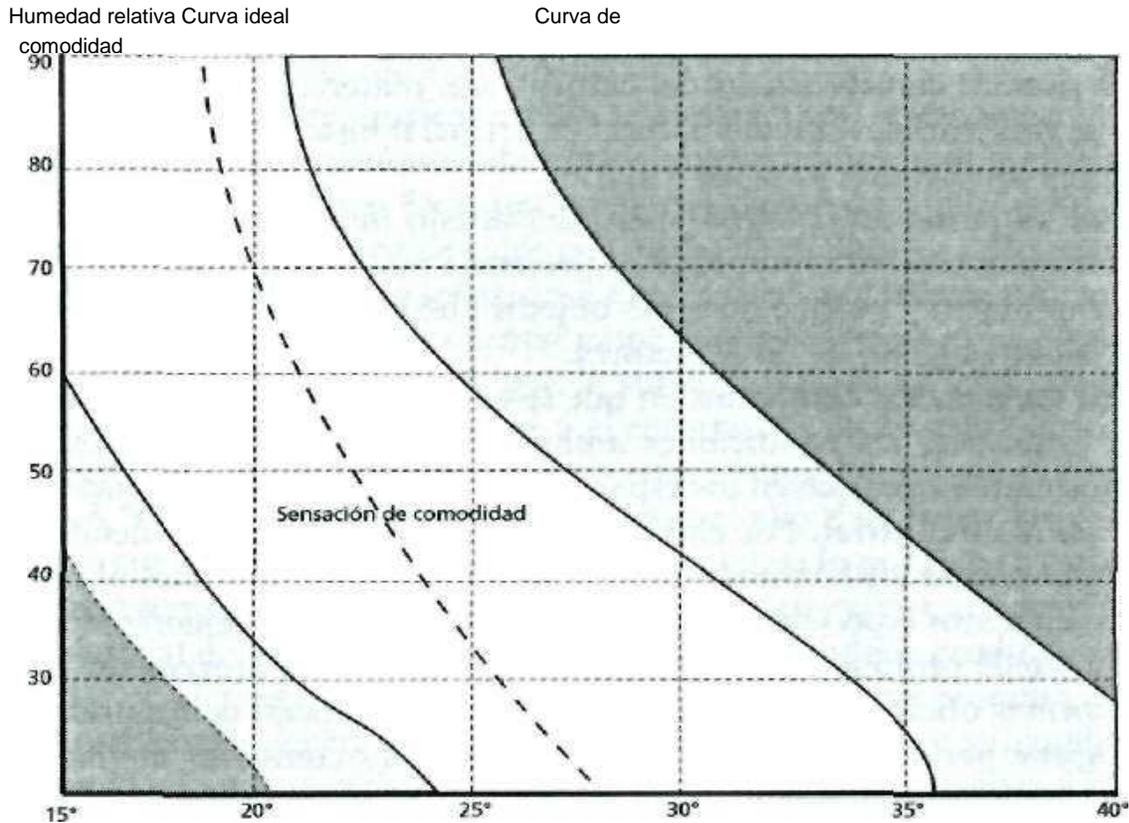


figura 41. *La temperatura y la humedad determinan una curva ideal de comodidad.*

Diversos factores ambientales pueden afectar positiva o negativamente la estructura, mecanismos, material o funcionamiento de los objetos de uso mismos; por ejemplo, los metales ferrosos tienen una vida muy corta en lugares donde hay alta humedad y salinidad; la madera requiere recubrimientos especiales para permanecer a la intemperie. También existe un elemento sociocultural en la forma en

que diversos pueblos sometidos a condiciones climáticas diferentes resuelven sus necesidades básicas.

Para la ergonomía industrial (dentro de la salud ocupacional) los factores ambientales son de vital importancia porque se manifiestan de manera continua, extremosa y combinada en el medio productivo. Por ejemplo, en una planta productiva donde se produce calor, la temperatura puede ser muy alta, y es muy posible que se presenten problemas de ventilación y/o de humedad, por lo que el ergónomo debe trabajar lado a lado con los higienistas.

Si hiciéramos un tratado de ergonomía para arquitectura, los factores ambientales adquirirían otras dimensiones, porque para esta profesión las características del entorno son materias primas con las que se transforma el medio natural en artificial buscando siempre las mejores condiciones para los usuarios.

Por su parte, en la ergonomía para diseño industrial los factores ambientales son básicos porque su presencia puede afectar la relación usuario-objeto y porque nuestros objetos pueden ser generadores potenciales de alguno de estos factores.

En los espacios cotidianos en que se encuentran los objetos de diseño industrial las condiciones ambientales son más manejables y menos extremosas que en los espacios industriales, donde se aplica la ergonomía industrial. Por ello sólo mencionaremos algunos detalles de cada uno de los factores ambientales; hay estudios extensos al respecto en textos especializados de ergonomía, higiene e ingeniería, donde se puede profundizar la información. Hablaremos brevemente de las normas oficiales mexicanas del Reglamento General de Seguridad e Higiene para dar una perspectiva que permita comparar la visión de los higienistas y la ergonomía clásica.

TEMPERATURA

Al hablar empleamos con bastante regularidad el término temperatura, pero definir este fenómeno físico no es tan sencillo; calor y temperatura no son lo mismo.

Temperatura

La temperatura es la medida de intensidad del calor que poseen los cuerpos, "es pues una condición que determina la transmisión del calor de un cuerpo a otro, del más caliente al más frío" (García, 1967:6);

de ahí que la temperatura sea el punto de comparación. Sus valores están referidos a una escala (Celsius, Fahrenheit o Kelvin).

Calor

El calor es una energía capaz de transformarse en trabajo o en otra energía. "El calor latente es la energía calorífica necesaria para producir cambios en el estado físico de una sustancia" (Porges y Porges, 1974:1V). La transmisión de calor se realiza tanto en el medio ambiente natural como en el artificial por medio de tres fenómenos físicos: la conducción, la convección y la radiación, tanto en el medio ambiente natural como en el artificial.

Los objetos que diseñemos nunca, o casi nunca, se encontrarán solos en el entorno; siempre habrá otros objetos compartiendo el mismo espacio y condiciones. En varias ocasiones alguno de estos objetos será productor o transmisor de calor por medio de cualquiera de los tres fenómenos físicos antes señalados. Por eso es conveniente tomar en cuenta la temperatura ambiental natural más la temperatura producida por dichos objetos para que la suma de ambas no perjudique al usuario o a los objetos mismos y el entorno. El ser humano posee un mecanismo que le permite ajustar la temperatura interior de su cuerpo a 36 °C aproximadamente durante todo el año y en todos los climas bajo condiciones más o menos normales, pero si lo ponemos a trabajar con inyectoras de plástico que producen calor en exceso, en una planta industrial donde hay otras máquinas y obreros también productores de calor, y además en verano, tendremos una temperatura bastante alta y el organismo deberá redoblar esfuerzos para mantener su equilibrio térmico, lo que se reflejará en agotamiento y fatiga inminentes. De ahí que una de las obligaciones que tenemos los diseñadores es tratar de mantener las condiciones ambientales de los espacios dentro de los rangos idóneos de comodidad y confort.

En el siguiente cuadro podemos ver los rangos de temperatura recomendados para los diferentes tipos de trabajo o actividad:

cuadro 10. Relación entre la temperatura ambiental y el trabajo físico

<i>Trabajo</i>	<i>Rango de temperatura (°C)</i>
Trabajo sedentario	17-20
Trabajo manual ligero	15-18
Trabajo físico fuerte	12-15

A continuación veremos la relación entre la temperatura y los efectos físicos que se presentan al estar expuestos a ella un tiempo considerable.

cuadro ii. *Relación entre temperatura ambiental y efectos físicos en las personas*

<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Efectos físicos</i>
10	Entumecimiento de extremidades
18	Confortable
M	Fatiga física
30	Fatiga mental
+50	Tolerable por periodos muy breves

Al igual que en el clima natural, en los espacios interiores y artificiales los elementos climatológicos como temperatura, presión, ventilación, etcétera, funcionan de manera conjunta, por lo que sería complicado mejorar la temperatura de un salón sin tomar en cuenta la ventilación o viceversa. Y lo más interesante es que la ventilación, la humedad y hasta la iluminación repercuten en la temperatura de modo que para poder definir la temperatura adecuada debemos considerar las necesidades propias de cada usuario, el número de personas que se localicen en el mismo lugar, las dimensiones del espacio y la actividad o actividades que se realicen en ese contexto.

Sistemas productores de climas artificiales

Cuando nuestro termómetro interior registra calor o frío excesivos es necesario modificar la temperatura hasta donde nos sentimos más cómodos. También es conveniente hacer esto cuando a causa de algún trabajo o situación especial se requiera en un espacio cerrado una temperatura diferente a la que priva en el exterior. Afortunadamente hoy en día existen sistemas productores de climas artificiales adecuados para cada necesidad. Para elegir el más conveniente es recomendable revisar la NOM-015-STPS-1994, relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.

Comercialmente están disponibles los siguientes sistemas productores de climas artificiales:

a) Calefacción. Tiene la finalidad de lograr un aumento en la temperatura del espacio liberando calor artificial.

b) Refrigeración. Cuando se tiene necesidad de reducir la tempe-

ratura en un espacio se usan sistemas de refrigeración, cuya finalidad es provocar el descenso artificial de la temperatura en un espacio interior.

c\ Aire acondicionado. Éste es el sistema productor de clima artificial más completo. Produce las dos variantes del clima: es calefactor y refrigerador. También puede purificar, ventilar y renovar el aire, así como controlar la humedad.

Aunque los tres son sistemas sencillos, como diseñadores y como usuarios debemos considerar algunos puntos fundamentales para el diseño, elección, instalación y mantenimiento del equipo.

La temperatura ambiente dentro del espacio (valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura de las paredes), debe ser uniforme en sentido vertical y horizontal y estar entre los 20 y los 23 °C para mantener un equilibrio entre el calor que produce el metabolismo humano y el que produce el ambiente.

Los equipos deben tener un regulador que permita variar la temperatura en función de las necesidades del usuario.

El equipo debe ser fácil de mantener y limpiar, y no debe contaminar el espacio. Debe ser barato de instalar, alimentar y mantener.

Al modificar la temperatura de un espacio hay que cuidar el nivel de humedad relativa del ambiente. Los equipos no deben producir ruido que interfiera con la comodidad del usuario.

HUMEDAD

La humedad es la presencia de vapor de agua en el aire. Se puede medir de dos formas, como humedad absoluta y como humedad relativa. La humedad absoluta es "igual a la masa de vapor de agua que encierra la unidad de volumen de aire" (Duhot, 1949:26). La humedad relativa "es la humedad expresada en términos de porcentaje, con respecto a la máxima cantidad que el aire puede contener, a una temperatura dada. Por ejemplo, si una muestra de aire dada pudiera contener 10 gramos de vapor de agua a una temperatura específica, pero en el momento en que la analizamos contiene solamente 5 gramos, entonces su humedad relativa es de 5/10 o de 50 por ciento" (Campos, 1992).

La temperatura tiene relación directa con la humedad relativa: a medida que se incrementa la temperatura del aire, aumenta también su poder de contención de vapor; a medida que se enfría, el vapor de agua disminuirá. La humedad relativa nos proporciona el grado de

saturación: cuando la humedad relativa está al 100 por ciento se habla de saturación; cuando el porcentaje es menor a ese porcentaje no hay saturación.

La humedad en el ambiente es necesaria para el buen funcionamiento del organismo. Cuando la humedad es excesiva el organismo responde con la transpiración para liberar calor y al mismo tiempo refrescar la piel. Cuando la humedad es baja el organismo manifiesta sequedad en la piel y vías respiratorias. Ambos casos son indeseables porque se contraponen a la comodidad, sobre todo al realizar trabajos físicos pesados. Los niveles recomendados de humedad en la atmósfera son de 70 a 80 por ciento en invierno y de 30 a 70 por ciento en verano.

VENTILACIÓN

Generalidades

La importancia de la atmósfera radica en que los elementos químicos que la componen son indispensables para la vida. El oxígeno es vital, y mezclado con otros elementos en proporciones adecuadas forma la composición química natural del aire, pero esta composición tiende a descomponerse y desequilibrarse de manera rápida y violenta, principalmente en lugares cerrados. En el cuadro 11 vemos la diferencia entre el porcentaje de los principales componentes del aire puro y el aire expulsado por los pulmones:

cuadro 12. *Diferencias químicas entre el aire puro y el aire contaminado*

<i>Componentes del aire</i>	<i>Aire puro</i>	<i>Aire contaminado</i>
Oxígeno	20.99%	16.50%
Anhídrido carbónico	0.04%	4.00%

El anhídrido carbónico aumenta 100 veces con la respiración. Algunas teorías científicas dicen que un ser humano puede tolerar sólo del 0.14 al 1 por ciento, e incluso el 5 por ciento por periodos muy cortos. Lo grave es que el anhídrido carbónico se va acumulando en el ambiente, alcanzando porcentajes irrespirables y peligrosos cuando la renovación del aire es inadecuada e insuficiente. Además de la respiración humana prevalecen otros contaminantes ambientales, como humo, gases y vapores producidos por alimentos, productos químicos, maquinaria, vehículos, cigarrillos y otras combustiones.

En un espacio no sólo hay estos elementos contaminantes, sino también otros que producen calor o frío durante su funcionamiento, como el hombre mismo, aparatos de línea blanca, máquinas, electrónicos, sistemas de iluminación, etcétera, que alteran de manera notable la temperatura ambiental y se pueden regular por medio de los sistemas de ventilación.

Sistemas de ventilación

La ventilación es uno de los sistemas climatizadores más comunes. Su función es proveer de aire fresco a los espacios cerrados, produciendo un movimiento que lo renueva. Esta renovación implica la entrada del aire puro que expulsa el aire viciado por diferencias de temperatura, así que la ventilación también altera la temperatura del espacio. Desde luego, la modificación de la temperatura por medio de la ventilación es un método rudimentario en comparación con los sistemas de climatización artificial vistos anteriormente, pues la temperatura, que está en relación directa con el clima natural exterior, no se puede regular. Se dispone de tres sistemas de ventilación:

a) Ventilación espontánea. Es un sistema bastante irregular e incómodo, pues ocurre cuando el aire se filtra por puertas y ventanas. Difícilmente cumple con el objetivo de conducir aire limpio, de extraer el aire contaminado o de regular a la temperatura; por esto debe eliminarse por completo cuando en ese espacio vayan a existir sistemas de climas artificiales, ya que esos huecos actúan como fuga de calor y frío.

b) Ventilación artificial. También se llama ventilación mecánica, porque se produce por medio de ventiladores que fuerzan la circulación del aire y que pueden ser de extracción o aspiración, de impulsión o presión y de ventilación equilibrada. Su uso es recomendable en espacios amplios donde el grupo de personas es numeroso y la ventilación natural resulta inaccesible, incómoda o deficiente. Este sistema se puede complementar con equipos de evacuación como campanas o colectores, separadores o filtros y extractores cuando se requiere la captación y eliminación de polvos, humos, gases, vapores, olores, aromas, etcétera, que pueden ser inofensivos o tóxicos pero que por su cantidad es mejor capturar en el lugar mismo de su emanación para evitar que se diseminen.

c) Ventilación natural. "La ventilación natural es la que emplea la fuerza del viento y las diferencias de temperatura para lograr el movi-

miento del aire" (Carnicer, 1991:34). Este sistema es el más usado porque es económico y práctico, ya que sólo se requiere aprovechar ventanas, rendijas, balcones, puertas y ventilas para que el aire exterior penetre sin dificultad en el espacio interior. Los inconvenientes son que el aire entra con todas sus impurezas, insectos, ruidos externos, y el espacio interior se pone en contacto con el clima exterior con todas sus inclemencias. Sin embargo, la ventilación natural es más adecuada que la artificial porque cuando el usuario está en un espacio con este tipo de ventilación sufrirá menos problemas como consecuencia de los cambios bruscos de temperatura provocados por los climas artificiales. Además, por el uso de ciertos elementos arquitectónicos se beneficia la iluminación natural.

Nivel de ventilación

El nivel de ventilación o cantidad de aire que debe ser inyectado y expulsado de un espacio varía en función de las dimensiones del espacio, la actividad que se realice en él, la cantidad de personas que se reúnan en un mismo lugar y los objetos productores de calor o contaminantes que se localicen en ese entorno.

Para calcularlo con exactitud es recomendable recurrir a la nom 0160-STPS-1993 y a los textos especializados, donde se especifican los niveles de ventilación adecuados para diferentes tipos de espacio y actividades.

ILUMINACIÓN

Generalidades

La luz es el fenómeno que influye en el factor ambiental llamado iluminación. Su naturaleza sigue siendo un enigma sobre el que han girado infinidad de estudios, teorías y leyes, principalmente en el campo de la física, ya que parece ser tanto una onda como una partícula. La importancia de la luz es indiscutible. Gracias a ella podemos ver, observar y percibir el entorno que nos rodea, trabajar y orientarnos en el espacio. Podemos dividir la luz en dos grandes clasificaciones con base en su origen: natural y artificial.

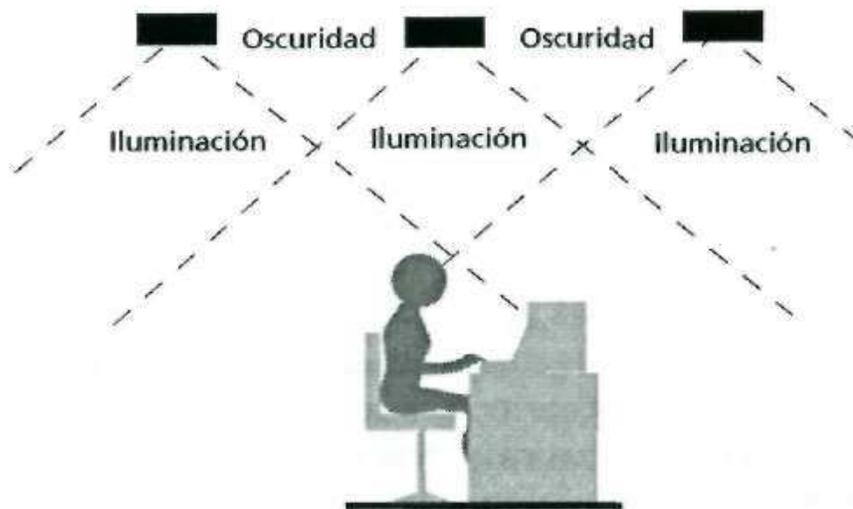
Luz natural

El sol emite diversos tipos de energía del espectro electromagnético. Éste se divide en diversas radiaciones con diferentes longitudes de onda; entre los 3 800 y 7 600 angstroms (A) de longitud de onda se encuentran las radiaciones visibles para el ojo humano, es decir la luz. Fuera de estos límites se encuentran los rayos infrarrojos y los ultravioleta (uv), ambos imperceptibles para el ojo humano.

"El conjunto de radiaciones luminosas se subdivide, a su vez, en subgrupos que se distinguen por la calidad de las luces que lo forman" (Déribéré, 1964:12). Estos subgrupos son los siete colores en los que la luz blanca se descompone al pasar por un prisma de cristal. Cada color, como radiación simple, tiene una longitud de onda particular, y todas viajan por el espacio a la velocidad de la luz: 300 mil kilómetros por segundo. Además de luz, también transmiten energía calorífica.

La calidad de la luz natural es excelente para un buen número de actividades, pero no es recomendable trabajar bajo la luz directa del sol porque posee un nivel de iluminación excesivamente alto y esto provoca incomodidad en el usuario, además de calor. Es mejor estar a la sombra para efectuar más cómodamente el trabajo, descontando desde luego las actividades que se realizan completamente a la intemperie.

Cuando se llevan a cabo tareas de precisión en interiores, se aconseja utilizar algún sistema de iluminación artificial para reforzar el nivel



Vista lateral

figura 42. La ubicación de las fuentes de luz en los espacios de trabajo determina la comodidad del usuario.

de iluminación natural. También es conveniente encender la luz artificial cuando las condiciones naturales no sean óptimas y cuando la luz del día empieza a disminuir; esto último debe hacerse con anticipación para que el ojo se adapte paulatinamente al cambio de iluminación. Por otro lado hay que tener cuidado en la colocación o ubicación de los usuarios con relación a las ventanas para evitar el deslumbramiento ocasionado por el reflejo de las superficies y objetos que reciben luz.

La luz natural entra a los interiores a través de elementos arquitectónicos como ventanas, puertas, tragaluces, ventanales, celosías, persianas y otros, que además de cumplir su función primordial facilitan la ventilación natural, y como elementos decorativos también deben tener un buen diseño. Los diseñadores podemos resolver problemáticas más o menos complejas con tendencias estéticas y formales; soluciones técnicas y funcionales con innovaciones en materiales, mecanismos o procesos de producción. Estos objetos, con sus dificultades, características y soluciones, están íntimamente relacionados con la arquitectura y el diseño de interiores, al igual que todos los sistemas productores de climas artificiales, ventiladores, humidificadores, lámparas y luminarias.

Luz artificial

La iluminación artificial, producida por la electricidad, combustibles y otros medios no naturales (baterías, plantas de luz, etcétera) tiene como objetivo proveer de luz al usuario cuando las condiciones naturales son adversas. Sus usos más frecuentes son durante la noche, permitiéndonos alargar la jornada productiva, y en todos los espacios interiores a los que no llega la luz natural, donde sirve como refuerzo de las actividades humanas.

Existen algunos términos particulares que podemos investigar en la bibliografía especializada. Aquí sólo definiremos dos conceptos que aparecen en dichos textos y que en el lenguaje cotidiano empleamos de diferente manera: lámpara y luminaria.

La lámpara es el nombre especializado que se le da a un objeto que emite luz. Popularmente se conoce como foco, bombilla o tubo de luz. La luminaria es la carcasa, armazón o envoltorio de la lámpara, el elemento decorativo; comúnmente la llamamos lámpara. Ambos objetos son fundamentales para los sistemas de iluminación en exteriores e interiores.

Lámparas

Las lámparas son indispensables para la iluminación artificial. Hoy en día existen firmas comerciales dedicadas a su diseño, producción y venta, que están regidas por la calidad, eficiencia y estandarización que permite que se usen mundialmente. Se fabrican varios tipos, como las incandescentes, fluorescentes, de mercurio o de sodio.

Luminarias

El diseño de luminarias (comúnmente llamadas lámparas) es un tema ampliamente desarrollado en las escuelas de diseño, sobre todo por el rico manejo formal que se puede hacer de ellas. Sin embargo, no hay que olvidar que tiene una parte técnica y una funcional, ambas igualmente importantes y necesarias.

La función principal de las luminarias consiste en servir de soporte, conexión y protección a la lámpara (foco). Al mismo tiempo ayuda a dosificar, controlar y dirigir el haz de luz a un lugar específico, evitando reflejos molestos y pérdidas de energía luminosa emitida a lugares inconvenientes e innecesarios. Es por eso que antes de diseñar una luminaria tenemos que tener en cuenta varias recomendaciones:

- Permitir la fácil instalación, mantenimiento y reposición de la o las lámparas.

- La instalación eléctrica debe estar protegida para evitar accidentes del usuario.

- Recomendar al usuario el tipo de lámpara más adecuado para cada luminaria particular.

- Elegir el material eléctrico de la instalación interna de acuerdo con el voltaje de la corriente eléctrica que alimenta normalmente el espacio donde se ubicará la luminaria.

- Tener cuidado en la elección de los materiales para su producción. Deberán ser de fácil mantenimiento y limpieza, resistentes a la temperatura emitida por la lámpara y no deberán interferir en la emisión de luz.

- Formalmente la luminaria deberá ser adecuada para la actividad y función a la que se destinará y al entorno donde se colocará. El manejo estético de la luminaria no termina en su manifestación física; no sólo es importante la forma en sí, pues el haz de luz es parte del diseño; podemos manipularlo para crear efectos interesantes.

Efectos físicos

Los efectos físicos que se pueden producir en el campo de la iluminación son múltiples, y pueden transformarse en defectos si no se aplican correctamente. Los efectos más importantes son la reflexión, la transmisión, la refracción y la difusión.

La reflexión ocurre cuando la luz emitida por una fuente luminosa incide sobre una superficie y la mayor parte de esa energía regresa sin haber sufrido alteraciones. La otra porción de esa luz recibida se pierde en la superficie que la absorbe. Este fenómeno se conoce como reflejo.

Se habla de transmisión de luz cuando el flujo luminoso pasa a través de un material sin alterar su naturaleza.

Durante la refracción el haz de luz cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro de diferente densidad.

En la difusión la luz se dispersa cuando el rayo pasa a través de un material translúcido y sufre refracciones y reflexiones múltiples a la vez.

Para poder lograr estos cuatro efectos físicos de manera programada, racional y controlada existen diferentes materiales que pueden ser utilizados en el diseño y producción de las luminarias. Estos materiales se clasifican como reflectores, transmisores, refractores y difusores.

También es necesario evitar otros efectos indeseables y que pueden perjudicar la visión, como los contrastes, las sombras y los deslumbramientos. Los contrastes ocurren cuando hay cambios drásticos en la iluminación de un lugar. Por ejemplo, cuando en un área se colocan lámparas rodeadas de una oscuridad absoluta que hace que parezcan más brillantes. Debe cuidarse el contraste entre la iluminación y el color de un objeto y su fondo. Por ejemplo, el color y brillo de letras o imágenes en relación al color y brillo del papel que funciona como fondo, el cual puede "borrar" las figuras si la iluminación es demasiada y el papel brilla de más.

Las sombras aparecen cuando hay mala iluminación y se recibe luz en una sola dirección. La sombra puede ser especialmente perjudicial en tareas de precisión, de escritorio y de control de calidad, aunque hay tareas que requieren sombras para producir contrastes y relieves en los objetos.

El deslumbramiento es provocado por el reflejo de ciertos objetos localizados en el campo visual. Estos objetos definen y dividen el deslumbramiento en dos tipos:

a) Deslumbramiento directo, que sucede cuando la lámpara o fuen-

te luminosa se encuentra en el campo visual y el resplandor es demasiado intenso. Por esto es necesario proteger la lámpara con algún tipo de luminaria y/o retirarla del campo visual del usuario. También hay deslumbramiento directo por contraste cuando las lámparas están ubicadas en lugares cuyo entorno es excesivamente oscuro. Para evitar esto es necesario mantener una iluminación general en todo el espacio.

b/ Deslumbramiento indirecto o reflejado. El principal motivo de este tipo de deslumbramiento es el reflejo provocado por superficies brillantes que se localizan dentro del campo visual. Casi siempre son superficies pulidas o semimate no planas que al recibir el haz de luz incidente forman múltiples zonas brillantes.

Otra causa de deslumbramiento es la luz natural, cuya composición e intensidad no puede corregirse, por lo que hay que cuidar la ubicación de los lugares de trabajo para que no reciban la luz natural de golpe y sin protección. También hay que evitar colocar superficies brillantes directamente a la luz solar, porque el reflejo que produce es sumamente intenso y dañino a la vista. Este fenómeno, sin embargo, tiene lugar en casi todas las fachadas de cristal de los edificios actuales que aunque modernos son incómodos a la vista, sobre todo cuando el sol incide directamente sobre ellos.

Sistemas de iluminación

Cuando unimos en un mismo objeto una lámpara y una luminaria que emite un haz de luz hacia alguna superficie, usuario o espacio, podemos hablar de iluminación. Los sistemas de iluminación se clasifican con base en la distribución que la luminaria haga del flujo luminoso. Los sistemas de iluminación más comunes son el directo, el indirecto, el semidirecto, el difuso y el mixto.

Métodos de alumbrado

Los métodos de alumbrado pueden valerse de cualquier sistema de iluminación para proveer la cantidad de luz necesaria al usuario. Se dividen en general, localizado, individual, combinado y suplementario.

Nivel de iluminación

Las actividades humanas se pueden clasificar según su importancia y cuánto se use la vista para realizarlas. Las actividades de escritorio, in-

telectuales, de taller e industria con cierto grado de precisión y riesgo son las que requieren de muy buena vista por parte del usuario y una iluminación excelente en el entorno donde se realicen.

De la buena iluminación depende el aumento de la eficacia, rendimiento, productividad, comodidad y seguridad del usuario, y la disminución de la fatiga visual y psicológica que invariablemente desemboca en agotamiento, enfermedades de trabajo y accidentes laborales. Si existiera un nivel óptimo de iluminación para cada tipo de tarea en los lugares de trabajo seguramente no se hablaría de fatigas visuales o de la tan común "vista cansada". Como diseñadores es imperante que estemos conscientes de la importancia que la iluminación tiene en nuestro quehacer y de que para resolver un problema de diseño podemos complementar nuestro ingenio con distintas lámparas, materiales, efectos físicos y sistemas de iluminación. También debemos tener presente la dimensión del objeto que se utilice en la tarea y sus detalles. Con base en estas dimensiones las tareas se dividen en minúscula, muy fina, fina, menos fina, mediana y gruesa. Mientras más fina es una tarea requiere mayor nivel de iluminación. Asimismo es importante la distancia entre el objeto o detalle y el ojo del usuario, el factor de reflexión de los objetos (a menor reflexión de los objetos se requiere mayor nivel de iluminación); el contraste entre los objetos o detalles y el fondo, la buena apreciación de los colores, el tiempo empleado por el usuario en la tarea y la estática o dinámica de los objetos.

De la conjunción de estos factores depende la mayor o menor dificultad de la actividad, y con base en ellos se han clasificado varios niveles de iluminación adecuados a cada situación. En textos especializados existen tablas con niveles de iluminación específicas para múltiples actividades, situaciones y espacios; podemos consultar la NOM-025-STPS-1999, como guía para nuestro trabajo.

El nivel de iluminación más importante es el que se dirige a la superficie de trabajo. Sin embargo, también es necesario cuidar la iluminación de las zonas neutras de circulación (un mínimo de 20 luxes) como pasillos o corredores que rodeen áreas de trabajo o que comuniquen diferentes áreas o salones y escaleras con el fin de que cuando el usuario deje de mirar su tarea y voltee la mirada a otros sitios no sufra alteraciones visuales por la adaptación que el ojo debe hacer cuando cambia el nivel de iluminación.

De manera simultánea al nivel de iluminación, el tiempo de exposición es un factor que influye en la realización satisfactoria de una actividad. Podemos analizarlo desde varias perspectivas.

- El tiempo que permanece diariamente el usuario haciendo la misma tarea. Es necesario conocerlo con exactitud para brindar al usuario el tipo y nivel de iluminación más adecuado a lo largo de toda la jornada para evitar fatigas y esfuerzos visuales innecesarios.

- El tiempo que ha permanecido el usuario en el mismo puesto de trabajo. Este punto repercute en la experiencia que haya adquirido el usuario. Siempre es más fácil realizar cualquier tarea o detectar detalles cuando hay experiencia previa, aunque el nivel de iluminación no sea el adecuado; por supuesto éste no es pretexto para no ofrecer una buena iluminación. Con base en la experiencia se puede juzgar y elegir el nivel de iluminación óptimo que se requiera.

- El tiempo en el que el usuario debe realizar su tarea. Cuando el nivel de iluminación es bajo el usuario tardará más tiempo en cumplir con su actividad y sufrirá fatiga general lo cual tendrá como resultado el detrimento de la productividad y calidad de la tarea. En este aspecto también se puede ver afectado el movimiento de los objetos, perjudicando o facilitando la tarea. A mayor iluminación los objetos parecen moverse más lentamente.

COLOR

Generalidades

Ubicamos el fenómeno del color como uno más de los factores ambientales por varias razones. En primer lugar, el color no existe en forma material. Es simplemente un fenómeno que se origina a partir de la luz, y ésta es uno de los factores ambientales más importantes. En otras palabras, gracias a la luz hay color; de lo contrario viviríamos en un mundo incoloro y por añadidura seríamos invidentes por la carencia del estímulo visual. Por eso hablamos de color después de la iluminación.

El color nos es tan familiar que no recapacitamos en su complejidad. Es asombroso que un ente inmaterial e intangible tenga repercusiones tan complicadas y hasta ambiguas en áreas tan específicas y aparentemente inconexas como el arte, la física y los procesos fisiológicos, psicológicos y culturales del ser humano.

Desde el punto de vista cognitivo el color es un concepto complejo, sobre todo en las primeras etapas del aprendizaje. Por ejemplo, para los niños resulta más fácil conocer, aprender y distinguir las formas geométricas básicas que los colores, primordialmente por la gran variedad de ellos y por los múltiples matices resultantes de sus mezclas. Otro aspecto que dificulta su aprendizaje son las diferencias personales que se presentan al percibir un color, ya sea por experiencias previas, por influencia cultural, por deficiencias visuales o por mala coordinación cerebral.

Con base en esto hubiera sido lógico hablar del color detalladamente en el factor psicológico, en el sociocultural o en el apartado dedicado a la iluminación dentro de los factores ambientales; sin embargo preferimos tratarlo más profundamente y de manera individual aquí, ya que es un estímulo importante del medio ambiente.

El color y la física

En el apartado sobre iluminación vimos que el espectro electromagnético se divide en múltiples radiaciones con diferentes longitudes de onda. La radiación visible o luz blanca fue la que utilizó Isaac Newton para sus experimentos, haciéndola pasar por un prisma triangular de cristal; el haz de luz blanca atravesó el cristal, descomponiéndose en siete bandas de colores semejantes al arco iris. Newton demostró que la luz blanca es el resultado de la conjunción de los siete rayos de colores, y que aunque cada uno posee diferente longitud de onda todos viajan a la misma velocidad, la de la luz.

A partir de estas teorías físicas se expone un principio poco creíble para la mayoría de las personas: el mundo que nos rodea es incoloro: los objetos (naturales o artificiales) no poseen color propio.

Los cuerpos iluminados por otros que emiten luz propia, como las estrellas y los focos, reflejan y absorben la luz pero hacen una discriminación entre los siete rayos del espectro. Unos colores son absorbidos y otros reflejados, dependiendo de las características físicas del material y de las diferentes longitudes de onda. El resultado de este proceso físico es captado por nuestro ojo como estímulo visual, que, después de pasar por el proceso fisiológico al nivel de la retina por los conos (véase "Factor psicológico") llega al cerebro y es interpretado como sensación, y con la ayuda de la experiencia previa, interpretado a nivel perceptual como un color y no otro.

En resumen, el color de los objetos que percibimos depende del color y del tipo de luz que los ilumine. Por ejemplo, bajo la luz blan-

ca reconocemos como rojo el color de una manzana, pero bajo una luz verde la misma manzana nos parecerá amarillenta. Sin embargo, sabemos y creemos que es roja.

Definiciones básicas

Antes de proseguir es prudente definir algunos términos:

- "Color es una sensación que depende de las longitudes de las ondas luminosas reflejadas por los objetos de nuestro alrededor" (Ortiz, 1992:30).

- La óptica y la luminotecnia denomina las luces de colores rayo o luz coloreada.

- Las materias primas que utilizamos para producir e imprimir coloraciones en diversos materiales reciben el nombre de materia colorante, pintura o pigmento. Estos últimos se clasifican como pigmentos naturales, que pueden ser orgánicos e inorgánicos y de origen vegetal, animal o mineral, y pigmentos artificiales o sintéticos, que se derivan de los anteriores, pero durante su elaboración se les agregan productos químicos que brindan al pigmento mejores cualidades físicas como mayor durabilidad, resistencia a los agentes atmosféricos, resistencia a otros químicos, protección contra microorganismos, mayor brillo e intensidad colorante, etcétera.

Los pigmentos artificiales brindan la oportunidad de ofrecer al usuario objetos de gran colorido, sin importar el material en el que estén realizados. Afortunadamente, en el mercado encontramos pigmentos, pinturas y recubrimientos con una amplia variedad de colores y características adecuadas para satisfacer nuestras necesidades y las del objeto en sí. Cuando tengamos que elegir un tipo de recubrimiento o pintura en especial, ya sea por sus cualidades o por su color, lo más recomendable es recurrir a las casas comerciales que expenden dichos productos; ahí encontraremos el más adecuado con base en su catálogo y cartas de color.

Clasificación de los colores

Como primer científico del color, Newton dividió los colores de la siguiente manera: *a)* tríada primaria, colores simples o colores primarios: rojo, azul y amarillo, *b)* Colores complementarios o secundarios, que son aquellos derivados de las mezclas de colores primarios: rojo + azul = violeta; azul + amarillo = verde; amarillo + rojo = anaranjado.

Young, por su parte, los clasificó así: a) las tres sensaciones coloreadas fundamentales: rojo, verde y violeta. b) Sus mezclas en el nivel perceptual producen las llamadas sensaciones intermedias: rojo + verde = amarillo; violeta + rojo = carmesí; verde + violeta = azul púrpura.

En el terreno de la óptica los colores se clasifican con base en la reciprocidad inmediata con los conos de la retina (véase "Factor psicológico"). Los colores fundamentales o primarios son rojo, verde y azul.

Finalmente, en el campo de las artes plásticas y artes gráficas, donde se utilizan fundamentalmente pigmentos y pinturas, los colores se clasifican de la siguiente manera:

- Colores primarios para las artes plásticas: rojo, amarillo y azul.
- Colores primarios para las artes gráficas: magenta, amarillo y cian. En ambos casos, los colores secundarios se derivan de la mezcla entre los primarios:
 - Colores secundarios para las artes plásticas: rojo + azul = violeta; azul + amarillo = verde; amarillo + rojo = anaranjado.
 - Colores secundarios para las artes gráficas: magenta + cian = violeta; amarillo + magenta = anaranjado; cian + amarillo = verde.

Por su parte, el blanco y el negro no se consideran colores propiamente dichos, porque en términos de luz el blanco contiene la gama completa de los siete colores y el negro es la ausencia de los mismos. En otras palabras, el blanco refleja íntegramente el haz de luz, mientras que el negro lo absorbe por completo. Al gris y todas sus tonalidades, resultado de la mezcla del blanco y el negro, se le denomina color neutro.

Otra clasificación práctica que se hace partiendo del espectro de Newton toma como referencia la temperatura de la naturaleza. Así, se consideran colores calientes o cálidos los que se relacionan con las tonalidades del sol y el fuego: amarillo, anaranjado y rojo. Por su parte se consideran colores fríos los que se relacionan con el agua y la vegetación: verde, azul, índigo y violeta.

Gracias a esta analogía color-naturaleza la clasificación se hace lógica y objetiva hasta el grado de ser ya un convencionalismo internacional.

Síntesis del color

Podemos comprobar las mezclas de colores primarios que dan como resultado colores secundarios gracias al método conocido como síntesis del color. Este se divide en tres tipos fundamentalmente, con un

principio teórico definido y una aplicación particular, que es en la que aquí nos concentramos:

a/ Síntesis aditiva. Se manifiesta a través de los tres rayos básicos de luz coloreada: rojo, verde y azul, que al ser superpuestos y proyectados sobre una pantalla blanca producen los tres colores secundarios, y de éstos a su vez resulta la luz blanca.

b/ Síntesis sustractiva. Se requiere del uso de pigmentos o pinturas con los tres colores primarios de las artes plásticas o gráficas: rojo, azul y amarillo o magenta, cian y amarillo. Al plasmarlos en papel blanco y sobreponerlos entre sí surgirán los colores secundarios y, de éstos el negro.

c/ Síntesis partitiva. Su aplicación se ve frecuentemente en el campo de las artes gráficas y en la publicidad, ya que se logra por el proceso de impresión industrial. Los efectos se manifiestan cuando se superponen pantallas o redes de puntos de diferente color, tamaño y densidad; al verlos de lejos aparece, como un efecto visual, el color secundario.

Sistemas de clasificación

El primer círculo cromático data de 1735 y fue elaborado por el padre Castel (Déribéré, 1964:24). Desde entonces muchas personas han propuesto sus propios sistemas de clasificación de los colores con base en la percepción. Para ello tomaron como referencia las tres características básicas del color: "la tonalidad (o tono o tinta) que expresa la variación cualitativa del color: amarillo, verde, ciano, etcétera, la claridad (relación del color con el blanco y el negro), la saturación (pureza del color)" (De Grandis, 1985:47)". Entre los sistemas más conocidos encontramos:

a/ Círculo de Newton. Es un círculo cromático que tiene los siete colores componentes de la luz blanca que él mismo descubrió. La región que cada color ocupa en el círculo corresponde a la extensión que cada uno de ellos tiene dentro del espectro luminoso.

b/ Doble cono de Ostwald. Wilhelm Ostwald creó una clasificación de los colores de forma axial con tres dimensiones. Está compuesto por dos conos encontrados en su base, y sus vértices representan el blanco y el negro. En el ecuador se ubican ocho colores puros que se repiten tres veces cambiando su numeración, lo que forma 24 colores que a lo largo de los conos varían de luminosidad, llegando a 72 matices. Para el ordenamiento de los colores con base en las tres características básicas Ostwald utilizó una cifra y dos letras. La cifra

corresponde a la numeración antes señalada de cada color y las dos letras especifican la cantidad de blanco y negro.

c) Sistema Munsell. Se parece un poco al doble cono de Oswald. Las características del color se presentan en un eje de coordenadas. En el eje horizontal o ecuador se ubican 10 tonos (*hue*); en la clasificación se designan con una o dos letras que son las iniciales del color en inglés. La claridad (*value*) se coloca en el eje vertical, donde el blanco ocupa el polo superior y el negro el inferior. Finalmente, la saturación (*chroma*) se presenta en sentido horizontal, del centro hacia afuera. Para la clasificación de ambas características se emplean dos cifras separadas por una línea diagonal; el primer número representa la claridad y el segundo la saturación. En el catálogo de Munsell aparecen los colores en forma de clave o fórmula, por ejemplo: bg 4/6, es decir, blue-green (azul-verde) con una claridad de 4 y una saturación de 6.

d) Cubo de Hicethier. Este sistema parte de la tríada básica amarillo, rojo y azul. Para su clasificación cada color se numera del 0 al 9. El 0 representa el blanco puro y el 9 el color puro. A su vez el tono se compone de tres cifras; la que ocupa el lugar de las unidades corresponde al azul (009), las decenas son el rojo (090) y las centenas el amarillo (900). A través de esta clasificación numérica se obtienen mil tonalidades que se integran en un cubo.

Este sistema es muy utilizado en las artes gráficas como módulo, principalmente porque en esta actividad se trabajan los tres colores básicos y las mil combinaciones son fáciles de imitar si cada número se considera como una ración o porción. Es decir, el color 246 se puede traducir diciendo que lleva 2 partes de amarillo, 4 de rojo y 6 de azul.

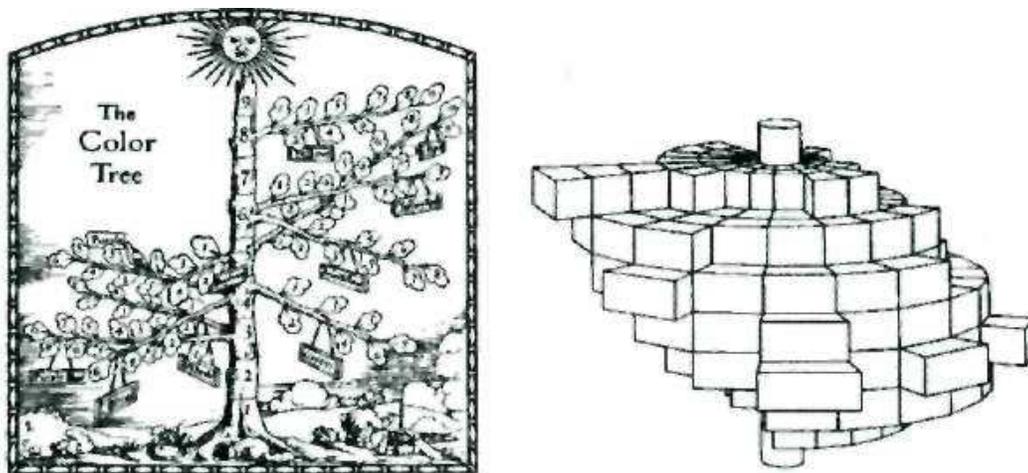


figura 43. El árbol del color. Esquema arborescente de Munsell y su representación geométrica.

e/ Romboedro de Küppers. Para este romboedro se emplean tres vectores que forman ángulos de 60° . En estas tres líneas se representan los tres colores primarios para la óptica, rojo, azul y verde, además de negro. Igual que en el caso anterior, las diversas tonalidades que resultan de la mezcla de la tríada se clasifican por un código de tres cifras. Por los colores que aquí se usan y otras características "el sistema del romboedro constituye la representación geométrica de las leyes de la visión" (Küppers, 1980:68-69).

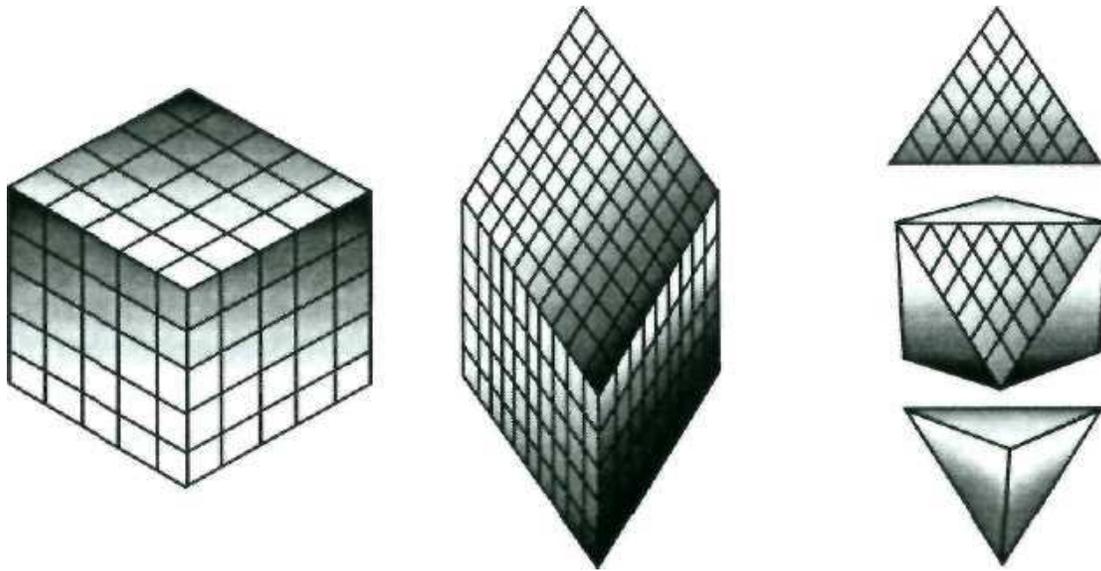


figura 44. *Cubo de Hicethier y romboedro de Küppers.*

f) Códigos industriales. Para la aplicación de los colores en las zonas industriales contamos con la norma mexicana NOM-026-STPS-1998, que se refiere a colores y señales de seguridad e higiene e identificación de fluidos conducidos en tuberías.

Color, psicología y cultura

El color, al igual que la forma, la textura, el volumen y la dimensión, es una cualidad intrínseca de los objetos que nos rodean. Estas características físicas tienen funciones comunicantes que facilitan o dificultan la relación ergonómica; todo lo que nos rodea emite mensajes específicos que los seres humanos recibimos, aunque no siempre lo hacemos de manera consciente y en ocasiones no entendemos sus significados.

El color es una de las cualidades físicas más difíciles de entender. Nos es tan natural que, como usuarios, solamente consideremos su

función estética, ¿me gusta o no me gusta? Como diseñadores muchas veces lo aplicamos en nuestros diseños con ese criterio personal. Pero no debemos olvidar otras categorías de valoración para el uso del color, como las características fisiológicas y socioculturales de los usuarios. Las características fisiológicas están determinadas por el nivel de sensación y percepción, que varía de persona a persona porque la apreciación va unida a la experiencia y las fijaciones mentales, así como a las condiciones de iluminación del espacio, que pueden alterar la calidad de los colores.

En las características socioculturales de los usuarios tiene mucho peso la función simbólica del color. ¿Cuál es el mensaje real que emite un color? ¿Qué significado tiene para nuestro grupo de usuarios? ¿Es pasajero o convencional? ¿Es resultado de la moda o tiene trasfondo religioso, tradicional o es parte de su ambiente natural? Las respuestas son tantas como seres humanos existen. Así, determinar la función simbólica de un color es casi imposible. Lo mismo pasa con los significados que los psicólogos asignan a los colores. Tal vez sea cierto que el rojo es más agresivo que el amarillo, pero calificar a uno de violento y al otro de alegre es un absurdo cuando resulta evidente que cada grupo cultural tiene sus propios valores, significados y aplicaciones; por ende es imposible determinar parámetros universales de la aplicación y preferencias del color con base en pruebas psicológicas.

Entre los factores socioculturales también se ubica la situación histórica, política y mágico-religiosa de los pueblos, porque en estas áreas humanas el color juega un papel que difícilmente puede ser alterado.

El color, aplicado en ciertos objetos, espacios y contextos, se ha vuelto una señal universal; como diseñadores no podemos modificar su aplicación, pues alteraríamos una convención bien establecida, como el color de los semáforos, señales viales y de tránsito, instalaciones industriales y domésticas de gas, agua y electricidad.

Como vemos, la relación entre color y los valores psicológicos y socioculturales es compleja y delicada, por lo que es nuestra responsabilidad conocerla a profundidad. Es imperante ser analíticos y críticos para usar los colores más adecuados con base en la función y ubicación del objeto a diseñar, por las necesidades y características fisiológicas, psicológicas y socioculturales de los usuarios y por las condiciones del entorno.

Generalidades

El silencio perfecto sólo existe en el vacío, donde las ondas sonoras no se propagan. Nosotros, en cambio, vivimos inmersos en un mar de sonidos que podemos dividir en sonidos naturales y artificiales; estos últimos son la mayoría.

Como sonidos naturales podemos catalogar a los que produce la naturaleza misma, los animales y la voz humana, cuando se emite sin intermediarios electrónicos. Por su parte, el resto de los sonidos y ruidos a que estamos expuestos son de producción netamente artificial: tienen origen en objetos, elementos o productos de fabricación humana, como los sistemas de transporte, electrodomésticos, maquinaria pesada y máquinas y herramientas de todas clases.

Definiciones técnicas

El sonido es un estímulo mecánico producido por la vibración de los cuerpos que, al propagarse en forma de ondas sonoras por el aire, agua u otros medios, varía su presión manifestando cambios en la intensidad y la frecuencia. Cuando estas ondas sonoras llegan al oído (véase "Factor psicológico") provocan una vibración en el tímpano que se convierte en estímulos nerviosos. De aquí las señales viajan hasta el cerebro donde se decodifican, perciben e interpretan.

El término ruido resulta ambiguo, pues generalmente designa todo sonido indeseable, y esto depende de varias condiciones: que carezca de armonía y musicalidad; que interfiera con otra señal que se desea escuchar (enmascaramiento de un sonido o señal); que por su intensidad (decibeles) moleste fisiológicamente al oído humano; que este efecto perturbador resulte molesto psicológicamente y distraiga la atención del usuario o produzca aburrimiento y cansancio mental debido a su monotonía y larga exposición.

Estas clasificaciones son subjetivas, pues un mismo sonido puede ser considerado ruido en determinado lugar y realizando una tarea específica, y en otro no percibirse siquiera: el timbre de un teléfono celular resulta molesto en una sala de conciertos en plena interpretación, pero ese mismo timbre pasa casi desapercibido en una estación del metro.

Los ruidos entran en el renglón de los contaminantes de tipo auditivo y deben ser eliminados o disminuidos por los diseñadores para el

bienestar de los usuarios. La normatividad mexicana tiene la nom-011-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

La velocidad a la que se propaga el sonido varía de un medio a otro. La velocidad en el aire es de 332 m/seg a 0 °C o 195.2 km/hr. El aumento en la temperatura disminuye la densidad del transmisor, y por ende aumenta la velocidad del sonido en una relación de 60 cm/seg por grado centígrado.

Así como el espectro electromagnético se divide en rayos invisibles y perceptibles (luz) para el ojo humano, el sonido también se presenta como un espectro con rangos imperceptibles llamados infrasonido y ultrasonido, y el rango audible para el oído humano se denomina sonido.

El sonido se propaga en forma de ondas longitudinales que se denominan ondas sonoras. Éstas se representan gráficamente como una onda sinusoidal, y el desplazamiento, longitud y altura de la cresta dependen de dos características: frecuencia e intensidad. La frecuencia es la cantidad de vibraciones presentes por segundo o ciclos por segundo (cps). La frecuencia requerida para pertenecer al rango audible (audiofrecuencia o audibilidad) o considerarse sonido va de los 20 a los 20 mil cps. Por debajo de la cifra mínima está el infrasonido; si se lograra percibir sería en forma de pulsaciones o latidos inconexos. El oído humano percibe un rango que se encuentra entre los 2 000 y los 3 000 cps. Así, la frecuencia es la medida física, que percibimos como el tono (agudo o grave; altos y bajos) del sonido, que a su vez es simplemente una sensación auditiva. Por su parte, la intensidad es la cantidad de flujo de energía acústica que provoca cambios de presión en el aire por la compresión y refracción del mismo. Se mide en decibelios o decibeles (dB), que son el logaritmo decimal de una potencia sonora multiplicado por 10. Los rangos de audición van de 0 dB a 130 dB como límite máximo o umbral de dolor. En intensidades mayores de 130 dB (140-160 dB) se presentan lesiones en el aparato auditivo. La intensidad es la medida física del sonido, mientras la sonoridad es la sensación auditiva correspondiente. A mayor intensidad mayor sensación de sonoridad.

Es sumamente importante conocer el nivel del sonido que existe en el espacio donde se encuentra nuestro usuario o el nivel del sonido producido por nuestro diseño. Para medir esos niveles exactos existe el sonómetro, que es un medidor electrónico con una sensibilidad parecida al oído humano.

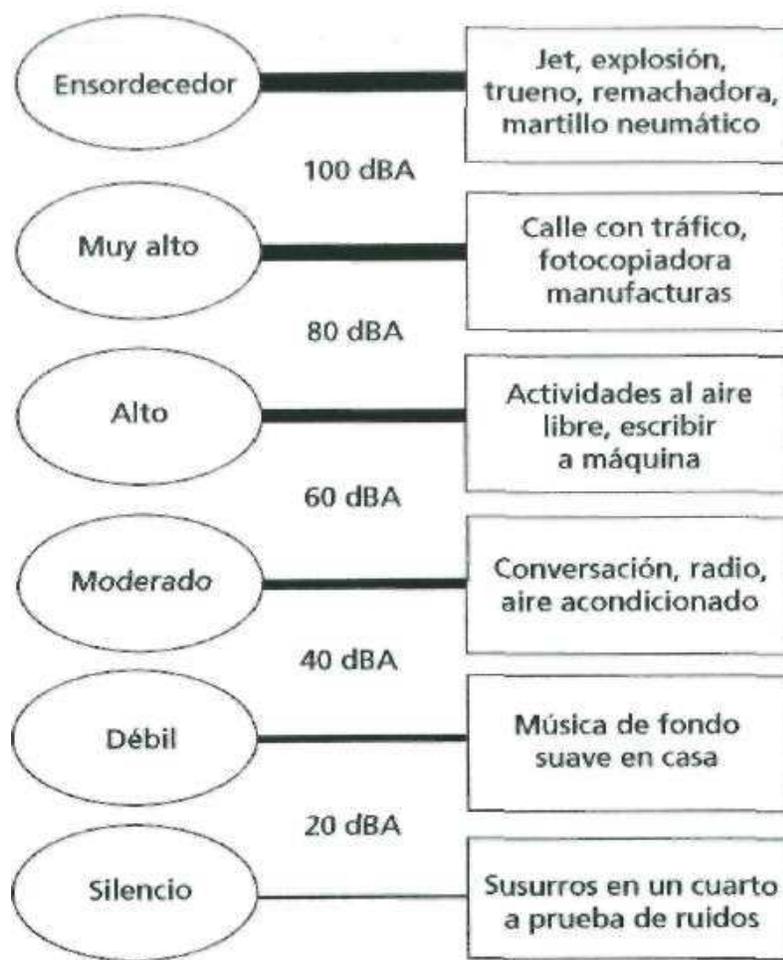


figura 45. El ruido es un factor ambiental pocas veces considerado en el diseño de los objetos y espacios de trabajo.

Por otro lado, debemos recordar que los valores en decibelios son logarítmicos, por lo que no pueden calcularse aritméticamente. Para esto se dispone de una tabla especial que nos permite deducir el número exacto de decibelios. "El procedimiento es el siguiente: para sumar, por ejemplo, 80 y 86 dB bastaría sumar al mayor de los dos niveles el valor diferencial indicado en la tabla por lo que el nivel total resultaría $86 + 1 = 87$ dB (Carnicer, 1991:14-15)".

cuadro 13. Gráfica para sumar decibelios

Diferencia entre los dos números a sumar	0	1	2	4	6	9
Número de dB a añadir al más alto de los dos niveles para obtener el nivel total	3	2.5	2	1-5	1	0.5

Del mismo modo que la energía calorífica, el sonido puede ser transmitido, absorbido o reflejado. La transmisión se da por medios materiales con características físicas especiales (densidad y elasticidad) como aire, agua, vidrio, etcétera. La absorción es producida por materiales con diferentes grados de porosidad como textiles, corcho, caucho, cartón, espumas plásticas, etcétera, que pueden servir como aislantes de ruido cuando nuestros diseños así lo soliciten. En el mercado abundan los productos comerciales de diferentes materiales y características para nuestras necesidades específicas. La reflexión aparece en forma de eco o reverberación, sobre todo cuando el objeto productor de sonido se localiza entre dos superficies sólidas paralelas que actúan como espejos con la luz. El eco también se llama sonido reflejado y se presenta momentos después del sonido original de forma separada. Hay que evitar la reflexión para no provocar enmascaramiento del sonido original ni confusiones en el usuario.

Tipos de ruido

Con base en la duración, intensidad y frecuencia podemos dividir el ruido en continuo e intermitente. El ruido continuo tiene la misma frecuencia e intensidad durante toda su duración, por ejemplo el motor de una licuadora. El ruido intermitente cambia a lo largo de su duración. Pueden presentarse lapsos separados por ruidos de mayor intensidad o por periodos de silencio, como el timbre del teléfono. Dentro del ruido intermitente existe otra variedad llamada ruido repentino o sonido impulsivo, que tiene en su inicio gran cantidad de energía pero decae rápidamente, como el que produce un balazo.

VIBRACIÓN

Definición

La vibración es un fenómeno mecánico que se define como todo movimiento que experimenta un cuerpo cualquiera a partir de un punto o posición fija. Es un movimiento intermitente, pues su característica principal es que después de moverse el cuerpo tiende a regresar a la posición original, lo que ocurre durante todo el tiempo que dure la vibración. La vibración se mide por su frecuencia e intensidad.

Tipos de vibración

La vibración se manifiesta generalmente cuando el usuario se mueve y el objeto está fijo; el usuario está fijo y el objeto se mueve, o el usuario y el objeto se mueven.

En cualquiera de las tres tanto el binomio ergonómico como el resultado de la relación, es decir la actividad, pueden ser perjudicados. Para determinar que la vibración es dañina hace falta contemplar tres variables primordiales:

a) Frecuencia. A qué velocidad se realiza el desplazamiento (cps o hertz).

b) Intensidad. Qué desplazamiento físico sufre el cuerpo (cm, mm).

c) Duración. Cuánto tiempo está expuesto el usuario al estímulo mecánico (seg, min, hrs).

Cuando dos o tres variables presentan valores altos la vibración se cataloga como perjudicial; cuando los valores son mínimos la vibración no es factor de peligro.

El factor vibración es producido por objetos de uso y situaciones dinámicas que para su funcionamiento requieren de motores o mecanismos; algunos tienen como característica principal su propio movimiento. Cuando el usuario utiliza algún objeto productor de vibración (vehículos, maquinarias, herramientas) recibe la vibración por transmisión, principalmente cuando el cuerpo mantiene contacto directo con la superficie del objeto o es rodeado por éste.

Efectos de la vibración

Los efectos negativos que provoca la vibración en el juego ergonómico afectan al objeto, a la actividad y al usuario.

objeto. De las tres situaciones antes presentadas dos muestran la posibilidad de que el objeto vibre. Esto se debe a que casi siempre el objeto mismo provoca o produce la vibración. En este caso los efectos negativos pueden ser el desgaste de piezas por el uso, haciendo necesario un mantenimiento constante. Estos detalles pueden y deben ser contemplados por los diseñadores e ingenieros desde el momento en que se proyecta el objeto en cuestión.

Cuando el objeto está estático no es afectado sustancialmente por la vibración, aunque para que esta condición se dé deben existir un usuario y dos objetos, uno de los cuales debe provocar la vibración y

el otro mantenerse inmóvil. Por ejemplo, cuando una persona viaja en un automóvil, éste produce la vibración y el usuario también se mueve, pero los objetos que están en la vía pública se mantienen estáticos y ajenos a la relación, aunque sean ellos los que conforman el entorno donde se lleva a cabo la relación ergonómica en ese momento.

actividad. La calidad de cualquier actividad disminuye cuando el usuario no actúa bajo sus mejores condiciones. Las actividades que suelen verse afectadas específicamente por la vibración son las actividades manuales que requieren control y destreza motriz (escritura, armado o desarmado de piezas, control de teclados, etcétera); las actividades visuales como la lectura de textos, cifras y tableros visuales, y todas las actividades de precisión que se realicen con manos y pies.

Tal parece que las actividades cognitivas o en las que intervienen los procesos mentales realmente no sufren alteraciones, pero sí cuando la atención del usuario se desvía por algún malestar físico, es decir cuando pierde concentración mental.

En resumen, las actividades motoras y sensoriales experimentan más efectos negativos que las actividades puramente mentales.

usuario. El cuerpo humano, al igual que todos los cuerpos físicos, presenta efectos de resonancia siempre que se mueve, ya sea por sí mismo o porque otro cuerpo u objeto le transmite el movimiento. Además cada parte del cuerpo experimenta un grado diferente de resonancia, que depende de su forma, función, material y consistencia (sólida o acuosa). Los líquidos vitales fundamentales para el buen funcionamiento del cuerpo y para llevar a cabo su función deben mantener ciertas propiedades físicas inalterables. Entre los líquidos más importantes están:

- La sangre, que debe mantener una presión más o menos estable para no alterar el estado cardíaco del hombre; además debe irrigar completamente el cuerpo para no provocar problemas circulatorios, de entumecimientos o fatiga muscular.

- El líquido llamado endolinfa, que se encuentra en los canales semicirculares del aparato vestibular, tampoco debe experimentar movimientos bruscos, pues al moverse excita las terminaciones nerviosas del sentido del equilibrio provocando mareos y vértigo.

Desde el punto de vista físico la vibración ataca las diferentes partes del cuerpo de diferente manera. Cuando la vibración ataca al cuerpo

entero cada elemento corporal resuena en diferentes grados. Es agotador luchar contra el movimiento manteniendo la estabilidad a costa de la tensión muscular. Si la intensidad o la frecuencia son verdaderamente altas, independientemente de que el tiempo de exposición sea corto, habrá partes del cuerpo que más que una simple vibración sientan realmente golpes sobre la piel.

Cuando la cabeza resuena a mayor frecuencia que el resto del cuerpo los efectos repercuten básicamente en dos órganos sensoriales: el aparato vestibular y el sentido de la vista. Como vimos, la excitación anormal de las terminaciones nerviosas del primero provoca mareos y vértigo. El segundo se ve afectado por varios motivos: si el observador o usuario se mantiene estático y el objeto se mueve, el hombre forzarán la vista para tratar de fijar la imagen, la que por la vibración se imprimirá en la retina como una sobreposición de imágenes provocando, además de la fatiga visual, mareos. Por otro lado, si el usuario está en movimiento el resultado será tratar de mantener la cabeza y los ojos inmóviles para poder cumplir con la tarea visual. Esto último también provoca fatiga visual y tensión nerviosa, pero no produce tantos errores como en el caso anterior.

Cuando la parte más afectada resulta ser el tronco (caja torácica y abdomen) los efectos se manifiestan como dolor muscular en espalda y cuello debido a la tensión nerviosa y muscular que se presenta instintivamente en contraposición al movimiento; dolor de riñones; dolor de costillas, esternón y columna vertebral; incomodidad gastrointestinal; lesiones internas producidas por movimiento visceral, como rupturas de ligamentos o tejidos de soporte.

La vibración afecta brazos y manos cuando el objeto vibrador se maneja con las manos, como rotomartillos, taladros, batidoras, etcétera. En este caso se presenta agotamiento muscular por el exceso de ácido láctico; agotamiento nervioso por el esfuerzo de mantener la estabilidad manual y entumecimiento por la falta de irrigación sanguínea, la cual en su caso más grave produce la enfermedad de los dedos blancos o enfermedad de Raynaud; también hay agotamiento y fatiga muscular cuando se realizan actividades manuales que requieren precisión motriz.

La vibración afecta también el sentido del tacto y el propioceptivo. Cuando la vibración afecta los miembros inferiores (piernas y pies) se presenta entumecimiento, fatiga muscular y nerviosa, aunque para esto se requiere una intensidad, frecuencia o duración mucho mayor, ya que por sus dimensiones los músculos de las piernas tienen

mayor capacidad y resistencia para el esfuerzo físico, y sus movimientos no son de gran precisión.

Niveles de vibración

Con la vibración pasa lo mismo que con otros estímulos sensoriales: el organismo posee mecanismos para definir los límites de percepción (umbral mínimo de percepción y umbral máximo, umbral de tolerancia o de dolor), los cuales no han podido ser cuantificados objetivamente a pesar de que existe la norma iso-2631- Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration (*Guía para la evaluación a la exposición humana a la vibración de todo el cuerpo*) (Oborne, 1987:255). Esto ocurre sin duda por lo subjetiva que es la respuesta de las personas encuestadas y además porque cada organismo posee diferentes grados de resistencia y por ende de percepción para los diferentes estímulos, los cuales asimismo pueden variar según el estado de ánimo, la condición física y las condiciones ambientales que prevalezcan en un determinado momento. Sin embargo tomamos como guía los siguientes límites de frecuencia, que son el resultado de experimentos realizados por varios científicos (Oborne, 1987:243).

cuadro 14. *Efectos de la vibración sobre el cuerpo humano*

<i>Límites de frecuencia (Hertz)</i>	<i>Efectos físicos</i>
0.1-5 Hz	Mareo
3-6 Hz	Dolor abdominal
7 Hz	Dolor pectoral
10 Hz	Dolor esquelétomuscular
10-100 Hz	Lesiones en huesos, articulaciones y tendones
10-300 Hz	Daño de columna vertebral
10-300 Hz	Visión borrosa
33-166 Hz	Problemas cardiovasculares
8-200 Hz	Problemas gastrointestinales
8-900 Hz	Enfermedad de Raynaud o de los dedos blancos

Para que la vibración llegue a provocar efectos fisiológicos tan graves se requiere que el cuerpo se exponga a dicho estímulo por periodos largos de tiempo. Dos recomendaciones para evitar estos daños:

a] Cuando diseñemos un objeto que tenga características vibratorias debemos procurar aislarlo adecuadamente para disminuir su nivel hasta donde sea posible y evitar que el estímulo se transmita a otro cuerpo.

b] Que el usuario tenga varios descansos breves a lo largo de su actividad para que cambie de posición y así restablezca la normalidad nerviosa y muscular y evite caer en la peligrosa fatiga. Esto se recomienda sobre todo a usuarios que trabajan bajo condiciones de vibración por jornadas largas y continuas.

CONTAMINACIÓN

Generalidades

La contaminación es uno de los grandes males que actualmente ataca al planeta. Presenta una cualidad bien particular: es una creación artificial destructora de la creación natural. Sólo los levantamientos de polvo, las erupciones volcánicas e incendios forestales se consideran contaminación natural; el resto es de origen artificial. De ahí se deduce que casi la totalidad de dicho factor sea el resultado del aumento incontrolado de la población; de la formación de grandes núcleos industriales y urbanos; de la aparición de los hidrocarburos como fuente de energía y el surgimiento de nuevos objetos de uso que motivaron el consumo a gran escala. Toda esta acumulación ha ido minando los recursos naturales que a su vez han sido utilizados de manera irracional, sobrepasando en mucho la capacidad de autorregeneración de la naturaleza. Además de éstas, hay otras razones que nos hacen mencionar este mal modificador de los factores ambientales.

Hace algunos años la calidad ambiental no manifestaba alteraciones ni degradaciones tan palpables, por lo que no representaba ningún problema para las sociedades ni para los primeros hacedores de la ergonomía. Actualmente las condiciones son otras. Los seres humanos estamos aprendiendo a convivir y a sobrevivir con la contaminación, subproducto de casi todas las actividades productivas humanas. Para la realización de estas actividades requerimos de objetos de uso que de alguna manera contaminan el ambiente. Puede ser durante la realización de la tarea o cuando estos objetos se convierten en desechos al terminar su vida útil. Por esto consideramos que la presencia de este nuevo factor de alteración ambiental es necesaria para nuestra disciplina.

Durante el siglo xx la contaminación se convirtió en un mal que ha infestado al mundo entero por igual, porque los productores de contaminación se encuentran bien diseminados por todo el orbe. Existen dos fuentes principales de contaminación, las fijas y las móviles. Las fuentes fijas o estacionarias son los asentamientos humanos donde se realizan todas las actividades comerciales, industriales, de servicios y otras que generan la mayoría de los desechos acumulables que degradan el medio ambiente. Las fuentes móviles son todos los sistemas de transporte terrestre, acuático y aéreo que contaminan, aunque en menor proporción que los primeros.

Hablamos de contaminación ambiental en general, pero la división más común se basa en el lugar físico donde ésta se concentra. Así, existe contaminación atmosférica, contaminación de los suelos y contaminación del agua.

Es importante señalar que como diseñadores y ergónomos no estamos excluidos del problema de estos tipos de contaminación; podemos ser parte tanto de las causas que la originan como de su solución. Tenemos injerencia directa tanto en las plantas productivas (fuentes estacionarias) como en los objetos productores de contaminantes como maquinaria y vehículos (fuentes móviles). Hay que diseñar pensando en eliminar o disminuir hasta donde sea posible la emisión de contaminantes, encadenando los esfuerzos que realizan de manera independiente los núcleos de investigación y el gobierno. Pensando en las repercusiones que la contaminación atmosférica ejerce sobre la salud, tenemos que preocuparnos por el diseño de equipos de seguridad, tanto para los usuarios como para la industria, que capten las emisiones en el lugar de origen y eviten su proliferación y expansión en el ambiente. Hay otra categoría que se refiere a los órganos sensoriales humanos que este mal ataca, que está en relación directa con nuestro planteamiento ergonómico. Los cinco órganos sensitivos se ven gravemente afectados por los diferentes tipos de contaminación antes señalados y por otros, aunque la vista y el oído, afectados por la contaminación visual y la auditiva, son los más preocupantes.

La contaminación visual es de carácter eminentemente urbano, porque es en las grandes ciudades donde se presenta con mayor profusión. Prácticamente es la materialización del diseño gráfico usado como el único medio comunicador entre grandes grupos sociales. Su uso es casi siempre publicitario y comercial y a pesar de sus buenas

intenciones iniciales (la comunicación) se transforma en contaminante por el exceso que manifiesta en todos los renglones; es decir, exceso de mensajes, lenguajes, idiomas, imágenes, formas, significados, colores, materiales, efectos visuales y luminosos, etcétera, que, ubicados en la vía pública, se perciben como una unidad bombardeante que acaba por saturar y agotar nuestra sensibilidad y percepción hasta llegar al límite de no ver y no entender lo que tantos elementos gráficos representan.

Este tipo de alteración ambiental obliga a los ergónomos a establecer más nexos prácticos y teóricos con el diseño gráfico, sobre todo porque la comunicación usuario-objeto es primordial, aun más cuando está integrada al entorno en que nos desenvolvemos. Por ejemplo, además de los múltiples anuncios publicitarios que existen en la vía pública, también hay señales de tránsito que pueden esconderse entre los primeros elementos, llegando a ocasionar problemas viales que pueden ser simples pero también llegar a ser accidentes de fatales resultados. Por esto la integración de la ergonomía con el diseño gráfico es urgente.

La contaminación auditiva también es de tipo urbano e industrial, donde el mal uso y abuso del sonido lo transforma en ruido (véase página 147). Las repercusiones negativas van desde el aturdimiento y la distracción hasta la sordera permanente.

Como los productores de sonido y ruido casi siempre son objetos de diseño industrial (véase el "Factor psicológico"), diseñadores y ergónomos debemos tomar con más seriedad los proyectos que tengan relación con este estímulo mecánico para evitarlo hasta donde sea posible.

*Basura **

Con base en su composición física, química y biológica la basura se clasifica en basura orgánica que es biodegradable, es decir, se descompone y desaparece fácilmente pues la tierra misma la absorbe, e inorgánica, que por el contrario no es degradable, lo que provoca que se acumule en exceso.

Otra clasificación la divide en desechos domésticos, industriales,

**Texto e ilustraciones de esta sección están tomados de *Envase y embalaje. Historia, tecnología y ecología*, de Ana María Losada, a quien agradecemos la autorización para reproducirlos aquí.*

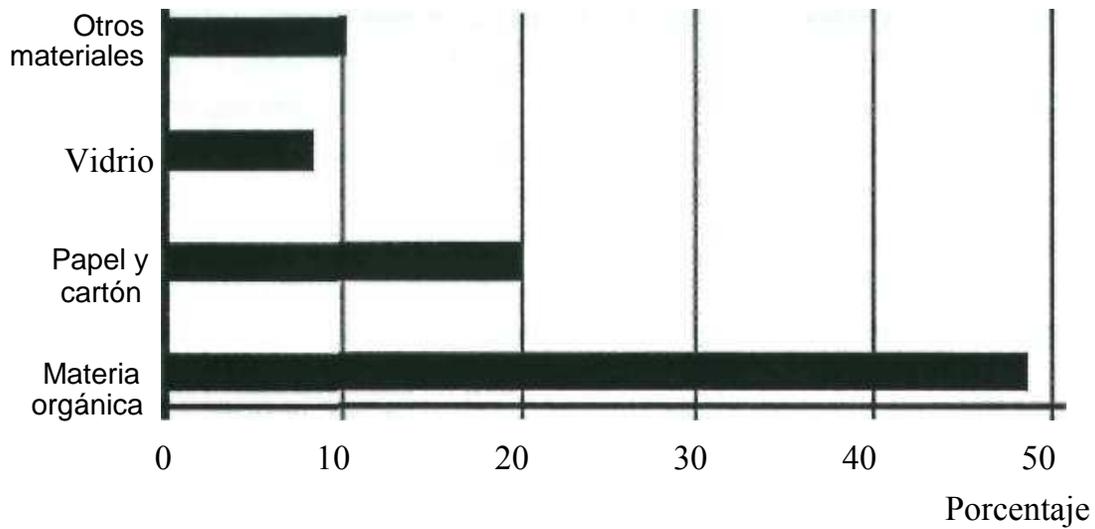


tabla i. Residuos sólidos urbanos (en porcentaje) en España.

de comercios y de áreas de servicios, aunque los dos primeros tipos son los más importantes. En estos tipos de basura se incluyen todos los materiales existentes, que recientemente han empezado a ser catalogados como reutilizables, reciclables y biodegradables.

Los materiales reutilizables son aquellos con los que se fabrican productos, como ciertos tipos de envase, que pueden someterse a un tratamiento especial y ser usados nuevamente, como las botellas de vidrio.

Los materiales reciclables son los que pueden procesarse para convertirse en materia prima de nuevos objetos, como el vidrio, el papel, el metal y muchos tipos de plástico.

Los materiales biodegradables son los que se deterioran rápidamente para incorporarse a la cadena biológica del medio ambiente.

A nivel nacional, el manejo de los desechos sólidos es uno de los problemas más graves a que se enfrentan los gobiernos municipales de



FIGURA 46. Codificación que indica reciclado o reciclabilidad. El primer símbolo indica que se trata de un envase reusable o retornable; el segundo que es un material reciclable, y el tercero que el envase o embalaje está

todo el país, pues de esto depende en gran medida la salud de la comunidad. Sin embargo, la producción de basura rebasa en mucho la capacidad y la calidad de su manejo posterior. Este proceso se compone de tres pasos: recolección, transporte y destino final. Estos tres pasos representan para nosotros verdaderos manantiales de problemas de diseño en los que debemos profundizar para intentar ofrecer alternativas de solución antes de que sea demasiado tarde. Desde luego, el éxito de cualquier empresa no depende sólo de nosotros sino de la unión entre sociedad, investigadores, gobierno y diseñadores, pues para hacer respetar cualquier mejora o reforma ecológica debe hacerse, además de un decreto oficial, un programa educacional.

Afortunadamente los diseñadores no sólo podemos colaborar para resolver los problemas derivados del manejo, sino en el diseño y producción de los objetos que finalmente serán desechados. Como vimos anteriormente la mayor parte de los productos que usamos y consumimos (sobre todo los perecederos) vienen empacados, y después de usado el producto siempre queda un envase o contenedor convertido en desecho, que se transformará en basura al final de su vida productiva.

Hay muchos aspectos en los que podemos trabajar para hacer productos con un ciclo de vida más saludable. Por ejemplo, hay materiales disponibles que se pueden usar en los envases para eliminar sustancias contaminantes. Como diseñadores podemos contribuir a la disminución o reducción en la cantidad de basura trabajando específicamente en el área de empaque, envase y embalaje, proponiendo usos alternativos para que no sean desechados de inmediato. Podemos diseñar con materiales reciclables, reciclados y biodegradables, por ejemplo materias primas naturales como las fibras vegetales para el empaque de algunos alimentos en sustitución de los plásticos. Hasta donde sea posible se pueden sustituir los plásticos por papel y cerámica, cuidando que ésta tenga un grado de cocción adecuado y un recubrimiento que no permita el desprendimiento de contaminantes metálicos dañinos para el organismo, como el plomo.

Desde el punto de vista meramente ergonómico, el cambio, nueva aplicación y reutilización de materiales en algunos objetos de diseños implica alteraciones en la relación usuario-objeto-entorno, aunque la función de estos objetos no sufra ninguna modificación. Por ejemplo, las bolsas de supermercado eran originalmente de papel. Luego aparecieron las plásticas, y aunque la función original de contener y transportar productos no cambió, el usuario ha modificado su rela-

ción con ellas, pues resultaron ser más resistentes y durables y se pueden utilizar muchas veces antes de ser desechadas definitivamente; por otro lado son nocivas para el ambiente.

El factor ambiental representa indudablemente un área viva para el trabajo del diseñador.

8. Factores objetuales

GENERALIDADES

Los diseñadores industriales manejamos términos y conceptos que, además de formar parte de nuestro vocabulario profesional, son propiedades materiales de los objetos. La transformación que sufre el concepto de diseño para convertirse en característica cualitativa o cuantitativa del objeto se da mediante el proceso creativo; es decir, en la etapa de diseño misma. En este momento todos los datos y cifras que se obtuvieron de la etapa de investigación (véase el capítulo 9) se mezclarán con los conceptos de diseño, y así se irá traduciendo uno a uno en líneas conformadoras del objeto hasta llegar a los resultados deseados.

DEFINICIÓN

El resultado material que se obtiene del proceso anteriormente señalado es lo llamamos características formales y propiedades del objeto, y que aquí llamaremos *factores objetuales*. Entre los factores objetuales más importantes, encontramos los siguientes:

- | | |
|---------------------|--------------|
| ■ Dimensión | ■ Tecnología |
| ■ Volumen | ■ Color |
| ■ Controles | ■ Forma |
| ■ Indicadores | ■ Textura |
| ■ Símbolos y signos | ■ Acabados |
| ■ Material | ■ Peso |

Estos factores objetuales en el análisis ergonómico nos ayudarán a determinar los parámetros y cualidades formales de nuestro objeto. Los factores objetuales pueden ser considerados los requerimientos particulares que el análisis ergonómico aportará al proyecto de diseño.

FACTORES OBJETUALES CONTRA FACTORES HUMANOS Y AMBIENTALES

Además de ser las propiedades cualitativas y cuantitativas de los objetos, los factores objetuales son también los puntos básicos donde se

presenta la ergonomía, es decir, los que mantienen una relación directa y material tanto con los usuarios como con el entorno. En el cuadro 14 mostramos de manera general cuáles son los factores humanos y los factores ambientales que se presentan en dicha relación.

cuadro 15. *Relación entre los factores objetuales y los factores humanos*

<i>Factores objetuales</i>	<i>Factor anatómico-fisiológico</i>	<i>Factor antropométrico</i>	<i>Factor psicológico</i>	<i>Factor socio-cultural</i>	<i>Factores ambientales</i>
Dimensión					
Volumen					
Peso					
Forma					
Controles					
Indicadores					
Material					
Acabados					
Textura					
Color					
Símbolos y signos					
Tecnología					

El cuadro 16 muestra qué factores humanos y factores ambientales influyen sobre cada uno de los factores objetuales y en qué momento.

Los factores objetuales definen tres funciones básicas de cualquier objeto o producto de diseño industrial. Bernd Lóbach denomina a éstas *función práctica*, *función estética* y *función simbólica*, y las define de la siguiente manera.

Función práctica

"Son funciones prácticas todas las relaciones entre un producto y un usuario que se basan en efectos directos orgánico-corporales, es decir fisiológicos" (Lóbach, 1981:55-56).

cuadro 16. Factores humanos y ambientales que influyen sobre los factores objetuales

	<i>Factores objetuales</i>	<i>Factor anatomofisiológico</i>	<i>Factor antropométrico</i>	<i>Factor psicológico</i>	<i>Factor sociocultural</i>	<i>Factor ambiental</i>
	Dimensión	Aparato locomotor: posiciones y movimientos	Antrop. estática: dimensiones A. dinámica: ángulos			Dimensiones del objeto de acuerdo a las dimensiones del espacio
	Volumen	Aparato locomotor y biomecánica: posiciones, movimientos y manejo de cargas	Antrop. estática y dinámica dimensiones y ángulos	Sistema visual Sistema somestésico Sistema vestibular		Consideración similar a la anterior
	Peso	Aparato locomotor y biomecánica: posiciones, movimientos y manejo de cargas y esfuerzos	Antrop. estática y dinámica dimensiones y ángulos	Sistema visual Sistema somestésico Sistema vestibular		
<i>factores objetuales</i>	Forma	Formas anatómicas y orgánicas	Antrop. estática y dinámica dimensiones y ángulos	Sistema visual Sistema somestésico		Considera las formas predominantes del espacio donde se ubicará el objeto
	Controles	Aparato locomotor: y biomecánica posiciones, movimientos y esfuerzos	Antrop. estática: Dimensiones, ángulos y alcances	Sistema visual Sistema somestésico	Convencionalismos para el manejo de controles	Iluminación, color y vibraciones
■ H	Indicadores	Aparato locomotor	Antrop. estática y	Sistemas visual,	Convencionalismos	Temperatura, ilu-

y biomecánica:
posiciones y
movimientos

Dinámica: somestésico, para entender dimensiones, auditivo y olfatorio la
información ángulos y alcances

minación, color, ruido y
vibraciones

Material

Sistemas visual,
somestésico, auditivo,
olfatorio y gustativo

Preferencias por
materiales natura-ales o
artificiales

Temperatura, humedad,
ventila-lación, iluminación,
color, ruido, vibración y
contaminación

Acabados

Sistemas visual,
somestésico, auditivo,
olfatorio y gustativo

Preferencias por
materiales natura-ales o
artificiales

Temperatura, humedad,
ventila-lación, iluminación,
color, ruido, vibración y
contaminación

Textura	Sistemas visual y somestésico,	Preferencias culturales	Iluminación, color, ventilación, v contaminación
Color	Sistemas visual y somestésico,	Preferencias culturales	Iluminación y color
Símbolos y signos	Sistemas visual y auditivo	Información convencional	Iluminación, color y ruido

Tecnología

Sistemas visual,
auditivo y
somestésico,

Comprensión y
aceptación de la
tecnología

Temperatura, humedad,
ventila-lación, iluminación,
color, ruido, vibración y
contaminación

Función estética

"La función estética es la relación entre un producto y un usuario, experimentada en el proceso de percepción" (Lóbach, 1981:56).

Función simbólica

"La función simbólica de los productos está determinada por todos los aspectos espirituales, psíquicos y sociales del uso" (Lóbach, 1981:62). Hay que aclarar que si bien es cierto que las tres funciones se pueden presentar en un mismo objeto, siempre habrá una que tenga prioridad sobre las otras dos. Es decir, habrá objetos eminentemente prácticos, otros con mayor carga estética, y unos definitivamente simbólicos. Estas funciones son las que delimitan el carácter conceptual del objeto.

FUNCIONES OBJETUALES Y FACTORES HUMANOS

Es evidente que de acuerdo con estas definiciones las tres funciones tienen una fuerte carga ergonómica. Sin embargo, aunque Lóbach habla de manera tan clara sobre la relación entre un producto y un usuario, nunca menciona la ergonomía como la disciplina que estudia estas relaciones. En el cuadro 16 se muestra gráficamente la relación que existe entre los factores humanos y las funciones que él mismo nombra.

CUADRO 17. Relación entre los factores humanos y las funciones de los objetos

<i>Factores humanos</i>	<i>Función práctica</i>	<i>Función estética</i>	<i>Función simbólica</i>
Factor anatómico-fisiológico			
Factor antropométrico			
Factor psicológico			
Factor sociocultural			

Es interesante observar que existe una clara similitud entre el cuadro 17 y los cuadros 15 y 16.

En el cuadro 14 vemos que el factor anatomofisiológico y el factor antropométrico sólo tienen influencia sobre los factores objetuales, que podríamos considerar prácticos y funcionales; precisamente al correlacionarlos con las funciones objetuales estos factores se circunscriben a la función práctica.

En estos cuadros el factor psicológico se hace presente en la definición de casi todos los factores objetuales, lo que ocurre porque desde el momento mismo de mirar un objeto se hace uso de él. Así pues, no es de extrañar que este factor se relacione con las tres funciones objetuales, aunque desgraciadamente su estudio y desarrollo dentro de la ergonomía aún están en una etapa elemental.

Finalmente, el factor sociocultural tiene que ver con los factores objetuales, que se relacionan con el comportamiento social y los convencionalismos; de ahí que este factor influya tanto a la función estética como a la simbólica. Sin embargo, dentro de la ergonomía poco se ha dicho al respecto, y los diseñadores industriales siguen manejando los estilos formales como resultado de sus gustos personales o de tendencias económicas.

GENERALIDADES

Antes creíamos que el diseñador sólo necesitaba un rayo de luz inspiradora para crear maravillas. Afortunadamente hoy sabemos que diseñar es una profesión que requiere de otras cosas además de papel, tinta y una superficie de dibujo. El diseñador debe inmiscuirse en mundos ajenos a él pero tan concretos como el campo de la producción, el mercado, los materiales, etcétera, y ante todo llegar hasta los dominios de los futuros usuarios. Pero para hacer esto y lograr un resultado óptimo hay que seguir un orden y una sistematización, por eso todo proyecto de diseño industrial tiene un proceso metodológico. Una de las dificultades principales de los estudiantes es que no saben qué datos ergonómicos necesitan ni cómo aplicarlos, y tampoco conocen la repercusión real que tendrá la ergonomía sobre el objeto. Así, la primer pregunta "ergonómica" que nos hacemos es: ¿dónde y cómo se integra la ergonomía en el proyecto de diseño?

Debemos recordar que una característica básica de todo objeto de diseño industrial es que debe ser usado por un ser humano. Partiendo de esta premisa estamos conscientes de que todo proyecto de diseño industrial incluye un capítulo de ergonomía. Antes podíamos pensar que si nuestro proyecto era una jaula para aves", ¡felizmente no había ergonomía!, pero ¿quién le va a dar mantenimiento a la jaula? ¿Quién va a alimentar a las aves? ¿Quién va a transportar la jaula cuando sea necesario? Por supuesto, el responsable de estas y otras actividades es un ser humano, y el responsable de considerar esto ergonomía es el diseñador industrial.

PROCESO METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO INDUSTRIAL

El modelo que aquí presentamos (véase cuadro 18) no pretende ser un método que garantice el éxito rotundo, porque cada proyecto y cada diseñador tienen sus propias necesidades y formas de trabajar. Simplemente queremos mostrar las etapas generales de todo proyecto y ubicar de modo gráfico y práctico el lugar donde hace su aparición la ergonomía.

Este proceso metodológico posee seis etapas relacionadas entre sí. La primera etapa a despejar invariablemente será la estructuración, que es donde se define el proyecto en general. Posteriormente se inicia la etapa de investigación, por cuyas divisiones se puede ir y venir tantas veces como sea necesario hasta considerarla concluida, para luego extraer los requerimientos, que se traducirán en líneas y formas en la etapa de diseño. Finalmente se llega a la etapa de realización, que es donde el objeto diseñado cobra vida. Es importante señalar que aun después de dar por terminada una etapa se puede regresar a ella hasta que el proyecto concluya satisfactoria y definitivamente.

También hay que recordar que el trabajo del diseñador es interdisciplinario y él es sólo un mediador entre diferentes profesiones y oficios, por lo que es necesario buscar asesoría adecuada para el tema que estemos desarrollando para poder ofrecer soluciones reales y profesionales. El diseñador sabe diseñar, pero no es un "todólogo".

cuadro 18. *Proceso metodológico de un proyecto de diseño industrial*

Proceso de diseño industrial

Proceso ergonómico

i. Estructuración

i. Delimitación del análisis ergonómico

a/ Planteamiento del problema

b/ Ubicación del problema c\

Justificación del problema d\

Definición del problema

ii. Investigación

2.. Perfil del usuario 3.

a/ Análisis ergonómico

Factores ergonómicos

b/ Análisis de productos existentes

Factores humanos Factores

c/ Análisis de mercado

ambientales Factores

d/ Análisis de la tecnología del producto

objetuales

e/ Análisis de materiales

f/ Análisis de procesos de producción

g/ Análisis de costos

h/ Análisis de la normatividad

ni. Requerimientos

4. Requerimientos ergonómicos

a/ Conclusiones de la investigación y puntos claves para el diseño y la conceptualización

iv. Etapa de diseño a/

5. Etapa creativa

Utilización de técnicas tridimensionales

- b) Selección de alternativas
- c] Desarrollo bi y tridimensional de los diseños elegidos

- d) Evaluación de alternativas
- e] Elección definitiva

6. Solución

v. Etapa de realización

- a] Realización bidimensional
- b] Realización tridimensional
- c] Etapa de simulación

7. Método ergonómico de simulación

- d] Etapa de correcciones

vi. Etapa de producción

- a] Producción del prototipo
- b] Comprobación del prototipo

8. Comprobación ergonómica del prototipo

Etapa de estructuración

En esta primera etapa el proyecto se define y particulariza, dando respuesta a los siguientes puntos (véase Anexo A):

a] Planteamiento del problema. Tema del proyecto. ¿Cuál es el problema que se debe solucionar?

b] Ubicación del problema. ¿Dónde se ubica físicamente el problema? La ubicación puede ser desde un macro hasta un microambiente.

c] Justificación del problema. ¿Por qué se busca una solución de diseño industrial para ese problema en específico?

d] Definición del problema. ¿Qué se va a diseñar?

Quien brinde dichas respuestas puede ser el profesor de diseño, el estudiante al plantear su proyecto o el cliente al solicitar los servicios del diseñador. Además de ser la base del proyecto, las respuestas también definen nuestro campo de acción y después nos permiten realizar la delimitación del análisis ergonómico.

Etapa de investigación

Según el texto de Raúl Rojas Soriano, *Investigación social. Teoría y praxis*, la investigación es "un proceso dialéctico en donde se pasa de un proceso específico a otro y pueden realizarse de manera simultánea dos o más procesos" (Rojas Soriano, 1988:50). Además, la finalidad de la investigación es llegar a elementos desconocidos que guían al planteamiento de hipótesis y posibles soluciones. Esta etapa es la par-

te medular del proyecto, pues es la que nutre de conocimientos al diseñador; se puede realizar a través de investigaciones bibliográficas (libros, revistas, videos), de campo (entrevistas, cuestionarios, observación) y experimentales (aplicación de métodos y técnicas específicos). En nuestro caso los "procesos específicos" son cada uno de los ocho análisis que forman parte de un proyecto de diseño industrial y aunque no son los únicos son los básicos:

a) Análisis ergonómico. Lo veremos en la página 174.

b) Análisis de productos existentes. Aquí se investigan todos los productos y objetos ya existentes que pertenecen al mismo tipo de mercado y categoría que nuestro futuro diseño. El fin es analizar los objetos que serán nuestra competencia directa, haciendo evidentes sus errores y aciertos para saber qué es lo que debemos aprovechar y evitar en nuestro diseño.

c) Análisis de mercado. El objetivo de todo diseñador y fabricante es que sus productos lleguen a manos de los consumidores. Por eso es necesario ubicar nuestro diseño en el tipo de mercado más adecuado para que su comercialización se realice sin dificultades.

d) Análisis de la tecnología del producto. Este apartado se enfoca a la relación función-tecnología, definiendo cómo y cuáles serán los medios y elementos tecnológicos que harán posible el funcionamiento del objeto.

e) Análisis de materiales. La manifestación tangible y objetiva de las ideas que el diseñador concibe como solución es la materialización, fenómeno que se realiza por medio de materias primas y componentes específicos que se seleccionan a partir de la función, ergonomía, mercado, proceso de producción y todo lo que afecte y delimite el proyecto.

f) Análisis de procesos de producción. Aquí se definen e investigan el o los procesos de producción ideales para la transformación de los materiales antes seleccionados y necesarios para elaborar o fabricar totalmente el objeto diseñado.

g) Análisis de costos. La aparición de este apartado depende del grado de complejidad del proyecto o de las exigencias del nivel que se esté cursando. Sin embargo es importante considerar este factor económico porque en la realidad el diseñador siempre se encontrará entre costos de producción, de mercado, precios totales, ganancias, pérdidas, etcétera.

h) Análisis de la normatividad. Para que cualquier producto pueda ser competitivo debe reunir ciertos requisitos que van desde lincamientos internos de la planta productiva hasta las normas oficiales mexicanas y las normas internacionales como ISO y din.

No existe un análisis o apartado más importante que otro; su jerarquización dependerá del tipo de proyecto que se trate. Tampoco hay un orden riguroso para su investigación; lo importante es llevar un seguimiento lógico y aceptar todos los datos que nos puedan ser útiles para tener un panorama más amplio de alternativas que a su vez nos permitan ofrecer soluciones con diversos enfoques.

Etapas de requerimientos

Cuando la etapa de investigación concluye debemos estudiar objetivamente la información recabada en cada uno de los ocho análisis para elegir la alternativa de solución más adecuada que cada uno nos ofrezca para las necesidades de nuestro proyecto. Es decir, debemos llegar a la síntesis de todo lo investigado para poder establecer finalmente los requerimientos de diseño.

Una definición dice que "el término requerimiento es sinónimo de restricción, especificación, consideración, variable, variables que limitan las alternativas del solucionador de productos" (Rodríguez, s.f.:52). En efecto, los requerimientos son la lista de enunciados que definen las características cualitativas y cuantitativas que deberán tener los objetos. Por esto, el diseñador no puede crear si no tiene en sus manos el listado de requerimientos que se irán traduciendo en líneas y formas durante la etapa de diseño, dándole carácter a los factores objetuales que ya vimos. Cada uno de los ocho análisis brindará sus propios requerimientos. Así, tendremos requerimientos ergonómicos, de mercado, de costos, de tecnología del producto, de materiales, de productos existentes, de procesos de producción y de normatividad.

Al sintetizar la información y enunciar cada requerimiento debemos tener cuidado en su redacción y en los datos que muestre. Por ejemplo, debemos decir: "el objeto tendrá, el objeto será", y no "el objeto puede ser, el objeto podrá tener", a menos que se tengan varias soluciones o rango de datos para un mismo requerimiento y su elección pueda ser indistinta.

De igual manera la información que se presente en cada requerimiento debe ser particularizada, por ejemplo: "1. La superficie principal será de madera de pino de primera de 3/4. 2. La superficie principal tendrá las siguientes dimensiones..." No deben mezclarse datos en un mismo enunciado, como "1. La superficie principal será de madera de pino de primera de 3/4 y tendrá las siguientes dimensiones..."

También debemos evitar la ambigüedad. No podemos decir: "el objeto será ligero", porque no tendremos parámetros para definir el término "ligero", así que debemos ser específicos y decir: "el objeto tendrá un peso máximo de 2.75 kg".

Todo esto parece obvio, pero al establecer requerimientos debemos ser claros pues habrá ocasiones en las que nosotros realicemos la investigación y establezcamos los requerimientos para que otra persona diseñe, o viceversa. En cualquier caso hay que evitar confusiones para que lo dicho en letra sea igual a lo dicho en líneas y formas.

Etapa de diseño

La etapa de diseño es la etapa creativa propiamente dicha. Para llegar a ella lo más conveniente es tener a la mano el listado de requerimientos y las mejores condiciones personales (estado de ánimo, tiempo, ambiente agradable y el material necesario) para poder vencer el primer obstáculo: el papel en blanco, que a fuerza de trazos irá cediendo y las ideas empezarán a fluir.

Solemos empezar a diseñar en forma bidimensional, esto es en bocetos, croquis o diagramas realizados con técnicas rápidas a mano alzada, por medio de una lluvia de ideas o cualquier otra técnica creativa, o por técnicas más complejas, como el uso de ciertos programas de computadora.

En la siguiente etapa algunas de esas ideas habrán de ser seleccionadas como posibles alternativas y se trabajarán más detalladamente. También se empezará a dimensionar el objeto y a manejar la escala más conveniente para facilitar su trabajo tridimensional.

De las alternativas elegidas anteriormente habrá que seleccionar finalmente una o dos, diferentes entre sí. La selección se hará con base en el concepto de diseño, el establecimiento de los requerimientos y sobre todo buscando que el objeto elegido sea el que mejor satisfaga la necesidad original.

Etapa de realización

Esta etapa es prolongación de la anterior, y algunas veces no se percibe sustancialmente el cambio entre ellas. Sin embargo, podemos distinguirlas porque en la etapa de diseño, además de que pueden existir varias posibles soluciones, éstas se trabajan de manera general. En la etapa de realización, por el contrario, se trabajan las alternativas con

mejores posibilidades de solución, pero de manera específica y detallada. Esto se logra definiendo dimensiones, materiales para los diferentes elementos, mecanismos y su funcionamiento, estandarización y modulación de piezas y otros aspectos. Para lograr la visualización de todos los detalles y características del objeto se elaboran planos en sus diferentes modalidades (vistas, cortes, detalles, isométricos, perspectivas), maquetas y modelos diferentes antes de llegar al prototipo.

Etapa de correcciones

Desafortunadamente en los proyectos que se realizan en las escuelas de diseño industrial nunca o casi nunca se realiza la etapa de correcciones, y se pasa directamente a la creación del prototipo, que da por terminado el proyecto.

La etapa de correcciones abarca dos momentos fundamentales:

a) Correcciones antes del prototipo. Se hacen después de haber realizado una simulación ergonómica (véase página 200) sobre material bidimensional para verificar los datos establecidos en la etapa de requerimientos. Si hay diferencias significativas deberán efectuarse las correcciones pertinentes sobre los planos hasta considerar adecuados los datos y características del objeto para finalmente pasar a la fabricación del prototipo.

b) Correcciones después del prototipo. Se hacen después de realizar otra simulación ergonómica, ahora sobre el prototipo. En esta etapa se revisarán los datos referentes a uso, función, estética, tecnología y producción; las correcciones pueden generar cambios en más de un área. Por ejemplo, se decide cambiar el material de una pieza; un mecanismo tiene que cambiar; el color debe cambiar de tono; las dimensiones deben ajustarse, etcétera.

Etapa de producción

Después de realizadas las correcciones finales, éstas deberán hacerse directamente en los planos de presentación y en los de producción. Aquí será donde se dé por terminado el proyecto, aunque sea momentáneamente si se trata de un proyecto profesional. Finalmente se hará la producción real, la cual debe estar a cargo de varios profesionales, entre los que el diseñador fungirá como director del desarrollo del producto y conciliador de ideas.

En este apartado nos dedicaremos al planteamiento y desarrollo del proceso metodológico de ergonomía, que llamaremos análisis ergonómico, y que tiene relación directa con el proceso metodológico de diseño industrial, que explicamos en la página 167.

Realizaremos el análisis ergonómico empleando el método deductivo, es decir, partiendo de datos generales y hasta obvios para llegar a información particular y específica con el fin de encontrar las soluciones más adecuadas para garantizar la eficiencia en el trinomio ergonómico o sistema usuario-objeto-entorno.

Este proceso inicia con la delimitación del análisis ergonómico dentro de la etapa de estructuración. En nuestro ejemplo el estudio ergonómico aparece en primer lugar dentro de la etapa de investigación, donde verdaderamente se desarrolla, pero eso no implica que siempre será así. Su ubicación real depende del tema y seguimiento de cada proyecto en particular.

Delimitación del análisis ergonómico

Con base en las respuestas de la etapa de estructuración podemos delimitar el estudio ergonómico; es decir, definir el sistema usuario-objeto-entorno básico, aunque sea de manera muy general. Con un poco de visión sabremos desde el planteamiento del tema de diseño quiénes serán nuestros usuarios, qué actividad realizarán y en qué entorno se dará la relación ergonómica. Así, del tema juguetes didácticos deducimos que nuestros usuarios serán niños y el entorno podrá ser una habitación infantil o un aula escolar. Si tenemos el tema enseres domésticos nuestro grupo importante serán las amas de casa y el entorno será un espacio específico de una casa.

Al preguntarnos cuál es la necesidad que debemos solucionar y cuál es su origen podemos determinar si es un problema ergonómico, de producción, de innovación tecnológica, para sustituir importaciones, cambios de material u otro diferente. Lo más importante será especificar si el proyecto será un diseño o rediseño, lo que determinará si debemos aplicar ergonomía preventiva o ergonomía correctiva (véase Anexo A).

La ergonomía preventiva se aplica al diseño de nuevos objetos o espacios. Prevee mediante la investigación, y antes de diseñar, todos los problemas y conflictos ergonómicos que puedan existir para que

estén solucionados cuando se llegue al prototipo definitivo. Para aplicar este tipo de ergonomía debe hacerse un estudio profundo de las características y necesidades del usuario, del entorno y de la actividad, utilizando tantos simuladores y modelos como sea necesario.

La ergonomía correctiva se usa principalmente para corregir y eliminar fallas de orden parcial y se presenta básicamente en tres casos:

a/ Cuando se tiene que rediseñar un producto para modernizar o corregir su uso, función o estética.

b/ Cuando se importan tecnologías y diseños que tienen que adaptarse a las características de los nuevos consumidores.

c/ Cuando se corrigen o eliminan fallas que han sido detectadas por los usuarios mismos con base en su experiencia. Este tipo de ergonomía puede definirse como "empírica o vernácula" porque la practican los mismos usuarios con ingenio, sentido común y con lo que tienen a la mano. Adaptan "su objeto" a sus necesidades y características; por ejemplo, colocan un banco o tarima para alcanzar un tablero de control o agregan cojines a un asiento para tener mayor altura y mejor visibilidad. Como diseñadores es necesario analizar las reparaciones hechas por los mismos usuarios porque nos pueden dar el camino para la mejor solución.

Perfil del usuario

El perfil del usuario es el primer punto del análisis ergonómico que debemos resolver dentro de la etapa de investigación. Es importante anotar que aunque hablemos del usuario de modo singular siempre nos referimos al 90 por ciento de la población. Del mismo modo que en el factor antropométrico, dejaremos fuera los extremos de la población.

Este perfil del usuario (veáse Anexo B), define el grupo poblacional que habrá de ser el usuario y consumidor final por medio de seis puntos claves que podemos determinar por medio de la investigación de campo (observación directa, encuestas y entrevistas):

a/ Tipo de usuario. Al diseñar no podemos dejarnos llevar por la idea de que el objeto a diseñar será usado por un solo tipo de usuario o una sola persona. Se debe entender que dependiendo de la complejidad del objeto o sistema de objetos, de la función, de la tecnología del producto, del entorno, etcétera, pueden establecerse diferentes relaciones ergonómicas. Un mismo objeto puede ser usado por varias personas o por la misma que realiza actividades diferentes. Así, debe haber tantos análisis de usuario como personas se interrelacionen con

nuestro objeto. Por eso es conveniente tomar en cuenta que después de haberse analizado otros aspectos de la etapa de investigación tal vez tengamos que regresar al perfil de usuario para abarcar la mayor cantidad de usuarios en nuestro proyecto. En general hay usuarios de dos tipos, que a su vez se derivan de dos formas de relaciones ergonómicas: el usuario primario y el usuario secundario.

Todo objeto tiene una función principal que satisface una necesidad real, por ejemplo, una silla es diseñada para sentarse, una sartén para cocinar y un taladro para perforar. Quien use el objeto tal y como fue creado y para lo que fue diseñado se convierte en un usuario primario. Hay objetos, como los sistemas de transporte o el equipo médico, que por su complejidad pueden tener varios usuarios primarios. Aquí se manifiesta la relación básica o primaria del sistema usuario-objeto-entorno, al que debemos prestar especial atención.

El usuario secundario comprende a todas las personas que tienen relación directa con el objeto, pero no a partir de su función básica sino a través de actividades esporádicas, aunque no menos importantes. Por ejemplo, el almacenista, el cargador, el vendedor o el comprador (que no necesariamente es el usuario primario). Es necesario considerar a éstas y a todas las personas que establezcan una relación ergonómica secundaria, porque nos obligarán a solucionar detalles tal vez menores pero que en su conjunto garantizarán el óptimo funcionamiento de nuestro diseño.

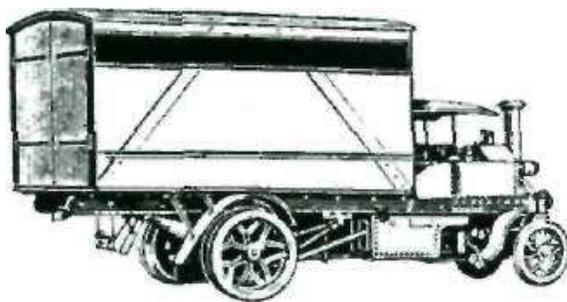


FIGURA 47. El transporte de los productos es una parte importante de la secuencia de uso.

Los dos tipos de usuario nos hablan de problemáticas específicas e igualmente importantes. Por ejemplo, para diseñar una licuadora el ama de casa será nuestra usuaria primaria y ella nos dará la información necesaria para definir las funciones de la licuadora, por ejemplo que el vaso se pueda tomar por el asa y verter su contenido sin lastimar la mano y la muñeca. Pero a la vez debemos pensar en el usuario secundario, que dará mantenimiento al mismo objeto y tendrá que cambiar piezas dañadas. ¿Cómo se tendrá acceso al motor? ¿Será fácil

el reemplazo de piezas? Aunque parezcan detalles pequeños debemos dar solución a todos para ofrecer un buen producto.

Para definir la cantidad y el tipo de los usuarios que estarán en contacto con el diseño primero debemos considerar las exigencias propias del proyecto y del grado que estemos cursando. Durante los primeros niveles suele hacerse énfasis exclusivamente en el usuario primario, pero en grados más elevados y ya en grados avanzados se tienen que estudiar las necesidades de todos los usuarios para globalizar el proyecto.

b/ Actividad del usuario. Paralelamente al tipo de usuario se encuentra la clasificación de todas las actividades que realizarán el o los usuarios con el o los objetos de acuerdo con su función. Como vimos en el inciso anterior, estas actividades se dividen en primarias y secundarias. Entre las actividades secundarias más comunes se encuentran la fabricación, limpieza, transporte, compra, ensamble, mantenimiento, almacenaje y venta del objeto. También se consideran secundarias las actividades que las personas realizan al usar el objeto para lo que no fue diseñado y que como diseñadores debemos prever. Por ejemplo, usar una silla como escalera o la mesa del comedor como burro de planchar.

c/ Ocupación. Se refiere a la ocupación económico-productiva que desempeña nuestro grupo de usuarios. Por ejemplo, estudiantes de bachillerato, obreros de la industria de la construcción, amas de casa o pilotos aviadores. Este dato es de gran utilidad sobre todo cuando el objeto será usado por un gremio en específico, porque la estructura y dimensión corporal dependen en gran medida del trabajo que las personas desempeñen; quienes realizan trabajos físicos poseen mayor masa muscular que las que desempeñan labores sedentes o intelectuales. De modo general, este punto da pauta para definir el mercado en el que habremos de colocar el producto diseñado.

d/ Sexo. El sexo se define para determinar las diferencias anatómofisiológicas, psicológicas y antropométricas de los usuarios, sobre todo cuando el objeto a diseñar será más usado por personas de un sexo en particular por cuestiones de función o por estética.

e/ Edad. Es conveniente especificar el rango de edad de nuestro grupo de usuarios para analizar las características y necesidades anatómofisiológicas, psicológicas y antropométricas propias de su nivel.

f/ Características físicas generales. Debemos especificar si nuestro grupo de usuarios padece o no de alguna anomalía física, sensorial y/o mental, tan simple como la miopía o tan compleja como un síndrome cerebral. Si esta discapacidad no interfiere ni altera la relación

ergonómica no es determinante. Por ejemplo, para el diseño de una silla no importa si los usuarios padecen daltonismo, pero al diseñar un tablero de control es primordial considerar las deficiencias visuales de los usuarios.

Factores ergonómicos

Del capítulo 3 al 8 vimos los tres factores ergonómicos: humanos, ambientales y objetuales. Aquí detallaremos su aplicación en un proyecto de diseño y sugerimos regresar al capítulo 8, donde se muestra con detalle el tipo de factor humano y ambiental que afecta específicamente a cada uno de los factores objetuales para corroborar la influencia que tiene la ergonomía sobre el diseño industrial.

Debemos estar conscientes de que los conocimientos científicos que apoyan y conforman la ergonomía no se convierten en tales sino hasta el momento mismo de aplicarlos en el diseño de un objeto o espacio. Los datos antropométricos son sólo cifras mientras no tienen aplicación, pero cuando esos números determinan las dimensiones de un objeto se transforman en datos ergonómicos; lo mismo pasa con los datos biomecánicos, de luminotecnica y con todos los demás: se convierten en datos ergonómicos únicamente cuando se traducen en factores o características propias de los objetos. Recomendamos que para profundizar en cada uno de los factores humanos, ambientales y objetuales se busque información en textos especializados, como los que se recomiendan en la bibliografía de cada capítulo.

FACTOR SOCIOCULTURAL

Comenzamos por el factor sociocultural porque tiene relación directa con el perfil del usuario, y sirve para ubicarnos en la realidad concreta del grupo de usuarios desde el punto de vista socioeconómico y cultural, con todas sus implicaciones. Es necesario considerar todos los aspectos que se tratan en el capítulo 6 y que hablan sobre el comportamiento de nuestros usuarios como grupo social y de las características que los distinguen de otras sociedades con el fin de que el producto diseñado tenga plena identificación con ellos.

De manera independiente de la complejidad del proyecto, recomendamos para el análisis de este factor que se apliquen las técnicas de la investigación de campo como observación directa y registro gráfico (fotografía y/o video) con el fin de detectar actividades, actitudes

y hechos sociales particulares, así como la elaboración y aplicación de encuestas y entrevistas personales como las que presentamos en el Anexo C para que sean los usuarios mismos quienes den testimonio de sus características, preferencias y necesidades socioculturales.

Al seleccionar y organizar el método de trabajo no debemos olvidar el objetivo del proyecto, porque es muy fácil perder el camino investigando cosas que no son tan importantes o que no tienen relación con el tema. Así, al elaborar el listado de interrogantes (véase Anexo C) hay que procurar que las respuestas nos den datos útiles sin caer en la trampa de inducirlas para que se parezcan a lo que queremos oír.

SECUENCIA DE USO

Una secuencia implica una serie de pasos ordenados que se siguen con algún fin. Ahora analizaremos una secuencia de uso (véase Anexo D), es decir, estudiaremos cada una de las etapas de uso de uno o varios objetos. La secuencia de uso puede considerarse como una simulación ergonómica, como se verá más adelante (véase página 200). Para estructurarla tendremos que remontarnos a la delimitación del análisis ergonómico (véase página 174) para saber si el proyecto será un diseño o un rediseño. Esto implica que hay dos opciones para la realización de la secuencia de uso:

Si se trata de un diseño, el planteamiento de la secuencia de uso será sobre la actividad misma sin considerar algún objeto en especial, utilizando la técnica de simulación ergonómica bidimensional y la de laboratorio.

Si es un rediseño la secuencia de uso se realizará teniendo como modelo al objeto que sea de nuestra competencia directa, y utilizaremos la simulación ergonómica tridimensional.

Debemos recordar que tenemos que hacer tantas secuencias de uso como usuarios hayamos definido en el perfil del usuario (véase página 175). Así, tendremos una secuencia de uso para el usuario primario y otras tantas para los usuarios secundarios. En cada una debe especificarse exactamente desde dónde vamos a empezar a hacer nuestro estudio. Por ejemplo, en la secuencia de uso del usuario primario el inicio puede presentarse en tres momentos diferentes:

- Desde la elección y adquisición el objeto deseado. . Desde su extracción del envase.
- Desde que empieza a usarse.

La mayor parte de los proyectos de escolares toman como punto

de partida este último caso, pero si iniciáramos el estudio desde cualquiera de los dos primeros haríamos evidente la aplicación de la ergo-nomía en el diseño gráfico, pues tenemos que relacionarnos con el envase, con el instructivo y con los gráficos que contiene. Además, el proceso de uso incluiría el armado o ensamblado de piezas si fuera necesario. Y todo esto serviría para darnos cuenta dónde se empieza realmente a diseñar un producto.

Para la secuencia de uso de los usuarios indirectos no tenemos tantas opciones, ya que entre éstos y los objetos se establecen relaciones ergonómicas más limitadas y rutinarias. Por ejemplo, la secuencia de uso de la persona que transporta o de la persona que participa en la fabricación del objeto será más sencilla, pues siempre hacen lo mismo y tienen etapas de uso identificadas por un diagrama de flujo; de modo que no será problema definir el inicio y el fin de su relación con el objeto en cuestión. Para el estudio de este tipo de usuarios debemos fusionar criterios de ergonomía de producto (o de diseño industrial) y de ergonomía industrial.

La finalidad de esta secuencia de uso es mostrar la interfaz o correlación que se establece entre el usuario, el objeto y el entorno. Después de definir el punto de partida para cualquiera de los usuarios haremos un relato de todas las tareas que implica la actividad total. Esta narración tiene que ser perfectamente detallada y lo más conveniente es respaldarla con material gráfico como fotografías o video. Aquí se desglosan de manera clara y objetiva los siguientes puntos:

- Componentes del objeto en uso.
- Características formales del objeto como peso, dimensión, etcétera.
- Frecuencia de uso de cada uno de los componentes del objeto.
- Características de las materias primas que forman parte de la actividad.
- Segmentos corporales que se relacionan con las partes antes mencionadas.
- Movimientos que realiza el usuario.
- Posiciones que adopta el mismo.
- Acciones sensoriales que intervienen en la relación.
- Características arquitectónicas del espacio.
- Características de objetos que se encuentren en el mismo espacio.
- Detección de factores ambientales que intervienen en la relación. En la secuencia de uso es importante verificar el "factor tiempo", que podemos dividir en tres tipos:
 - Cantidad de etapas o pasos que tienen que realizarse.

- Tiempo que dura cada paso.
- Tiempo total que dura la actividad.

Si nos dedicamos a disminuir todos o cualquiera de los tres puntos antes señalados podremos decir que estamos solucionando un problema ergonómico. Si la secuencia de uso original consta de ocho pasos y la reducimos a cinco o seis, tendremos un avance significativo y reduciremos el tiempo total de la actividad.

DETECCIÓN DE PROBLEMAS Y ACIERTOS DE USO

Al concluir la secuencia de uso debemos hacer una evaluación crítica y objetiva para detectar todas las dificultades y aciertos con los que se enfrenta el usuario al relacionarse con el objeto (véase Anexo E). En este punto es fácil detectar la diferencia entre función y uso. Por ejemplo, hay objetos que verdaderamente cumplen con la función para la que fueron diseñados: hay batidoras que baten y mezclan, que funcionan. Pero en la secuencia de uso podemos detectar si la batidora no tiene un contenedor adecuado, si las aspas son difíciles de limpiar, si al batir produce demasiado ruido y vibración y que se confunde el botón de encendido con el de cambio de velocidades; entonces simplemente concluimos que esa batidora no es fácil de usar.

La detección de los problemas es un proceso relativamente sencillo; si el objeto que nos sirve como simulador es nuestra competencia directa deberemos a toda costa evitar caer en las mismas fallas. Lo importante es delimitar responsabilidades para saber exactamente a qué se deben esos problemas y darles la solución adecuada. Casi siempre se presentan por la mala solución de la interfaz que existe entre los factores objetuales y los factores humanos y ambientales. Por ejemplo, el material produce alergia al usuario, la mala colocación de los controles provoca inclinaciones molestas al usuario, hay poca identificación visual de los indicadores debido a la mala iluminación, las dimensiones del objeto no correspondan a las del usuario, el objeto produce ruido, etcétera.

Para la detección de los aciertos tenemos que ser más cuidadosos, porque desgraciadamente estamos más acostumbrados a ver las cualidades negativas que las positivas. Así, deberemos considerar como un acierto cualquier detalle, característica o situación que haga que la relación sea agradable, cómoda, segura para el usuario, el objeto y el entorno, y que presente condiciones opuestas a las señaladas en el punto anterior.

Es cierto que en las escuelas existe el miedo a copiar diseños existentes, pero como todo está inventado, retomar una buena característica o solución de diseño debe hacerse con la intención de mejorarla. Si ya existe hay que aprovecharla.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES OBJETUALES

Después de definir los aciertos y los problemas en la secuencia de uso conocemos más a fondo el objeto. Ahora nos interesan básicamente dos puntos: la descripción de elementos internos y la ponderación de elementos internos.

Durante la descripción de elementos internos desarmamos el objeto en para conocer las características y cualidades de cada una de sus piezas. En el Anexo F mostramos el esquema de la descripción; los puntos a definir son los que en el capítulo 8 llamamos factores objetuales:

- Número de identificación de la pieza.
- Dimensiones.
- Nombre de la pieza.
- Cantidad de piezas iguales.
- Peso.
- Material. • Acabado.
- Función que desempeña.
- Frecuencia con que se usa cada pieza.
- Textura.
- Color.

Durante la ponderación de los elementos internos debemos relacionar todas las piezas entre sí con la finalidad de determinar su importancia dentro de todo el sistema, jerarquizarlas y definir cuáles son primordiales, sustituibles o eliminables, como se muestra en el Anexo G.

Si en la actividad que se realiza intervienen materias primas que tienen que ser transformadas y que generan algún tipo de desecho, como alimentos o productos químicos, también tienen que incluirse en la tabla de ponderación para ver exactamente con cuántas y cuáles piezas están en contacto directo y poder hacer la mejor elección del material.

INTERFAZ ENTRE FACTORES OBJETUALES, HUMANOS Y AMBIENTALES

En la ponderación de elementos internos pudimos distinguir la importancia de cada una de las piezas del objeto de acuerdo con su fun-

ción y con su participación dentro del sistema. Ahora, para poder distinguir su importancia de acuerdo con la relación ergonómica tenemos que relacionar estas piezas con el usuario y con el entorno mostrando su interfaz (véase Anexo H). Así, de la secuencia de uso extraeremos cuatro puntos:

- Pieza o elemento del objeto.
- Segmento corporal con que se relaciona cada pieza.
- Órgano sensorial con el que se relaciona cada pieza.
- Factor ambiental con el que se relaciona cada pieza y el usuario.

En este punto tenemos relación con los factores anatomofisiológico, antropométrico, psicológico y ambiental.

FACTOR ANATOMOFISIOLOGICO

Como vimos en el capítulo correspondiente al factor anatomofisiológico nos interesan particularmente tres puntos que deduciremos de la secuencia de uso y ordenaremos como se muestra en el Anexo I:

- Segmentos corporales que intervienen en la actividad.
- Posiciones que adopta el usuario.
- Movimientos que realiza cada uno de los segmentos corporales en cada posición.

La finalidad de identificar el segmento corporal que interviene en cada uno de los pasos es delimitar la investigación; por ejemplo, si con el objeto sólo se relacionan la mano y el brazo no tendremos necesidad de investigar datos del pie o de la cabeza.

Para el análisis de las posiciones y movimientos es valioso el reporte gráfico que se pide en el anexo correspondiente a la secuencia de uso, y si se cuenta con una grabación en video la información será más completa, además de que se puede revisar tantas veces como sea necesario. Recordemos que las fotografías y el video tienen que tomarse en cualquiera de los tres planos corporales que más información brinda (véase página 48). Para la evaluación de las posiciones y movimientos corporales debemos remitirnos a los puntos correspondientes al movimiento corporal (véase página 71) y a las posturas y movimientos (véase página 72), para definir qué tan naturales y óptimas son las posiciones y movimientos del usuario.

En caso de que alguna postura o movimiento presente problemas podemos solucionarlos investigando y aplicando los métodos más adecuados que se encuentran en los textos recomendados en los capítulos 1, 5 y 11. En el área de la ergonomía industrial se utilizan algunos mé-

todos de evaluación biomecánica como el mapeo del cuerpo, el método rula, el owas y otros para el manejo y levantamiento de cargas. En el Anexo I hay una lista de los problemas que debemos seguir analizando por medio de alguno de estos métodos especiales.

FACTOR ANTROPOMÉTRICO

En el capítulo 8 vimos cómo el factor antropométrico influye directamente sobre la dimensión, volumen, peso, forma y ubicación de controles e indicadores en cualquier objeto, es decir que para poder dar estas características al diseño primero tenemos que conocer dimensionalmente al grupo de usuarios.

Para el análisis de este factor proponemos tres etapas:

- Etapa de programación.
- Muestreo antropométrico. • Tratamiento estadístico.

Etapa de programación

Como mencionamos más arriba, no es conveniente perdernos en mares de información, por lo que es primordial tener bien claro y definido el objetivo de la investigación. La información tiene que ordenarse de acuerdo con los siguientes aspectos:

a) De la interfaz entre factores objetuales, humanos y ambientales (véase Anexo H) se extraen las dos primeras columnas, que se refieren a las piezas que forman parte del objeto y a el o los segmentos corporales que intervienen en la actividad y que son los que vamos a medir. Usaremos esta información para producir los datos del Anexo J, que llamaremos selección de antropometría.

b) En el Anexo J se relacionan las dos columnas antes mencionadas para definir el tipo de antropometría que brindará la información correspondiente. Esta selección antropométrica se hace de manera semejante al cuadro r 5 en el cual se especifica el tipo de medición que necesitamos; bajo el recuadro de antropometría estática pondremos las dimensiones que necesitamos como estatura, longitudes, anchos, alcances, etcétera, y bajo el de antropometría dinámica especificaremos si necesitamos tipo y rango de movimientos o esfuerzo corporal.

c) De la selección antropométrica (Anexo J) extraeremos la información necesaria para la elaboración de las cédulas antropométricas (estática y dinámica) que presentamos en el Anexo K. Ambas cédulas

deben ser independientes con el fin de no mezclar datos ni confundir información, y se deberá preparar una cédula por cada sujeto que se vaya a medir.

d/ La cédula antropométrica (Anexo K) es una hoja de registro conformada por tres partes fundamentalmente:

- Recuadro de datos generales. Estos datos sirven para identificar y personalizar la información, aunque generalmente el nombre de las personas se omite. El resto de los datos se muestra en el anexo correspondiente.

- Cuerpo de la cédula. En este renglón se anotan todas las medidas que se toman y estas cifras se conocen como "datos crudos".

Para la cédula de antropometría estática se procura que los datos vayan en el siguiente orden: medidas en posición de pie, en posición sedente y medidas especiales (mano, pie y cabeza). Estas dimensiones forman parte de la batería antropométrica.

En la cédula de antropometría dinámica (goniometría) las mediciones irán de las articulaciones más grandes a las más pequeñas. Por ejemplo, en mediciones del brazo y mano, primero se medirán los ángulos de movimiento del hombro, después del codo, de la muñeca y finalmente de los dedos.

- Recuadro de observaciones. En este recuadro se hacen anotaciones correspondientes a la hora del día en que se realizó el muestreo; parte del cuerpo que se midió; si la persona padece alguna discapacidad o tiene algo que la distinga del resto del grupo; si se tuvo que omitir alguna medida; si las personas usaron zapatos durante la medición; la altura del tacón, y el nombre del antropometrista.

e/ En el perfil del usuario (Anexo B) debe especificarse el grupo po-blacional para el que se diseñará; de esa población total extraeremos un porcentaje por medio del análisis estadístico adecuado (que podemos investigar en bibliografía especializada) con base en las necesidades del proyecto. Este grupo se llamará grupo representativo. Para que esta muestra sea significativa debemos elegir aleatoriamente al grupo de personas, buscando una variabilidad real en la que existan personas pertenecientes a todo el rango de percentiles, incluyendo medidas extremas (percentil 5 y 95) con el fin de obtener datos representativos del 90 por ciento de la población. De esta manera el muestreo antropométrico puede ser tan general o tan específico como necesitemos.

/] Se estipularán los parámetros de la medición, que deberán ser constantes a lo largo del muestreo, como hora del día (de preferencia el turno matutino); lado del cuerpo a medir (de preferencia el izquierdo);

número de personas a medir por sesión. Estos datos deberán agregarse a la cédula antropométrica (Anexo K) en el recuadro "observaciones", g] El equipo de medición utilizado, además de ser de buena calidad y precisión, deberá ser portátil, ya que la mayoría de las veces será necesario trasladarse hasta el lugar donde se encuentran las personas que van a ser medidas. El equipo más común debe contar con los siguientes instrumentos:

- Cédula antropométrica.
- Antropómetro portátil tipo Martin.
- Báscula.
- Flexómetro.
- Cinta métrica.
- Goniómetro.

h] Deberá definirse el equipo de antropometristas, tomando en cuenta que lo ideal es tener tres grupos o "postas" para los muestreos de antropometría estática: uno para las dimensiones de pie, otro para las de posición sedente (cada uno con su antropómetro) y otro para las dimensiones especiales, para las que utilizarán calibradores.

Cada grupo o posta tendrá dos personas: una de ellas realizará la medición y la otra supervisará la posición del instrumental y de la persona que está siendo medida y anotará las cifras en la cédula correspondiente. Para evitar errores es conveniente que los antropometristas realicen las mismas mediciones usando el mismo equipo de medición y la persona responsable del muestreo periódicamente repita algunas de las mediciones para corroborar los datos y verificar la técnica empleada.

Si queremos crear una base de datos antropométricos para investigación general las personas que van a ser medidas podrán estar vestidas con ropas muy ligeras para obtener datos cercanos a sus características físicas. En este caso agregaremos al grupo de antropometristas una persona que se dedicará a marcar en la piel los puntos a medir. Pero si queremos datos aplicables a condiciones o diseños concretos, los sujetos a medir deberán estar vestidos con su ropa normal o de trabajo, para obtener medidas más cercanas a su realidad cotidiana.

El lugar donde se realizarán las mediciones deberá ser espacioso, bien iluminado, ventilado, aislado del ruido y con absoluta privacidad.

Muestreo antropométrico

Para la obtención de datos antropométricos estáticos y dinámicos contamos con métodos, técnicas de medición e instrumental propios que se

debe respetar para que los resultados sean confiables y válidos. Para ello se tiene que seguir una serie de consideraciones previas que garantizan en buena parte el éxito de los muestreos. Las técnicas de medición deben realizarse con cuidado siguiendo algunas recomendaciones para tener el mínimo de errores.

a/ Tener bien definidos a los grupos de medición o postas y las posiciones que medirán; aparatos propios, limpios y bien calibrados; suficiente espacio y privacidad.

b/ Antes de realizar la medición es prudente citar y reunir al mismo tiempo a todas las personas que van a participar en el muestreo ese día para explicarles los motivos de la investigación y el procedimiento de la medición. Si los sujetos a medir son niños es recomendable convocar a una junta de maestros y padres de familia para que den su autorización y apoyo en el muestreo.

c/ Para realizar la medición propiamente dicha, se debe seguir la secuencia siguiente:

técnica para antropometría estática, a/ La persona que va a ser medida pasará con el encargado de localizar los puntos óseos y éste los marcará en orden descendente (sólo en caso de muestreos para investigación general).

b/ Si la persona va completamente vestida, pasará directamente a la estación de posición vertical.

c/ Una vez marcados los puntos, la persona pasará a la estación de posición vertical y será colocada en la posición estándar erecta: cuerpo recto, hombros relajados, brazos descansando con soltura a ambos lados del cuerpo y piernas y talones unidos, con las puntas de los pies separados formando entre sí un ángulo de 45°. La cabeza estará orientada en el plano de Francfort (véase figura 48). Las medidas se tomarán de la cabeza a los pies en el siguiente orden:



figura 48. *El plano de Francfort se usa en la medición antropométrica. Una línea horizontal imaginaria pasa por el borde superior de la oreja y el vértice del ojo.*

- i. Peso.
2. Estatura.
3. Alturas.
4. Anchos.
5. Profundidades.
6. Longitudes.
7. Alcances.
8. Perímetros.

d\ La medición deberá ser rápida para evitar que la persona cambie de posición y se fatigue. Es conveniente tener una perfecta sincronización entre el medidor y el apuntador para que este último revise los detalles y esté pendiente de los cambios del instrumental y del sujeto.

e\ Una vez tomadas las medidas de pie la persona pasará a la estación de posición sedente, en donde adoptará la posición estándar sentada: tronco recto, cabeza orientada en el plano de Francfort,

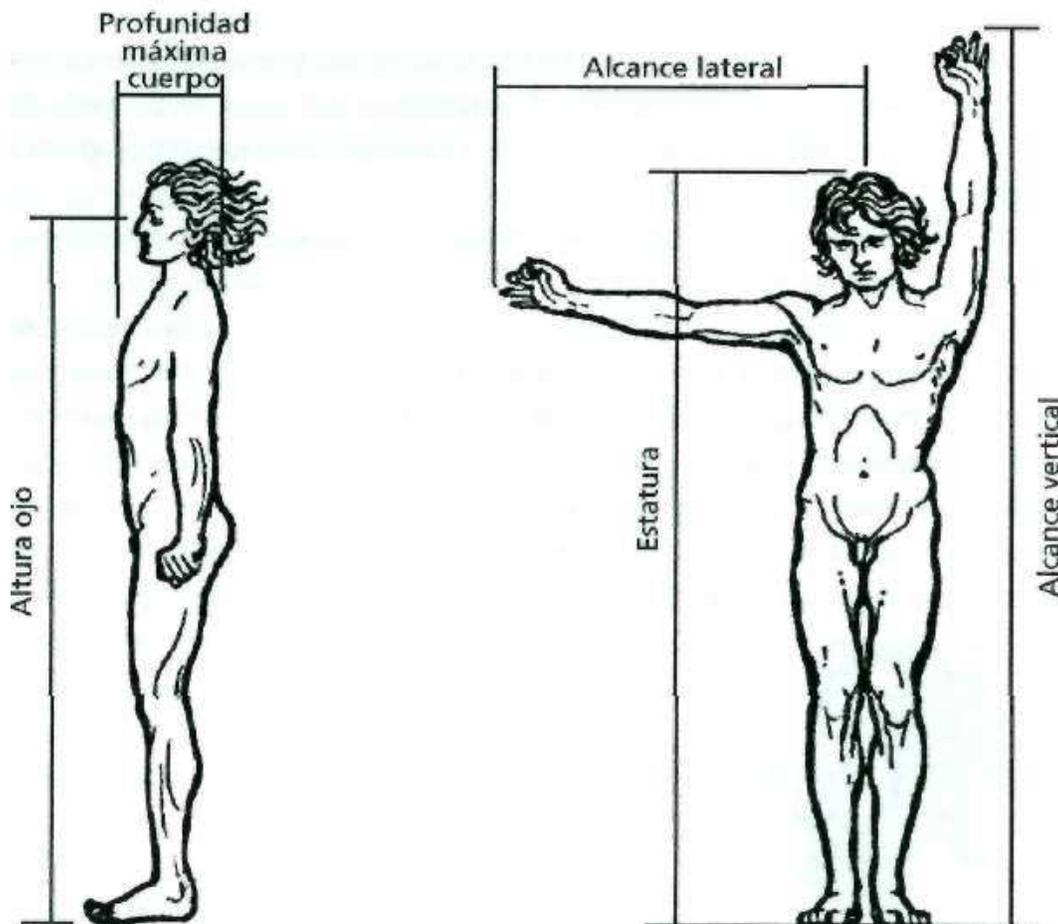


figura 49. Esquema donde se muestran algunas de las principales medidas antropométricas. La medición se diseña de acuerdo con las necesidades específicas de cada proyecto.

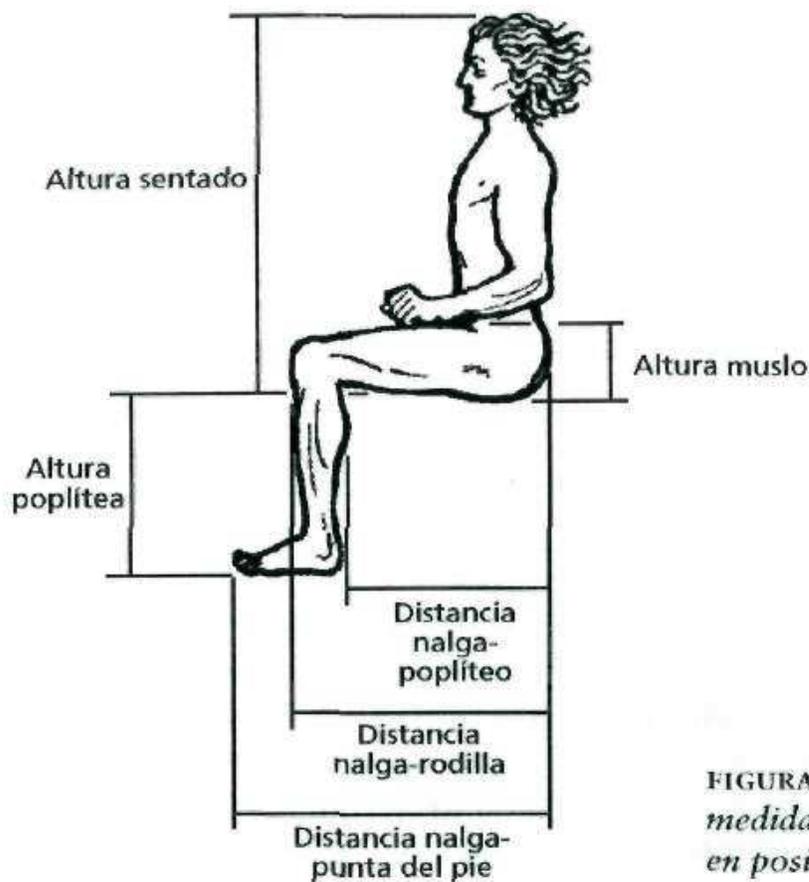


FIGURA 50. *Algunas medidas antropométricas en posición sedente.*

hombros relajados, brazos descansando a ambos lados del cuerpo y manos apoyadas sobre el primer tercio de los muslos. Los muslos deberán formar un ángulo recto con el tronco y la región poplítea deberá estar separada del borde del asiento. Los pies deben estar apoyados sobre una superficie que permita al pie formar un ángulo recto con la pantorrilla sin mover el resto del cuerpo. Aquí las medidas también se tomarán rápidamente, en forma descendente y en el siguiente orden:

1. Estatura.
2. Alturas.
3. Longitudes.
4. Anchos.

/] La toma de medidas especiales puede hacerse durante el tiempo en que las personas esperan para iniciar las mediciones de pie o en el intervalo entre éstas y las mediciones en posición sedente, pues las últimas llevan más tiempo.

g/ Al finalizar el muestreo se proseguirá el tratamiento estadístico con el fin de traducir los datos crudos en percentiles.

técnica para ANTROPOMETRÍA dinámica. Como se menciona en el capítulo 4 la antropometría dinámica se relaciona con la biomecánica al medir la capacidad de movimiento (goniometría) y con la ergo-metría al medir los esfuerzos del aparato locomotor. Aquí hablaremos de la técnica de la goniometría, pues está menos difundida en el área del diseño y porque para medir la fuerza corporal podemos utilizar algunos de los métodos que se presentan en la bibliografía del capítulo 4, utilizados en ergonomía industrial.

Es necesario mencionar que la mayor parte de los datos que existen sobre goniometría pertenecen al área médica, y utilizan como puntos de referencia de valores "normales". Sin embargo no se han realizado muéstreos ergonómicos significativos de este tipo, y no existen registros como los de la antropometría estática. Por esta carencia proponemos que en las escuelas de diseño se realicen, como práctica escolar, muéstreos de ambos tipos de antropometría para compararlos con los trabajos de medicina y verificar la "normalidad" de nuestra población.

Las mediciones de antropometría dinámica (goniometría) se pueden realizar al mismo tiempo que las de la estática; sólo habría que agregar una posta o estación de medición para los rangos de movimiento.

Los movimientos que realiza cada segmento corporal se manifiestan de manera radial o angular en una, dos o tres dimensiones dependiendo del tipo de articulación que se trate. Estos rangos se pueden medir en posición vertical, sedente, decúbito supino o en cualquier otra que se requiera.

A continuación exponemos la técnica de medición goniométrica que se utiliza en el campo de la reumatología, traumatología, ortopedia, rehabilitación y en dictámenes y peritajes médicos realizados por el imss para utilizarla, con algunas modificaciones, como base de los muéstreos antropométricos para ergonomía.

Para medir el ángulo de movilidad de las articulaciones de las extremidades, se recomienda proceder como sigue:

i] Se considerará el ángulo de movilidad normal de la articulación en estudio como punto de referencia.

2] Se medirá el ángulo máximo en los movimientos activos y pasivos.

3] Se comparará la medición efectuada con los valores medios considerados como normales.

4] Se comparará esta medición con la movilidad de la articulación simétrica.

5] En caso de no existir articulación opuesta por amputación, el grado de movimiento se comparará con el arco de movilidad de una

articulación normal de un sujeto de la misma talla y edad o utilizando otro ángulo de movilidad de otra articulación de los dedos en el mismo sujeto.

6] Se calculará el déficit de la movilidad articular en relación con los valores normales.

7] Si al efectuar la medición se produce dolor a nivel articular se hará la maniobra con el mayor cuidado posible, en la posición más cómoda para el paciente, considerando que el momento en que se produce dolor o se llega a un tope será el límite para la evaluación.

Para efectos de medición es conveniente conocer los tipos de articulaciones existentes, su función y su mecánica combinada" (imss, s.f.:5).

Las modificaciones que creemos pertinente hacer a la técnica anterior se fundamentan en que el método presentado tiene la finalidad de comparar el grado de movilidad de una sola persona (paciente) con unos rangos establecidos previamente y que se consideran como "valores normales". En cambio, en el muestreo antropométrico para ergonomía no existirán tales comparaciones individuales, ya que la finalidad del muestreo es conocer las características físicas de la población, definir después del tratamiento estadístico cuáles son los "valores normales" de esa población en particular para crear una base de datos, y posteriormente realizar dichas comparaciones con los registros médicos como mero dato informativo. Otra gran diferencia es que este método permite que la medición de referencia se tome a otra persona de la misma edad y talla en caso de que el paciente carezca de algún segmento corporal; en cambio, en la antropometría estática no se pueden comparar dimensiones entre sujetos, pues aunque dos personas tengan la misma edad y talla o estatura casi nunca serán idénticas las dimensiones del resto de su cuerpo, y menos aún los grados de movilidad, ya que éstos también están determinados por las cualidades físicas individuales.

El método médico se realiza con fines clínicos y de diagnóstico sin considerar la relación de la persona con el entorno. Por su parte, las mediciones goniométricas para ergonomía tienen la intención de aplicarse en el diseño de objetos y espacios, por lo que tenemos dos alternativas para la realización de las mediciones, la realización de un muestro de antropometría dinámica y la realización de mediciones goniométricas con relación a un objeto como parte de una simulación.

a] Realización de un muestreo de antropometría dinámica para crear una base de datos, midiendo cada una de las articulaciones corporales en todos sus tipos de movimiento, en sus diferentes posturas y

posiciones pero sin considerar la relación del usuario con los objetos. Para este tipo de muestreo hemos diseñado una técnica modificada:

i] De manera semejante al muestreo de antropometría estática, se consideran los puntos referentes a la etapa de programación.

2] Se pueden clasificar las mediciones por posturas: vertical o de pie, sedente, acostado o decúbito supino y cada una se medirá en una posta diferente.

3] Se medirá el ángulo máximo en cada articulación, considerando sus movimientos activos y pasivos normales.

4] Si al efectuar la medición se produce dolor a nivel articular o se llega a un tope, ése será el límite para la medición.

5] Al dar por terminado el muestreo realizará el tratamiento estadístico con el fin de traducir los datos crudos en percentiles.

6] Finalmente se podrá hacer una comparación entre los resultados de nuestro muestreo con los de los registros médicos que se consideran como "valores medios normales".

La realización de las mediciones goniométricas en relación con algún objeto como parte de una simulación se abordará en la simulación ergonómica (véase página zoo), que nos dará pie para las pruebas de ajuste.

medición goniométrica. Para la medición goniométrica se emplea un goniómetro, que puede ser de círculo completo, de semicírculo o de regla doble; su lectura se da en grados, igual que un transportador. La forma de utilizarlo es la siguiente:

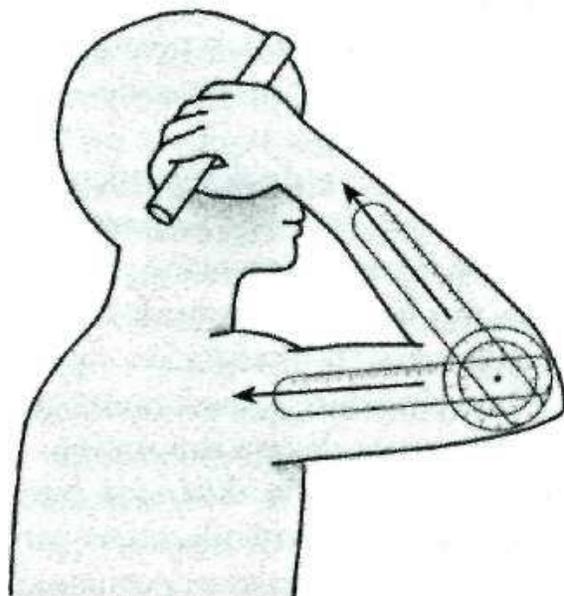


figura 51. *Ejemplo de medición goniométrica.*

a/ El goniómetro posee dos regletas: una fija que tiene grabado un transportador de 180° y otra móvil que sólo tiene una línea que funciona como guía.

b/ Para la medición propiamente dicha se pide al sujeto que se coloque en la posición deseada y que mueva el segmento corporal elegido hasta donde se requiera (movimiento máximo o movimiento necesario para la actividad que se esté simulando).

c/ La regleta fija se coloca sobre la parte del cuerpo que se mantiene estática y la móvil se ubica sobre el segmento corporal que se giró, procurando que las partes mencionadas coincidan sobre la parte media de cada miembro.

d/ En ese momento la línea guía quedará sobre algún punto del transportador, y ésa será la medida que se reportará a la cédula correspondiente como dato crudo.

Tratamiento estadístico

Cuando se da por terminado el muestreo antropométrico (estático o dinámico), se realiza el tratamiento estadístico. Los datos recabados en las cédulas (datos "crudos") se clasifican y dividen en grupos de porcentaje, fracciones porcentuales o percentiles.

El percentil es un valor dentro del rango de mediciones que indica el porcentaje de la población que tiene una medida inferior. Así, el percentil significa que el 20 por ciento de la población tiene una medida menor y el 80 por ciento una mayor.

Un supuesto sensato acerca de los datos antropométricos es que siguen una distribución normal —en el sentido probabilístico—, o sea que una "campana de Gauss" sirve para describir su densidad. Por criterios estadísticos suele prestarse atención sólo al rango entre el percentil 5 y el 95, es decir un rango centrado en la media que abarca el 90 por ciento de la población. El percentil 5 da información sobre las personas pequeñas (sólo 5 por ciento de la población tiene una medida menor que ese percentil), el percentil 50 sobre las personas medianas y el percentil 95 sobre las grandes.

Para el uso de los percentiles existen varias recomendaciones que es prudente seguir, porque desgraciadamente al aplicar los datos antropométricos en el proyecto de diseño usamos los percentiles sin discriminación y sin saber exactamente cómo se calculan.

1] La escala centilar no es una escala ordinaria; así, la variación entre los intervalos no es regular y puede registrar variaciones signifi-

cativas. Esto quiere decir que si en la tabulación encontramos que el percentil 25 equivale a 1400 mm y el 30 corresponde 1430 mm, el intervalo entre otros dos percentiles que difieran en cinco puntos porcentuales, por ejemplo los percentiles 45 y 50, no tiene que ser igual a 30 mm.

21 Los percentiles se refieren solamente a una dimensión corporal. Al dividir el cuerpo en varias partes para medirlo, cada uno de estos segmentos de una misma persona, ya dimensionado, puede quedar ubicado en un percentil diferente dentro de la tabulación. Por ejemplo, una persona puede tener una estatura que se ubica en el percentil 35, con un ancho de espalda en el percentil 40 y un largo de mano en el percentil 30. Por tal motivo, debemos utilizar las tablas antropométricas con cuidado para no cometer el error de creer que todas las medidas de la misma persona o grupo de personas pertenecen necesariamente a un mismo percentil.

3J La suma de los valores de varias dimensiones no da como resultado el mismo percentil. Es decir, si una persona tiene un largo de mano perteneciente al percentil 80 no significa que el largo de palma más el largo de dedos deban tener valores tales que sumados den el percentil 80.

4] No se debe usar el percentil 50 ni el promedio para la aplicación de los valores en el diseño, sino el percentil 5 y el 95, lo que garantiza que se considere el 90 por ciento de la población.

5I Los datos o percentiles de un muestreo no se pueden tomar como valores universales. Por ejemplo, si en un muestreo donde participaron 500 personas se obtuvo como resultado que la estatura de 1560 mm pertenece al percentil 70, no podemos deducir que en cualquier grupo las personas que tengan esa estatura serán del mismo percentil. Los valores estadísticos varían de acuerdo con la cantidad de personas que participan en la medición y con la muestra seleccionada.

Para el tratamiento estadístico existen dos procedimientos; la diferencia básica entre ambos es que en el primero de ellos se calculan los percentiles de todos los sujetos que participaron en el muestreo, mientras que en el segundo, que es una versión simplificada, sólo se calculan los valores referentes al percentil 5, 50 y 95. Aquí presentaremos ambos caminos haciendo hincapié en que no se profundiza en datos estadísticos, para lo cual recomendamos recurrir a los textos especializados. Ambos procedimientos pueden llevar a cabo de manera tradicional o en la computadora, utilizando Excel o un programa similar.

Versión a (completa)

i. Se elige la población de acuerdo al mínimo de individuos que la conformen se decide si se toma a la población completa o si se define una muestra representativa de este grupo, de manera aleatoria (número de sujetos que serán medidos, n).

i. Se elabora la cédula antropométrica correspondiente.

3. Se realizan las mediciones.

4. De las cédulas se extraen los datos crudos, representaremos como que X_{it} donde i va de 1 a n valores que X_{it} , con t desde 1 hasta n .

5. En una hoja de cálculo se ordenan con la misma numeración de las cédulas todos los datos crudos de una misma medida.

6. Se calcula la suma de todos los datos crudos.

$$\sum_{i=1}^n X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_n.$$

7. Se saca la media o promedio, \bar{X} :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}.$$

8. Se calcula la desviación estándar, σ , que es una medida de dispersión, es decir, indica el grado de variación de los datos respecto de la media:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

Nótese que se debe calcular la desviación de cada dato respecto de la media, elevarse al cuadrado esa cantidad y después sumar esos cuadrados.

9. Para ubicar los valores en una curva normal debemos distribuirlos en torno a la media o promedio. Tomando este punto de referencia se colocan hasta tres desviaciones estándar a cada lado para abarcar casi todos los datos observados.

■ Entre $X - \sigma$ y $X + \sigma$ debería estar el 68.26 por ciento de la población; las mediciones que aparecen en ese rango se llaman observaciones centrales.

■ Entre $X - (2\sigma)$ y $X + (2\sigma)$ debería estar el 95.45 por ciento de la población; este rango es un parámetro de "normalidad".

• Entre $\bar{X} - (3 \times \sigma)$ y $\bar{X} + (3 \times \sigma)$ debería estar casi el total de la población.

10. Se calcula el valor Z_i , que tiene por unidad a la desviación estándar:

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

Ésta es una unidad absoluta, es decir, sirve lo mismo para mediciones en mm que en m.

ii. En la tabla estadística del valor Z (Anexo L), se ubica el percentil correspondiente. Para calcularlo, se busca en la columna de la izquierda el número que más se aproxime "por abajo"; se busca en el renglón superior el segundo decimal que más se aproxime a Z: el valor Z está en esa columna y en aquel renglón.

12. Se grafican los percentiles en la curva de distribución normal.

Versión b (simplificada)

Se realizan los primeros 8 pasos de la versión completa.

9. Se calculan los percentiles con las siguientes fórmulas: Percentil

5 = $X_{-}(1.65 \times cr)$,

Percentil 50 = X_c ,

Percentil 95 = $X_{+}(1.65 \times cr)$.

10. Se grafican los percentiles en la curva de distribución normal.

Recordemos que ambos procedimientos se pueden aplicar tanto en muéstreos de antropometría estática como dinámica.

FACTOR PSICOLÓGICO

Cuando nos relacionamos con cualquier objeto y deseamos hacer uso de él esperamos, inconscientemente, que se cumplan de la manera más satisfactoria los objetivos de la ergonomía, aunque no sabemos que lo son:

a) Lograr la mayor productividad y eficiencia.

b) Que la tarea sea segura y ofrezca comodidad.

c) Que el objeto sea fácil de usarse.

Sin embargo estas condicionantes no siempre se satisfacen, pues algunos criterios ergonómicos (velocidad, precisión, confiabilidad, facilidad de uso y de aprendizaje, simplicidad, seguridad, etcétera) que se relacionan con el factor psicológico no se analizan adecuadamente y se presentan situaciones como que el tiempo que tardamos en aprender a

operar cualquier aparato es más de lo que nos imaginamos; no entendemos las señalizaciones del tablero de control ni las instrucciones de uso; nunca estamos seguros de haber oprimido el control adecuado; aunque conozcamos el funcionamiento y uso del objeto siempre cometemos errores, o no distinguimos el botón de encendido y el de cambio de velocidad.

Para dar solución a estos problemas de uso es necesario identificar la interfaz que se establece entre el objeto, el entorno y el usuario a partir de sus capacidades sensoriales, de percepción y cognitivas; así, el primer paso será extraer del Anexo H (interfaz entre factores objetuales, humanos y ambientales) las columnas correspondientes a "pieza" y "órgano sensorial", luego se agregan a estas otras dos que especifiquen el factor objetual (color, textura, forma) y el tipo de sensación/percepción que se experimentará durante la relación (identificar botón, tocar texturas, distinguir un color, etcétera). Este esquema se muestra en el Anexo M.

En el Anexo N debemos relacionar las columnas de "factor objetual" y tipo de "sensación/percepción" del esquema anterior con otra que especifique el tipo de "factor ambiental" que entrará en juego; por ejemplo, iluminación para la identificación de colores, colores de fondo para distinguir el color de figuras, contaminación química por contacto con piel y olfato, etcétera.

ANÁLISIS DEL ENTORNO

Después de ubicar al usuario y definir sus características, así como desglosar el objeto en cuestión, realizamos el análisis del entorno para conocer el o los espacios físicos inmediatos en donde se llevará a cabo la relación ergonómica. Este estudio se hace con el fin de que el objeto que diseñemos esté de acuerdo con las características y cualidades del espacio, para que el usuario se encuentre cómodo y seguro en el mismo lugar y para que la actividad se realice con eficiencia y productividad. Este estudio incluye tres puntos fundamentales: análisis del espacio, análisis de objetos y factores ambientales.

Se recomienda pedir con anticipación la autorización correspondiente para poder ingresar al lugar, tomar fotografías, grabar video o audio y para realizar las encuestas, entrevistas y mediciones respetando las normas del lugar, como áreas restringidas o equipo de seguridad. Es aconsejable que al pedir la autorización de ingreso hagamos hincapié en que por la naturaleza de nuestro trabajo es preferible vi-

sitar el lugar en horarios laborables y con las personas o usuarios en plena actividad y bajo condiciones normales, comunes y reales; así nuestra información será verídica y confiable.

a/ Análisis del espacio. Se analizan las características arquitectónicas del espacio por medio de técnicas de investigación de campo como observación directa, registro gráfico (fotografía y video), aplicación de entrevistas para despejar algunos puntos de interés como los que mostramos en el Anexo O y consulta de planos del lugar.

Debemos tomar en cuenta hasta donde sea posible todos los elementos que pertenezcan al espacio en cuestión, aunque pertenezcan al área de arquitectura y/o ingeniería. Es importante conocerlos para que nuestro objeto esté acorde con el espacio en donde se usará. Por ejemplo, si sabemos que la mayoría de las cocinas mexicanas tienen enchufes eléctricos normales de dos entradas y de igual dimensión, las clavijas que propongamos en nuestros electrodomésticos deberán tener las mismas características; si proponemos clavijas con dos entradas de diferentes medidas o clavijas de tres entradas deberemos incluir un adaptador para que sirva a la mayoría de los usuarios sin que tengan que hacer modificaciones en la instalación eléctrica, o, en el peor de los casos, decidan comprar un aparato diferente.

b/ Análisis de objetos. Analizaremos todos los objetos que se encuentren o vayan a encontrarse en el mismo espacio que el nuestro y que de alguna manera influirán en la relación ergonómica. Aquí es recomendable usar las mismas técnicas de investigación del punto anterior. En el Anexo P presentamos una lista que puede sernos de utilidad.

c/ Factores ambientales. En cualquier lugar en donde se desarrolle la relación ergonómica estarán presentes los factores ambientales (véase el capítulo 7), aunque la importancia que éstos tengan dentro de nuestro proyecto dependerá de la repercusión directa que puedan ejercer sobre el objeto y/o usuario. Habrá espacios donde la iluminación será prioritaria, como en una aula escolar, y otros donde los factores ambientales resultarán riesgosos, como en el departamento de fundición de una empresa metalúrgica.

Para el análisis de los factores ambientales debemos seguir el método utilizado por los higienistas industriales y, si las condiciones lo ameritan, recurrir a la asesoría profesional. El método de la higiene industrial propone tres etapas: el reconocimiento, la evaluación y el control (véase Anexo Q).

El reconocimiento consiste en un recorrido físico por el lugar apli-

cando las técnicas de la investigación de campo como la observación directa, el registro gráfico y las entrevistas con personas que ahí se encuentren cotidianamente, con el fin de detectar sensorialmente la presencia de los factores ambientales.

La evaluación de los factores ambientales detectados sensorialmente deberá hacerse de inmediato en el lugar correspondiente, utilizando los métodos y las técnicas de medición y evaluación, así como el instrumental adecuado que se recomienda en las respectivas normas oficiales mexicanas (nom-stps) y si el caso lo amerita, la normatividad internacional (osha, niosh, iso).

Para llevar a cabo el control de los factores ambientales se presentan tres posibilidades:

a/ Control del factor ambiental en la fuente productora. Por ejemplo, el motor de una máquina que produce demasiado ruido se puede aislar con material absorbente.

b/ Control del factor ambiental en el espacio donde se concentra el mismo. Por ejemplo, si existen altos índices de temperatura en el espacio y no se pueden retener en la misma fuente, se puede colocar el sistema productor de clima artificial más conveniente como ventiladores, extractores o aire acondicionado.

c/ La tercera y última técnica de control es aislar y proteger al usuario por medio de equipos especializados de seguridad. Desde el punto de vista de la higiene industrial y de la ergonomía éste debe ser el último recurso, ya que no hay nada más incómodo, y por ende anti-ergonómico, que el equipo de protección personal.

Es importante mencionar que cualquiera de las medidas de control debe ser elegida y recomendada por higienistas; nuestro papel es sólo como colaboradores. Sin embargo, cuando las condiciones ambientales no sean tan complicadas podemos realizar el reconocimiento, la evaluación y el control teniendo la información adecuada.

REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS

Al dar por terminada la investigación del análisis ergonómico procederemos a sintetizar la información; debemos extraer conclusiones para cada uno de los factores humanos, ambientales y objetuales, que al convertirse en requerimientos nos darán información suficiente para pasar a la etapa de diseño.

Recordemos que la persona que investiga y elabora el listado de requerimientos no siempre será la que diseñe, por lo que para facili-

tar el trabajo lo más conveniente es hacer un resumen donde mostremos toda la información:

El primer requerimiento será definir las características de nuestro trinomio ergonómico usuario-objeto-entorno. Para esto utilizaremos la información que nos proporcionan los Anexos A y B (etapa de estructuración delimitación del análisis ergonómico y perfil del usuario) y con ella elaboraremos un esquema como el que se muestra en el Anexo R y que llamaremos definición general del proyecto.

Para la obtención de los requerimientos restantes elaboraremos una gráfica similar al cuadro 16, donde delimitaremos los factores ob-
jetuales de cada elemento que componen el objeto especificando los resultados que se obtuvieron en los factores humanos y ambientales (Anexo S). Por ejemplo, en el rubro de controles anotaremos si el factor anatomofisiológico recomienda una palanca o botones y qué fuerza se requerirá para su movimiento; el factor antropométrico nos dará las dimensiones del control y de su ubicación; el factor psicológico recomendará lo referente a la percepción visual del control y si corresponderá a un indicador visual o auditivo; el sociocultural nos dará pie a elegir un control convencional o adoptar innovaciones y por último el factor ambiental definirá el color del control y bajo qué iluminación debe colocarse.

Una vez completos, los requerimientos ergonómicos se confrontarán con los otros datos del proyecto para establecer las características y cualidades finales del objeto y pasar a la etapa de diseño. Los requerimientos ergonómicos son como recomendaciones flexibles que ayudarán a lograr la mejor interfaz entre el usuario, el entorno y el objeto; por ejemplo, el factor antropométrico puede recomendar que la altura de tal superficie sea de cierto número de centímetros, pero al confrontar este dato con el correspondiente al análisis de materiales vemos que al modular el material con estas dimensiones habrá merma, por lo tanto lo adecuado será ajustar las medidas para equilibrar ambos criterios.

MÉTODO ERGONÓMICO DE SIMULACIÓN

Después de haber pasado la etapa creativa y haber diseñado todas las partes del objeto, debemos pasar a la etapa de realización, donde siempre nos encontramos con la misma duda: ¿funcionará? Para despejar ésta y todas las preguntas debemos someter el diseño a una prueba de simulación. En las escuelas de diseño industrial casi nunca se lleva al

cabo esta práctica, por lo que los objetos diseñados se quedan en un nivel ideal y el prototipo se realiza sin correcciones sustanciales.

La simulación puede ser considerada un método ergonómico cuya función radica en enfrentar por primera vez al "futuro usuario" con el "futuro objeto" actuando bajo condiciones similares a la realidad. Para lograr esto contamos con simuladores de dos tipos: simuladores bidimensionales y simuladores tridimensionales.

Los simuladores bidimensionales son planos a escala 1:1 que muestran las principales características del objeto diseñado. En ellos podemos comprobar la relación real entre las dimensiones generales del objeto y las dimensiones de los usuarios. Por ejemplo, podemos revisar alturas, anchos, espacios mínimos, alcances, ángulos de visión, etcétera. Los pasos a seguir para su utilización, son:

a) Realizar varios planos en escala real del objeto, en vista frontal, posterior, lateral derecha, lateral izquierda, superior o inferior. Si es necesario, como en el caso de algunos muebles o maquinaria, se dibujarán algunos cortes, ya sean longitudinales o transversales.

b) Para agilizar el proceso se elegirán únicamente las vistas y/o cortes estrictamente necesarios, los que ofrezcan información y contacto con el usuario.

c) Lo más adecuado es colocar los planos pegados a la pared considerando la altura real a la que el objeto estaría ubicado desde el piso.

Los simuladores tridimensionales pueden ser de cuatro tipos:

a) Modelos formales a escala 1:1, basados en el objeto diseñado y realizados de cartón, plastilina, espumas plásticas, madera, yeso o cualquier otro material fácil de manejar. En estos modelos se deben resaltar algunos factores objetuales, como dimensiones, volumen, textura y contornos, a través de los cuales podemos verificar datos antropométricos, anatómicos y perceptuales de los usuarios.

b) Modelos funcionales. Estos modelos también se basan en el objeto diseñado, pero le dan prioridad a las características funcionales y técnicas como colocación de mecanismos, funcionamiento de tableros de control, disposición de botones y palancas, dimensiones y colores de displays. Así pueden evaluarse datos antropométricos, biomecánicos, ergométricos y de percepción.

Para el uso de los modelos formales y funcionales se aconsejan los siguientes puntos:

- Analizar la actividad que queremos simular y definir los datos que nos interesa verificar, con base en los cuales realizaremos el modelo formal, el funcional o ambos.

- Cualquiera de los dos modelos deberá ser a escala 1:1, y para su elaboración tomaremos como referencia los planos que usamos como simuladores bidimensionales.

- Los modelos deben ser elaborados con el material más resistente posible para la actividad que habremos de simular, y que resulte adecuado para la definición de los factores objetuales que deseemos resaltar.

- Debemos procurar que el modelo se coloque en la posición más cercana a la real. Por ejemplo, si es una estantería hay que cuidar que se coloque a la altura correspondiente, y si el objeto está sobre otro, entonces el modelo estará colocado sobre algo similar.

c/ Simuladores de laboratorio. Son equipos o aparatos que se diseñan ex profeso, principalmente para los laboratorios de ergonomía. Para su diseño se toma como punto de partida la necesidad de simular o actuar diversas actividades humanas que tengan en común un principio fundamental, por ejemplo simuladores de superficies de trabajo o simuladores de asientos. Esto es con la intención de que se puedan simular todas las actividades que, además de ser semejantes entre sí, requieran para su ejecución objetos parecidos.

Una característica importante de estos simuladores es que deben tener algún sistema de medición confiable para poder comparar sus datos con los antropométricos, y ser lo suficientemente adaptables para que tanto las poblaciones normales como las especiales los puedan utilizar. Lo anterior hace que estos aparatos sean los más adecuados para poder obtener las dimensiones, las formas y las inclinaciones de los objetos antes de diseñarlos para así contribuir a la ergonomía preventiva. Éstos se utilizan para la prueba de ajuste, que explicamos a continuación.

d/ Simulación real. Para este tipo de simulación se utilizan los objetos existentes que puedan tener alguna relación con el objeto que estemos diseñando, o mejor dicho, rediseñando. Este método se explica con detalle en la secuencia de uso (véase página 179) y se puede ubicar dentro del área de la ergonomía correctiva, porque sirve para detectar problemas de uso que se deben evitar y solucionar.

Para realizar la simulación con cualquiera de los simuladores antes descritos debemos seguir los siguientes pasos:

- Tener perfectamente claro y definido el objetivo de la simulación, así como la secuencia de la actividad que se simulará.

- Definir la actividad que se desee simular en una secuencia de uso, escribirla y colocarla en un lugar visible. Explicaremos verbalmente

la secuencia del trabajo, así como la finalidad del experimento, procurando no dejar dudas en los participantes.

- Elegir el tipo de simulador que más información veraz y objetiva nos pueda proporcionar con relación a la tarea que se va a simular.

- Procurar que el espacio donde se realice el experimento tenga condiciones ambientales lo más parecidas a la realidad. Esto puede ser más sencillo cuando se realiza la simulación real, ya que es casi seguro que el objeto estará en donde realmente se utiliza. Pero si la simulación se va a hacer con cualquiera de los otros simuladores buscaremos un lugar parecido al descrito para el muestreo antropométrico: bien iluminado, ventilado y con espacio para la circulación de las personas y para poder observar el desarrollo del experimento desde cualquier ángulo.

- Para seleccionar al grupo de "usuarios" que realizarán la simulación consideraremos las características definidas en el perfil del usuario, de modo que el grupo de personas deberá ser del mismo sexo, del mismo rango de edad y tener las mismas condiciones generales que nuestra verdadera población de futuros usuarios.

- Las personas que participen en la simulación deberán tener experiencia, o por lo menos no ser ajenas a la actividad que tendrán que actuar, aunque habrá ocasiones en que por las características del diseño se requerirá de personas novatas o inexpertas.

- Cuando estén reunidos a los sujetos que participarán en la simulación se les explicará el motivo de la investigación y el procedimiento.

- En algunas ocasiones es recomendable usar una combinación de dos simuladores, por ejemplo, un simulador bidimensional y un modelo formal o funcional.

- Cuando se realice la simulación es prudente tomar fotografías y/o video, pues no siempre se pueden repetir los experimentos.

COMPROBACIÓN ERGONÓMICA

Las técnicas empleadas dentro de la comprobación ergonómica sirven fundamentalmente para confirmar los datos que se establecieron como requerimientos, que pueden aplicarse en dos momentos:

a) Durante la simulación. Todos los simuladores (bidimensionales y tridimensionales) se hacen con las características que se establecieron en los requerimientos, y después de la simulación se define y se comprueba si habrá o no correcciones, que a su vez pueden estructurarse mediante la prueba de ajuste. La simulación ergonómica también es una técnica de comprobación.

b/ Sobre el prototipo. El prototipo es un simulador tridimensional, sobre el cual es recomendable realizar una comprobación por medio de las técnicas que se presentan en la secuencia de uso y en la simulación ergonómica para verificar su uso y función antes de pasar a la producción final y definitiva.

Prueba de ajuste

Esta técnica es similar al muestreo antropométrico y se aplica durante la realización de la simulación ergonómica con simuladores de laboratorio, pues debe contarse con elementos de medición.

El procedimiento de esta prueba es el siguiente:

a) Es necesario reunir un grupo de personas que simulen la actividad. Aunque menor, este grupo deberá tener las mismas características que el grupo que participó en el muestreo antropométrico.

b/ Se elaboran hojas de registro similares a las cédulas antropométricas, donde se anotarán los resultados obtenidos por cada uno de los sujetos participantes.

c/ El simulador se ajusta a las medidas e inclinaciones que se obtuvieron de los muestreos correspondientes, considerando como rangos las medidas mínima y máxima o percentil 5 y 95.

d/ Se comienza la simulación con el simulador en la medida o inclinación mínima; durante el transcurso de la acción la dimensión se aumenta paulatinamente hasta llegar al valor máximo. El mismo proceso se realiza de nuevo pero en sentido contrario.

e/ Mediante el sistema de medición del simulador se cuantifican los resultados, que se anotan en la cédula. Al diseñador se le entrega el dato del objeto y no el dato antropométrico; en lugar de darle el dato de "altura de codo flexionado" se le da el de "altura óptima de la superficie", que puede ser un dato puntual o un rango de medidas aceptables.

f/ A la cédula correspondiente se le debe anexar un cuestionario que el sujeto deberá ir contestando al tiempo que realiza la simulación, ya que varios de los criterios de evaluación serán de apreciación, como los síntomas de cansancio, dolor, incomodidad o comodidad.

g/ Cuando el sujeto manifiesta cansancio o incomodidad podemos tomar los límites como de posible riesgo, y lo mejor es no sobrepasarlos; cuando el sujeto experimenta dolor podemos tomar la medida como un límite máximo de riesgo.

h/ Los datos que se obtengan con cada persona que participe en la simulación deberán registrarse en su cédula correspondiente.

i/ Los datos crudos obtenidos deberán ser tratados estadísticamente para evaluar qué dimensiones estuvieron dentro de los rangos de máxima comodidad para todos los usuarios, medidas que serán consideradas óptimas para el diseño.

/j Los datos antropométricos y los datos obtenidos de la prueba de ajuste deberán confrontarse para establecer las diferencias entre ambos.

k/ Cotejados ambos datos se procederá a realizar las correcciones pertinentes, que serán las que se apliquen sobre el diseño que se producirá definitivamente.

Podemos creer que el trabajo termina al definir las características y cualidades del objeto pero no es así, porque afortunadamente siempre habrá correcciones y detalles que mejorar: como dije al principio, en el diseño y en la ergonomía no se ha dicho la última palabra.

ETAPA DE ESTRUCTURACIÓN	
a) Planteamiento del problema:	_____
b) Ubicación del problema:	_____
c) Justificación del problema:	_____
d) Definición del problema:	_____

DELIMITACIÓN DEL ANÁLISIS ERGONÓMICO	
a) El proyecto es:	Diseño <input type="checkbox"/> Rediseño <input type="checkbox"/>
¿Por qué?	_____
b) ¿Qué tipo de ergonomía se aplicará?:	Preventiva <input type="checkbox"/> Correctiva <input type="checkbox"/>
¿Por qué?	_____
c) Usuario:	_____
d) Entorno:	_____
e) Objeto:	_____
f) Actividad:	_____

PERFIL DEL USUARIO	
a) Tipo de usuario:	Directo <input type="checkbox"/> Indirecto <input type="checkbox"/>
b) Actividad:	_____
c) Ocupación:	_____
d) Sexo:	Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/>
e) Edad:	_____ años
f) Características físicas generales:	
¿Padece alguna discapacidad?:	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
¿Cuál?	_____
¿Padece alguna enfermedad?:	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
¿Cuál?	_____
¿Son mujeres embarazadas?:	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Meses de gestación:	_____ meses
g) Observaciones:	

ESQUEMA PARA UNA ENCUESTA SOBRE EL FACTOR SOCIOCULTURAL

Usuarios: ¿pertenecen a una zona urbana o rural?

En la zona donde radican: ¿a qué clase socioeconómica pertenecen?

¿A cuánto asciende su ingreso? ¿Cuál es su poder adquisitivo?

¿En qué tipo de mercado hacen sus compras?

¿Cuál es el nivel escolar promedio de nuestros usuarios?

¿Saben leer y escribir?

¿Qué lenguaje se usará en los instructivos de uso? ¿En qué idioma?

¿Qué importancia tendrá el embalaje y la publicidad de nuestro producto?

¿Cuáles serán los criterios de selección de colores para envase y embalaje?

¿El nombre del producto será en español o con influencia de otra lengua?

Con base en la educación cívica del grupo de usuarios: ¿qué tanto respeto y cuidado tienen por los objetos propios, ajenos o públicos?

¿Debemos contemplar en el diseño el maltrato que los usuarios dan a los objetos públicos?

Nuestro producto debe estar a la venta en:

tiendas de autoservicios de cadenas nacionales tienda de abarrotes

mercado municipal mercados sobre ruedas

centros comerciales exclusivos ventas especializadas

en catálogos venta por televisión ventas a domicilio otros

¿A qué tipo de mercado nos dirigiremos?:

local regional nacional internacional

Los usuarios prefieren productos: nacionales importación

¿Qué tipos de objetos compran?:

de estatus primera necesidad artesanales otros

Los objetos que compran los usuarios: ¿sufren alguna modificación al ser usados o para poder ser usados?

Estas modificaciones son de orden: estético ergonómico funcional

En la clase social a la que pertenecen nuestros usuarios ¿existen tendencias culturales predominantes?

¿Es cultura elitista, popular urbana, popular rural, kitsch, etcétera?

¿Cuáles son los valores estéticos predominantes en ese grupo: clásicos, modernistas, folclóricos, artesanales, posmodernistas, etcétera?

¿Ese estilo es utilizable en nuestro diseño?

¿El objeto que diseñemos debe seguir las tendencias de la moda del momento?

¿Cuál es el carácter de esa moda?

¿Existe alguna tradición, costumbre o hábito del grupo social que interfiera y defina la relación usuario-objeto-entorno y que debamos respetar para no causar conflictos culturales? El objeto a diseñar: ¿qué tan regional o universal deberá ser? ¿Se puede fomentar la cultura nacional con el diseño?

SECUENCIA DE USO			
Paso número	Acción	Tiempo/paso	Fotografía
1			
2			
3			
4			
5			
etc.			
Número total de pasos		Tiempo total de la actividad	

Anexo E. Detección de problemas y aciertos de uso

DETECCIÓN DE PROBLEMAS Y ACIERTOS DE USO				
Paso N°	Problemas	Factor involucrado	Aciertos	Factor involucrado
1				
2				
3				
4				
5				
etc.				

Anexo F. Descripción de elementos internos

DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS INTERNOS										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<p>1] Número de piezas, 2] Nombre de la pieza, 3] Cantidad de la misma, 4] Función que desempeña, 5] Dimensiones, 6] Peso, 7] Material, 8] Acabado, 9] Textura, 10] Color, 11] Frecuencia o cantidad de veces que se usa cada una de las piezas.</p>										

Anexo G. Ponderación de elementos internos

PONDERACIÓN DE ELEMENTOS INTERNOS					
	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	etc.
Pieza 1					
Pieza 2					
Pieza 3					
Pieza 4					
Pieza 5					
etc.					

INTERFAZ ENTRE FACTORES OBJETUALES, HUMANOS Y AMBIENTALES			
Pieza	Segmento corporal	Órgano sensorial	Factor ambiental
1			
2			
3			
4			
5			

Anexo I. Factor anatomofisiológico

FACTOR ANATOMOFISIOLÓGICO			
Paso N°	Segmento corporal	Posición	Movimiento
1			
2			
3			
4			
5			
etc.			
PROBLEMAS QUE SERÁN RESUELTOS POR MÉTODOS ESPECIALES			
Problemas anatomofisiológicos		Métodos por investigar	

Anexo J. Selección de antropometría

SELECCIÓN DE ANTROPOMETRÍA			
Pieza	Segmento corporal	Antropometría estática	Antropometría dinámica
1			
2			
3			
4			
5			
6			
etc.			

CÉDULA DE ANTROPOMETRÍA ESTÁTICA		
DATOS GENERALES		
Cédula:	Fecha de la medición: _____	
	Sexo: Femenino <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/>	
Edad y fecha de nacimiento: _____		
Lugar de nacimiento: _____		
Ocupación o puesto: _____		
Empresa o institución donde se realiza la medición: _____		

DIMENSIONES EN POSICIÓN DE PIE		

DIMENSIONES EN POSICIÓN SEDENTE		

DIMENSIONES ESPECIALES		

OBSERVACIONES		
Turno en que se realizó el muestreo:	Matutino <input type="checkbox"/>	Vespertino <input type="checkbox"/>
Lado del cuerpo que se midió:	Izquierdo <input type="checkbox"/>	Derecho <input type="checkbox"/>
Con zapatos:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Altura del tacón: _____ cm		
¿Padece alguna discapacidad?:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
¿Cuál? _____		
Nombre del antropometrista: _____		

CÉDULA DE ANTROPOMETRÍA DINÁMICA

DATOS GENERALES

N° de cédula _____

Fecha de la medición: _____

Sexo: Femenino Masculino

Edad y fecha de nacimiento: _____

Lugar de nacimiento: _____

Ocupación o puesto: _____

Empresa o institución donde se realiza la medición: _____

POSICIÓN DE PIE

Segmento corporal | Tipo de movimiento | Ángulo de movimiento

POSICIÓN SEDENTE

Segmento corporal | Tipo de movimiento | Ángulo de movimiento

POSICIÓN EN DECÚBITO SUPINO O ACOSTADO

Segmento corporal | Tipo de movimiento | Ángulo de movimiento

OBSERVACIONES

Turno en que se realizó el muestreo: Matutino Vespertino Lado del cuerpo que se midió: Izquierdo Derecho Con zapatos: Sí No

Altura del tacón: _____ cm

¿Padece alguna discapacidad?: Sí No

¿Cuál? _____

Nombre del antropometrista: _____

TABLA DE VALOR Z: VALORES POSITIVOS

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.10	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.20	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.30	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.40	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.50	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.60	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.70	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.80	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.90	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.00	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.10	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.20	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.30	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.40	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.50	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.60	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.70	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.80	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.90	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.00	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.10	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.20	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.30	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.40	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.50	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.60	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.70	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.80	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.90	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.00	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.10	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.20	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.30	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.40	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.50	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.60	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.70	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.80	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.90	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

TABLA DE VALOR Z: VALORES NEGATIVOS										
Z	-0.09	-0.08	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01	0.00
-3.80	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.70	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.60	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
-3.50	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.40	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.30	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005
-3.20	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007
-3.10	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.0010
-3.00	0.0010	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0012	0.0012	0.0013	0.0013	0.0013
-2.90	0.0014	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0016	0.0017	0.0018	0.0018	0.0019
-2.80	0.0019	0.0020	0.0021	0.0021	0.0022	0.0023	0.0023	0.0024	0.0025	0.0026
-2.70	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031	0.0032	0.0033	0.0034	0.0035
-2.60	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041	0.0043	0.0044	0.0045	0.0047
-2.50	0.0048	0.0049	0.0051	0.0052	0.0054	0.0055	0.0057	0.0059	0.0060	0.0062
-2.40	0.0064	0.0066	0.0068	0.0069	0.0071	0.0073	0.0075	0.0078	0.0080	0.0082
-2.30	0.0084	0.0087	0.0089	0.0091	0.0094	0.0096	0.0099	0.0102	0.0104	0.0107
-2.20	0.0110	0.0113	0.0116	0.0119	0.0122	0.0125	0.0129	0.0132	0.0136	0.0139
-2.10	0.0143	0.0146	0.0150	0.0154	0.0158	0.0162	0.0166	0.0170	0.0174	0.0179
-2.00	0.0183	0.0188	0.0192	0.0197	0.0202	0.0207	0.0212	0.0217	0.0222	0.0228
-1.90	0.0233	0.0239	0.0244	0.0250	0.0256	0.0262	0.0268	0.0274	0.0281	0.0287
-1.80	0.0294	0.0301	0.0307	0.0314	0.0322	0.0329	0.0336	0.0344	0.0351	0.0359
-1.70	0.0367	0.0375	0.0384	0.0392	0.0401	0.0409	0.0418	0.0427	0.0436	0.0446
-1.60	0.0455	0.0465	0.0475	0.0485	0.0495	0.0505	0.0516	0.0526	0.0537	0.0548
-1.50	0.0559	0.0571	0.0582	0.0594	0.0606	0.0618	0.0630	0.0643	0.0655	0.0668
-1.40	0.0681	0.0694	0.0708	0.0721	0.0735	0.0749	0.0764	0.0778	0.0793	0.0808
-1.30	0.0823	0.0838	0.0853	0.0869	0.0885	0.0901	0.0918	0.0934	0.0951	0.0968
-1.20	0.0985	0.1003	0.1020	0.1038	0.1056	0.1075	0.1093	0.1112	0.1131	0.1151
-1.10	0.1170	0.1190	0.1210	0.1230	0.1251	0.1271	0.1292	0.1314	0.1335	0.1357
-1.00	0.1379	0.1401	0.1423	0.1446	0.1469	0.1492	0.1515	0.1539	0.1562	0.1587
-0.90	0.1611	0.1635	0.1660	0.1685	0.1711	0.1736	0.1762	0.1788	0.1814	0.1841
-0.80	0.1867	0.1894	0.1922	0.1949	0.1977	0.2005	0.2033	0.2061	0.2090	0.2119
-0.70	0.2148	0.2177	0.2206	0.2236	0.2266	0.2296	0.2327	0.2358	0.2389	0.2420
-0.60	0.2451	0.2483	0.2514	0.2546	0.2578	0.2611	0.2643	0.2676	0.2709	0.2743
-0.50	0.2776	0.2810	0.2843	0.2877	0.2912	0.2946	0.2981	0.3015	0.3050	0.3085
-0.40	0.3121	0.3156	0.3192	0.3228	0.3264	0.3300	0.3336	0.3372	0.3409	0.3446
-0.30	0.3483	0.3520	0.3557	0.3594	0.3632	0.3669	0.3707	0.3745	0.3783	0.3821
-0.20	0.3859	0.3897	0.3936	0.3974	0.4013	0.4052	0.4090	0.4129	0.4168	0.4207
-0.10	0.4247	0.4286	0.4325	0.4364	0.4404	0.4443	0.4483	0.4522	0.4562	0.4602
0.00	0.4641	0.4681	0.4721	0.4761	0.4801	0.4840	0.4880	0.4920	0.4960	0.5000

FACTOR PSICOLÓGICO: OBJETO-USUARIO			
Pieza	Factor objetual	Órgano sensorial	Sensación/percepción
1			
2			
3			
4			
5			

FACTOR PSICOLÓGICO: USUARIO-ENTORNO	
Sensación/ percepción	Factor ambiental

ANÁLISIS DEL ESPACIO	
a) ¿Existen planos o croquis del lugar?	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
b) Croquis:	
c)	Definir áreas de trabajo, de circulación, conexión con otros espacios, escaleras, salidas de emergencia, etcétera.
d)	Especificar ubicación y dimensiones de puertas, ventanas y similares.
e)	Dimensiones del lugar: $mt \times mt = mt^2$ $mt \times mt \times mt = mt^3$
f)	Definir ubicación y tipo de instalaciones y servicios como electricidad, agua, teléfono, alarmas, extinguidores, sistemas de señalización e información, etcétera.
g)	Características estéticas del lugar.
h)	Elementos de la construcción que se tengan que respetar o considerar como materiales, texturas, colores, etcétera.
i)	¿Se requieren instalaciones o servicios especiales para el nuevo diseño?

ANÁLISIS DE OBJETOS

a) Cantidad y tipo de objetos:

b) Ubicación temporal o definitiva: Sí No

c) Croquis:



d) Definir ubicación del nuevo diseño

e) Dimensiones de los objetos:

f) Material de los objetos:

g) Colores de los objetos:

h) Acabados de los objetos:

i) Estilo de los objetos:

j) El nuevo diseño:

¿debe respetar alguno de los factores objetuales anteriores?

k] Los objetos ahí presentes:

¿despiden algún tipo de contaminante o desecho?

l] Los objetos ahí presentes:

¿despiden algún tipo de factor ambiental (calor, humedad)?

m] ¿Existen objetos que invariablemente encontraremos en relación con el nuevo diseño?

FACTORES AMBIENTALES			
ETAPA DE RECONOCIMIENTO			
a) Para la realización del reconocimiento ¿qué técnicas se aplicarán?: Observación directa <input type="checkbox"/> Fotografía <input type="checkbox"/> Encuestas <input type="checkbox"/> Video <input type="checkbox"/>			
b) Marcar en un croquis el recorrido del reconocimiento:			
c) Marcar ubicación y tipo de factor ambiental detectado sensorialmente:			
Factor	Zona	Factor	Zona
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	
d) Esos factores son producidos por:			
Factor	Fuente productora	Factor	Fuente productora
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	
e) Daños a personas, objetos o instalaciones que están produciendo estos factores:			
Factor	Daños	Factor	Daños
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	
f) ¿Se debe continuar con la etapa de evaluación?		Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
g) ¿Se requiere la participación de higienistas?		Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

FACTORES AMBIENTALES

ETAPA DE EVALUACIÓN

a) Croquis de distribución de las fuentes productoras:

b) Factores ambientales que se evaluarán y zonas donde se encuentran:

Factor	Zona	Factor	Zona
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	

c) Tipo de normatividad que regirá la evaluación:

NOM ISO NIOSH OSHA Otra

d) Resultados obtenidos en las evaluaciones correspondientes:

Factor	Resultados	Factor	Resultados
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	

e) Medidas de control recomendadas:

Factor	Recomendaciones	Factor	Recomendaciones
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	

FACTORES AMBIENTALES					
ETAPA DE CONTROL					
a) Medidas de control recomendadas:					
Factor	Recomendaciones	Factor	Recomendaciones		
Temperatura		Color			
Humedad		Ruido			
Ventilación		Vibración			
Iluminación		Contaminación			
Radiación		Presión			
b) Factores ambientales que serán controlados en la fuente productora y medidas que se tomarán:					
Factor	Fuente	Medida	Factor	Fuente	Medida
Temperatura			Color		
Humedad			Ruido		
Ventilación			Vibración		
Iluminación			Contaminación		
Radiación			Presión		
c) Factores ambientales que serán controlados en el espacio y medidas que se tomarán:					
Factor	Espacio	Medida	Factor	Espacio	Medida
Temperatura			Color		
Humedad			Ruido		
Ventilación			Vibración		
Iluminación			Contaminación		
Radiación			Presión		
d) Factores ambientales que no pudieron ser controlados en el espacio; la medida es la utilización del equipo de seguridad (especificar zona o área de trabajo):					
Factor	Equipo	Zona	Factor	Equipo	Zona
Temperatura			Color		
Humedad			Ruido		
Ventilación			Vibración		
Iluminación			Contaminación		
Radiación			Presión		

Análisis del entorno. Factores ambientales (continuación)

e] Observaciones y comentarios anexos para cada factor ambiental: Factor Observaciones Factor Observaciones			
Temperatura		Color	
Humedad		Ruido	
Ventilación		Vibración	
Iluminación		Contaminación	
Radiación		Presión	

DEFINICIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
a) Nombre del proyecto:	_____
b) Tipo de ergonomía aplicada:	preventiva <input type="checkbox"/> correctiva <input type="checkbox"/>
c) Características generales del usuario:	_____
d) Características generales del entorno:	_____
e) Características generales del objeto a diseñar:	_____

PLANTEAMIENTO DE REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS				
Pieza	1	2	3	etc.
Factor objetual				
Factor anatomofisiológico				
Factor antropométrico				
Factor psicológico				
Factor sociocultural				
Factor ambiental				

CAPÍTULO I

- Castillo, Juan José y Jesús Villena, *Ergonomía: conceptos y métodos*, Madrid, Universidad Complutense, 1998.
- Chapanis, Alphonse, *Ingeniería hombre-máquina*, México, cecsa, 1977, 3a. ed., Serie de Sociología Industrial.
- Enciclopedia hispánica*, vol. 4, Enciclopedia Britannica Publishers, 1991-1992.
- Grandjean, E., *Fitting the Task to the Man. An Ergonomic Approach*, Londres y Filadelfia, Taylor & Francis, 1986.
- Gregori Torada, Enrique, Pedro Barau Bombardo y Pedro R. Móndeolo, *Ergonomía I. Fundamentos*, Madrid, Alfaomega, 2000.
- Kroemer, Karl, Henrike Kroemer y Katrin Kroemer-Elbert, *Ergonomics; How to Design for Ease & Efficiency*, Nueva Jersey, Prentice Hall, 1994.
- Lillo Jover, Julio, *Ergonomía, evaluación y diseño del entorno visual*, Madrid, Alianza, 2000.
- McCormick, Ernest J., *Ergonomía*, Barcelona, Gustavo Gili, 1976.
- Montmollin, Maurice de, *Introducción a la ergonomía. Los sistemas hombre-máquinas*, Madrid, Aguilar, 1971.
- Murrell, K. F. H., *Ergonomics. Man in His Work Environment*, Londres, Chapman and Hall, 1965.
- Oborne, David, *Ergonomía en acción*, México, Trillas, 1987.
- Panero, J. y M. Zelnik, *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1984.
- Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design*, Londres, Taylor & Francis, 1988.
- Ricard, Andre, *Diseño ¿por qué?*, Barcelona, Gustavo Gili, 1982.
- Sanders, Mark y Ernest J. McCormick, *Human Factors in Engineering & Design*, Estados Unidos, McGraw-Hill, 1993.
- Singleton, W. T., *The Body at Work. Biological Ergonomics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
- Zinchenko, V. y V. Munipov, *Fundamentos de ergonomía*, Moscú, Progreso, 1985.

- Águila Ramos, F. Juan y Marcelo Tegiacchi, *Ergonomía en odontología. Un enfoque preventivo*, Barcelona, Jims, 1991.
- Alexander, David C, *The Practice and Management of Industrial Ergonomics*, Nueva Jersey, Prentice Hall, 1986.
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos, *Declaración universal de los derechos humanos*, México, T991.
- Cushman, William H. y Daniel J. Rosenberg, *Human Factors in Product Design*, Amsterdam, Elsevier, 1991.
- Franus, Edward A., *Connective Networks in Ergonomics. Advances in Human Factors. Ergonomics 16*, Amsterdam, Elsevier, 1991.
- Harrigan, John E., *Human Factors Research: Methods and Applications for Architects and Interior Designers*, Amsterdam, Elsevier, 1987.
- Human Factors Society, *Directory and Yearbook*, Santa Monica, 1992.
- Instituto Mexicano del Seguro Social, *Lecturas en materia de seguridad social. Medicina del trabajo*, México, IMSS-Secretaría General-Jefatura de Servicios del Secretariado Técnico-Centro de Documentación, 1982.

Tesis

- Brito Martínez, Martha Catalina, *La ergonomía en el rendimiento de la empresa*, México, unam, Facultad de Ingeniería, 1987.
- Bustamante Valencia, Jaime, *La ergonomía y el derecho laboral mexicano*, México, unam, Facultad de Derecho, 1993.
- Espinosa Morales, Guillermo, *La ergonomía en la industria química*, México, unam, Facultad de Química, 1981.
- Hará Chuji, Sakai, *Ergonomía en odontología*, México, Facultad de Odontología, 1981.
- Jiménez de Pavia, Julio Rafael, *Ergonomía dental*, México, unam, Facultad de Odontología, 1980.
- Landeros Gallardo, María Teresa, *Ergonomía en el consultorio dental*, México, unam, Facultad de Odontología, 1980.
- Lechuga Ruiz, Ana Luisa, *La ergonomía en la formación académica del licenciado en administración: un enfoque teórico*, México, unam, Facultad de Contaduría y Administración, 1991.
- López Gijón, Horalia, *Ergonomía en odontología*, México, unam, Facultad de Odontología, 1987.

- Martínez González, José Vili, *Ergonomía: un campo de incursión para los administradores*, México, unam, FES-Cuautitlán, 1993.
- Pardo López, María, *Ergonomía en endodoncia*, México, unam, ENEP-Iztacala, 1981.
- Vásquez Amaya, Salvador, *Ergonomía: una disciplina que ayuda a generar bienestar compartido*, México, unam, Facultad de Ingeniería, 1980.
- Villeda Valdés, Guillermo, *Ergonomía*, México, unam, ENEP-Iztacala, 1984.

Revistas y artículos

- Applied Ergonomics. The Journal on the Technolgy of Man's Relation with Machines, Environment and Work Systems*, Gran Bretaña Butterworth-Heinemann, en colaboración con la Ergonomics Society. Publicación bimestral.
- Centro de Derechos Humanos Fray Francisco de Vitoria, "Curso básico de derechos humanos. Tema 78: El derecho al trabajo", en *Justicia y Paz. Información y análisis sobre derechos humanos en México, Centroamérica y el Caribe*, año iv, julio-septiembre de 1991.
- Ergonomics. An International Journal of Research and Practice in Human Eactors and Ergonomics*, Londres, Taylor & Francis, realizada en colaboración con la Ergonomics Society y la International Ergonomics Association. Publicación mensual.

capítulo 3

- Adrian, Marlene J. y John M. Cooper, *Biomechanics of Human Movement*, Indianapolis, Benchmark, 1989.
- Ayoub, M. M. y Anil Mital, *Manual Materials Handling*, Londres, Taylor & Francis, 1989.
- Clark, T. S. y E. N. Corlett, *The Ergonomics of Workspaces and Machines. A Design Manual*, Londres, Taylor & Francis, 1984.
- Corlett, Nigel, John Wilson e Ilija Manenica, *The Ergonomics of Working Postures*, Londres, Taylor & Francis, 1986.
- Dienhart, Charlotte M., *Elementos de anatomía y fisiología humanas*, Buenos Aires, El Ateneo, 1969.
- Fastman Kodak Company, Human Factors Section y Health Safety and Human Factors Laboratory, *Ergonomics. Design for People at Work*, vols. 1 y 2, Estados Unidos, Van Nostrand Reinhold, 1983.

- Guyton, A. C., *Fisiología humana*, México, Interamericana, 1987.
- Hale, Gloria, *Manual para minusválidos*, Madrid, Blume, 1980.
- Kroemer, K. H. E., H. J. Kroemer y K. E. Kroemer-Elbert, *Engineering Physiology. Bases of Human Factors/Ergonomics*, Estados Unidos, Van Nostrand Reinhold, 1990.
- Mital, Anil y Waldemar Karwowski, *Ergonomics in Rehabilitation*, Londres, Taylor & Francis, 1988.
- Móndelo, Pedro R. y Fjirique Gregori, *Ergonomía, confort y estrés térmico*, Barcelona, upc, 1995.
- Panero, J. y M. Zelnik, *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1985.
- Rodahl, Kaare, *The Physiology of Work*, Londres, Taylor & Francis, 1989.
- Singleton, W. T., *The Body at Work. Biological Ergonomics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
- Tatarinov, V. G. *Anatomía y fisiología humanas*, Moscú, Mir, 1980.

Revistas y artículos

- Applied Ergonomics. The Journal on the Technology of Man's Relations with Machines, Environment and Work Systems*, Gran Bretaña, Butterworth-Heinemann, realizada en colaboración con la Ergonomics Society. Publicación bimestral.
- Ergonomics. An International Journal of Research and Practice in Human Factors and Ergonomics*, Londres, Taylor & Francis, realizada en colaboración con la Ergonomics Society y la International Ergonomics Association. Publicación mensual.
- Nicholls, J. A. y D. W. Grieve, "Performance of Physical Tasks in Pregnancy", en *Ergonomics*, vol. 35, num. 3, marzo de 1992.
- /"Posture, Performance and Discomfort in Pregnancy", en *Applied Ergonomics*, vol. 23, num. 2, abril de 1992.
- Paul, J. A., M. H. W. Frings-Dresen *et al*, "Pregnant Women and Working Surface Height and Working Surface Area for Standing Manual Work", en *Applied Ergonomics*, vol. 26, num. 2, abril de 1995.
- Paul, J. A. y M. H. W. Frings-Dresen, "Standing Working Posture Compare in Pregnant and Non-Pregnant Conditions", en *Ergonomics*, vol. 37, num. 9, septiembre de 1994.
- Rodríguez Nava, Roberto, "Ergometría aplicada. Ciencia y deporte", en *Información Científica y Tecnológica*, vol. 13, num. 175, México, cONAcYT, abril de 1991.

CAPÍTULO 4

- Ávila, R. y D. Sánchez, *Diplomado en ergonomía para el diseño (módulo II)*, México, Universidad de Guadalajara, 1994.
- Ching, Francis D. K., *Arquitectura: forma, espacio y orden*, México, Gustavo Gili, 1985.
- Croney, John, *Antropometría para diseñadores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1978.
- Diffrient, Niels, Alvin R. Tilley, Joan C. Bardagjy y Henry Dreyfuss, *Humanscale 1/2/3*, Massachussets, mit Press, 1990.
- , *Humanscale 4/5/6*, Massachussets, mit Press, 1981.
- , *Humanscale 7/8/9*, Massachussets, mit Press, 1990.
- Gómez Azpeitia, Gabriel, *Con la vara que midas... Antropometría para el diseño regional*, Colima, Universidad de Colima, 1987.
- Grandjean, Étienne, *Fitting the Task to the Man. An Ergonomic Approach*, Londres, Taylor & Francis, 1986.
- Le Veau, Barney, *Biomecánica del movimiento humano*, México, Trillas, 1991.
- Lohman, Timothy G., Alex F. Roche y Reynaldo Martorell, *Anthropometric Standardization Reference Manual*, Estados Unidos, Human Kinetics Books, 1988.
- Murrell, K. S. H., *Ergonomics. Man in His Working Environment*, Londres, Chapman and Hill, 1965.
- Neufert, E., *El arte de proyectar en arquitectura*, México, Gustavo Gili, 1985.
- Oborne, David, *Ergonomía en acción*, México, Trillas, 1987.
- Panero, Julius y M. Zelnik, *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1985.
- Pheasant, Stephen, *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and Design*, Barcelona, Gustavo Gili, 1988.
- Rivero Arrarte, P., *Medicina física. Kinesiología*, Buenos Aires, Espasa Calpe, 1945.
- Tilley, Alvin R., *The Measure of Man and Woman. Human Factors in Design*, Nueva York, Watson-Guptill, 1993.
- Zinchenko, V. y V. Munipov, *Fundamentos de ergonomía*, Moscú, Progreso, 1985.

CAPÍTULO 5

- Ananiev, B., A. Larmolenko, L. Vekker y B. Lomov, *El tacto en los procesos del conocimiento y el trabajo*, Buenos Aires, Tekne, 1967.
- Day, R. H., *Psicología de la percepción humana*, México, Limusa, 1981.
- Dunnette, Marvin D. y Wayne K. Kichner, *Psicología industrial*, México, Trillas, 1976.
- Falzon, P., *Cognitive Ergonomics: Understanding, Teaming and Designing Human-Computer Interaction*, Londres, Academic Press, 1990.
- Guyton, A. C, *Fisiología humana*, México, Interamericana, 1987.
- Hancock, Peter A., *Human Factors Psychology*, Amsterdam, Elsevier, 1987.
- Kantowitz, Barry H. y Robert D. Sorkin, *Human Factors: Understanding People-System Relationship*, Nueva York, John Wiley tk. Sons, 1983.
- Levy-Leboyer, Claude, *Psicología y medio ambiente*, Madrid, Mo-ratz, 1980.
- Schiffman, Harvey R., *La percepción sensorial*, México, Limusa, 1995.
- Sheridan, Thomas B. y William R. Ferrell, *Man-Machine Systems. Information, Control and Decision Models of Human Performance*, Massachussets, mit Press, 1974.
- Soslo, Robert, *Cognitive Psychology*, Londres, HBJ, 1979.
- Van der Veer, Gerrit C., Sebastiano Bagnara y Gerard A. M. Kem-pen, *Cognitive Ergonomics. Contributions from Experimental Psychology*, Amsterdam, Elsevier, 1992.

CAPÍTULO 6

- Acha, Juan, *Introducción a la teoría de los diseños*, México, Trillas, 1990.
- Dwyer, T. y A. E. Raftery, *Applied Ergonomics*, Gran Bretaña, Butterworth-Heinemann, vol. 22, num. 3, junio de 1991.
- Hall, Edward T., *La dimensión oculta*, México, Siglo Veintiuno, 1989.
- Lóbach, Bernd, *Diseño industrial*, Barcelona, Gustavo Gili, 198T.
- Maiinowski, B., *Una teoría científica de la cultura*, Buenos Aires, Sudamericana, s.f.

- Alphin, Willard, *Fundamentos de lámparas e iluminación*, Sylvania Iluminación, Focos, S.A., s.f.
- Arias, Rodolfo, *Apuntes sobre higiene industrial*, México, ciess, 1995.
- Campos A., Guillermo, *Meteorología para pilotos aviadores*, México, Universidad Aerovías de México, 1992.
- Carnicer Royo, E., *Aire acondicionado*, Madrid, Paraninfo, 1991.
- , *Ventilación industrial*, Madrid, Paraninfo, 1991.
- Clarke, George L., *Elementos de ecología*, Barcelona, Omega, 1980
- Comisión Nacional de Ecología, *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1989-1990*, México, 1991.
- De Cusa Ramos, Juan, *Calefacción, refrigeración y aire acondicionado*, Barcelona, ceac, 1991.
- De Grandis, Luigina, *Teoría y uso del color*, Madrid, Cátedra, 1985.
- Déribéré, M., *El color en las actividades humanas*, Madrid, Tecnos, 1964.
- , *Técnica del alumbrado. Principios fundamentales*, Madrid, Paraninfo, 1967.
- Duhot, Emile, *Los climas y el cuerpo humano*, Barcelona, Salvat, Surco, 1949.
- García, Enriqueta, *Apuntes de climatología*, México, unam-ipn, 1967.
- Heimstra, N. W. y Leslie H. Me Farling, *Psicología ambiental*, México, El Manual Moderno, 1979.
- Jiménez Burillo, F. y Juan I. Aragón, *Introducción a la psicología ambiental*, Madrid, Alianza, 1986.
- Küppers, Harald, *Fundamentos de la teoría de los colores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1980.
- Losada Alfaro, Ana María, *Envase y embalaje. Historia, tecnología y ecología*, México, Librería, 2000, Diseño Teoría y Práctica.
- Margalef, Ramón, *Ecología*, Barcelona, Omega, 1980.
- Oborne, David, *Ergonomía en acción*, México, Trillas, 1987.
- Ortiz, Georgina, *El significado de los colores*, México, Trillas, 1992.
- Papanek, Victor, *Design for the Real World. Human Ecology and Social Change*, Londres, Thames and Hudson, 1991.
- Porges, John y Fred Porges, *Prontuario de calefacción, ventilación y aire acondicionado*, Barcelona, Boixareu, 1974.
- Pringle, L., *Introducción a la ecología*, Buenos Aires, Marymar, 1971.
- Sánchez, Vicente y Beatriz Guiza, *Glosario de términos sobre medio ambiente*, México, El Colegio de México, 1982.

- Theodorson, G. A., *Estudios de ecología humana i*, Barcelona, Labor, 1974.
- Vizcaíno Murray, Francisco, *La contaminación en México*, México, fce, 1975, Obras de Ciencia y Tecnología.
- Yáñez, Enrique, *Arquitectura: teoría, diseño, contexto*, México, unam, 1983.

CAPÍTULO 8

- Lobach, Bernd, *Diseño industrial, bases para la configuración de los productos industriales*, Barcelona, Gustavo Gili, 1981.

capítulo 9

- Burgess, John H., *Designing for Humans: The Human factors Engineering*, Nueva Jersey, Petrocelli, 1986.
- Croney, J., *Antropometría para diseñadores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1978.
- Jones, J. Christopher, *Métodos de diseño*, Barcelona, Gustavo Gili, 1976.
- Martínez Fuentes, Antonio J., *Somatometría: principios, instrumentos y métodos*, La Habana, Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana, s.f.
- Médica en Rehabilitación, *Goniometría. Articulaciones de los miembros, estructura, dinámica muscular y valores goniométricos normales*, México, imss, s.f.
- Meister, David, *Human Factors Testing and Evaluation. Advances in Human Factors/Ergonomics j*, Nueva Jersey, Petrocelli, 1986.
- Murrell, K. F. H., *Ergonomics*, Londres, Chapman and Hill, 1965.
- Oborne, David, *Ergonomía en acción*, México, Trillas, 1987.
- Panero, J. y M. Zelnik, *Tas dimensiones humanas en los espacios interiores*, Barcelona, Gustavo Gili, 1984.
- Rodríguez M., Gerardo, *Manual de diseño industrial. Curso básico*, México, Gustavo Güi-uam Azcapotzalco, s. f.
- Rojas Soriano, Raúl, *Investigación social, teoría y praxis*, México, Plaza y Vaidés, 1988.
- Wilson, John R., F'. Nigel Corlett e Ilija Manenica, *New Methods in Applied Ergonomics*, Londres, Taylor & Francis, 1987.
- Zinchenko, V. y V. Munipov, *Fundamentos de ergonomía*, Moscú, Progreso, 1985.

Direcciones electrónicas

International Ergonomics Association www.iea.ee

Human Factors and Ergonomics Society www.hfes.org

The Ergonomics Society www.ergonomics.org.uk

Continentes de Enlaces Revisados
www.ergonomia.deamerica.net

Ergoworld www.interfaz-analysis.com/ergoworld

Ergonomics Society. Open Ergonomics, the Science
of Designing for People
www.openerg.com

Posgrado en Diseño Industrial, unam
www.dgep.posgrado.unam.mx/~pdi/

Secretaría del Trabajo y Previsión Social
www.stps.gob.mx

Secretaría de Economía www.secofi.gob.mx

Ergonomía para el diseño

Nuestra relación con los objetos —que diseñamos, construimos, atesoramos y veneramos desde que aprendimos a usar herramientas— está determinada por aspectos culturales, sociales, psicológicos, ambientales y, fundamentalmente, físicos. Debido a que los manipulamos cotidianamente, para poder diseñar objetos que tengan una óptima relación ergonómica con su usuario tenemos que conocemos bien a nosotros mismos y a nuestro entorno. Cecilia Flores presenta, a través de la doble lente del diseñador y el ergónomo, una perspectiva general de esta disciplina, nacida en el seno de la ingeniería y adoptada después por otros campos, como el diseño industrial. Describe los diversos factores que actúan en el medio y en nuestra relación con los

ISBN 968-5374-02-3



9 789685 374026

objetos: el factor anatomofisiológico, que estudia la estructura y funciones del cuerpo humano; el factor antropométrico, que estudia sus dimensiones; el factor psicológico, que analiza las capacidades y limitaciones sensoriales y de percepción; el factor sociocultural, que determina el comportamiento del hombre como usuario; los factores ambientales, como el color, la luz, los olores y los sonidos, y los factores objetuales, que determinan las cualidades formales de los objetos. Para esto incursiona en los campos de la medicina, la psicología, la sociología, la ecología y el diseño, entre otros, y presenta la ergonomía, en toda su complejidad, con un lenguaje sencillo y grato. Este libro, indispensable para los diseñadores industriales, es sin duda una herramienta útil para arquitectos, médicos, ingenieros, diseñadores gráficos y otros profesionales dedicados a diseñar, construir, programar y cuidar el entorno artificial para asegurar un mejor nivel de vida para los seres humanos.