TEP

Ergonomía 3
Diseño de puestos de trabajo

Pedro R. Mondelo
Enrique Gregori Torada
Joan Blasco Busquets
Pedro Barrau Bombardó

UPC Edicions UPC
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Mutua Universal

TEP

Temes d'Ergonomia i Prevenció
Temas de Ergonomía y Prevención
3

Ergonomía 3
Diseño de puestos de trabajo

Pedro R. Mondelo
Enrique Gregori Torada
Joan Blasco Busquets
Pedro Barrau Bombardó

UPC Edicions UPC
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Mutua Universal

Primera edición (Aula Teòrica): mayo de 1998
Primera edición (Aula Politècnica): septiembre de 1999
Primera edición (TEP): marzo de 2001
Reimpresión (TEP): junio de 2005
Reimpresión (TEP): mayo de 2013

Diseño de la cubierta: Edicions UPC

© Autores, 1998
© Mutua Universal, 1998

© Edicions UPC, 1998
© Iniciativa Digital Politècnica, 2013
Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC
Jordi Girona 31,
Edifici Torre Girona, Planta 1, 08034 Barcelona
Tel.: 934 015 885
www.upc.edu/idp
E-mail: info.idp@upc.edu

Depósito legal: B-30443-2005
ISBN: 978-84-9880-114-9
ISBN (obra completa): 84-8301-484-X

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede realizarse con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista en la ley.

A comienzos de siglo, la principal preocupación de ingenieros y diseñadores era la técnica, que presentaba nuevas facetas y un nuevo poder en manos de la humanidad. A inicios de un nuevo milenio, el ser humano, poseedor de amplios conocimientos técnicos, es capaz de invertir el orden y poner la técnica al servicio de sí mismo, diseñando puestos de trabajo no tan sólo seguros y sanos, sino también confortables, que permitan el máximo rendimiento con el mínimo esfuerzo. Quedan atrás los años en los que se suponía que era la persona quien debía hacer el esfuerzo de adaptarse a un puesto de trabajo que por su concepción espacial, por sus requerimientos psicofísicos o por su entorno, era origen de molestias, dificultades y lesiones. Actualmente, es el entorno el que debe adaptarse a cada individuo, facilitando así su realización en un trabajo interesante, agradable y confortable, en el que pueda verter sus capacidades.

Este libro está orientado a los ingenieros que diseñan puestos de trabajo, así como a aquellos que estudian los daños sufridos por algunas personas debido a sus condiciones de trabajo inadecuadas. A lo largo de los diez capítulos que lo componen, se procede a un análisis profundo de los factores a tener en cuenta en el diseño: las dimensiones corporales, la concepción espacial del entorno de trabajo, los esfurzos realizados en las operaciones y la consecuente fatiga que producen en el individuo, la ubicación y diseño de mandos y señales, el ambiente físico en que se desenvuelve el trabajo… Todos estos factores, debidamente explicados, permitirán al ingeniero diseñar puestos de trabajo que garanticen el máximo rendimiento y calidad en el trabajo, así como un entorno agradable en el que trabajar se convierta en una ilusión y un reto diario.

Los autores son profesionales con amplia experiencia en el diseño de puestos de trabajo, lo cual aporta un toque eminentemente práctico a esta obra, huyendo de complicados desarrollos teóricos, para centrar los contenidos en los conceptos fundamentales de diseño.

Desde Mutua Universal, una empresa de servicios dedicada desde su creación a la mejora de las condiciones de trabajo, esperamos que esta aportación al conocimiento y a la divulgación de la ergonomía, sea fructífera.

Juan Aicart Manzanares
Director Gerente
MUTUA UNIVERSAL

Índice

1. Introducción 13
1.1 Sistema persona-máquina (P-M) 13
1.2 Puestos de actividad o trabajo (PP.TT.) 14

2. Relaciones dimensionales. Antropometría. 25
2.1 Espacios de actividad 25
2.2 Información antropométrica 35
2.3 Dimensiones antropométricas. 38
2.4 Análisis preliminar para diseñar puestos de trabajo 40
2.5 Métodos de medición e instrumentos 41
2.5.1 Instrumental para medir a mano. 42
2.5.2 Puntos antropométricos 42
2.5.3 Equipo de mediciones 44
2.5.4 Posiciones y condiciones para medir al sujeto. 44
2.5.4.1 Posición de atención antropométrica (PAA). 45
2.5.5 Definiciones de las dimensiones antropométricas y método para efectuar sus mediciones 46
2.5.6 Protocolo para las mediciones antropométricas con cámara de vídeo. 49
2.6 Principios del diseño antropométrico 52
2.6.1 Principio del diseño para el promedio 52
2.6.2 Principio del diseño para los extremos 52
2.6.3 Principio del diseño para un intervalo ajustable 54
2.7 Tamaño y selección de la muestra 55
2.7.1 Cálculo del tamaño de la muestra 55
2.7.2 Selección de los individuos que compondrán la muestra. 57
2.8 Cálculo de los percentiles 57
2.9 La familia Maximín 60
2.10 Sillas, mesas y planos de trabajo 63
2.11 A modo de resumen 67

3. Esfuerzos de trabajo 69
3.1 Mecánica y biomecánica. 69
3.2 Terminología y conceptos básicos 70
3.3 Tipos de movimientos de los miembros del cuerpo 75
3.4 Ángulos límites 76
3.5 Ángulos de confort 79
3.6 Ángulos de visión 81
3.7 Ejemplo del cálculo de un levantamiento inclinado 83
3.8 Ejemplo simplificado del rediseño de un puesto de trabajo 86

4. Herramientas manuales y patologías 91
4.1 Consideraciones previas 91
4.2 Herramientas de mano 92
4.3 Principios generales para diseñar o comprar una herramienta manual. 94
4.4 Sujeción de la herramienta 95
4.4.1 El mango de las herramientas 97
4.5 Patologías y microtraumatismos repetitivos 102
4.5.1 Traumatismos más usuales. 102

5. Métodos más usuales en la valoración de esfuerzos 105
5.1 Esfuerzos físicos y trabajo 105
5.2 Método de AFNOR. 106
5.2.1 Hipótesis y campo de aplicación 106
5.2.2 Variables que considera el método 108
5.2.3 Comentarios a AFNOR 109
5.3 Método de NIOSH 110
5.3.1 Hipótesis y campo de aplicación 110
5.3.2 Criterio biomecánico 111
5.3.3 Criterio fisiológico 111
5.3.4 Criterio psicofísico 111
5.3.5 Variables que considera 111
5.3.6 Comentarios a NIOSH 114
5.4 REFA (Siemens) 115
5.4.1 Hipótesis y campo de aplicación 116
5.4.2 Variables que considera REFA 116
5.4.3 Comentarios a REFA 120
5.5 Comparación AFNOR-NIOSH-REFA 121
5.6 Método REGI para diseñar regímenes de trabajo y descanso en actividades físicas en ambiebtes calurosos 122
5.6.1 Capacidad de Trabajo Físico Modificada (CTFM) 122
5.6.2 Límite de Gasto Energético (LGE) 123
5.6.3 Límite de Gasto Energético Acumulado (LGEa) 124
5.6.4 Barrera de Gasto Energético (BGE) 125

5.6.5 La Barrera de Tensión Térmica (BTT) 127
5.6.6 Pasos a seguir para la aplicación del método 133
5.6.7 Aplicación del Método REGI para la rotación de trabajadores 136
5.6.8 Conclusiones 139

6. Relaciones informativas. 141
6.1 La comunicación. 141
6.2 Sensación, percepción, representación y acción. 143
6.2.1 Los códigos 147
6.2.2 Tiempos de reacción 149
6.3 Canales y dispositivos informativos (DI) 151
6.4 Dispositivos informativos visuales (DIV) 154
6.4.1 Alarmas 155
6.4.2 Indicadores 155
6.4.3 Contadores 155
6.4.4 Diales y cuadrantes 156
6.4.5 Símbolos. 157
6.4.6 Características generales de los DIV 158
6.4.7 Lenguaje escrito 160
6.4.8 Selección y ubicación de DIV 162
6.4.9 Las pantallas. 167
6.4.10 Los gestos. 169
6.5 Dispositivos informativos audibles (DIA) 170
6.5.1 Timbres, campanas, sirenas 171
6.5.2 El lenguaje hablado 172
6.5.3 Pruebas de inteligibilidad del habla 174
6.6 Dispositivos informativos táctiles (DIT) 176

7. Relaciones de Control 179
7.1 La etapa de control 179
7.2 Tipos básicos de controles o mandos 182
7.3 Tipos específicos de controles 191
7.4 Compatibilidad 192
7.5 Relación Control/Display (C/D). 195
7.6 Accionamiento accidental de controles 196
7.6.1 Identificación de Controles 197
7.7 Reglas de selección y ubicación de controles. 198

8. Otras variables relevantes en el diseño de PP.TT.: ambiente físico y organización del trabajo 205
8.1 Consideraciones generales 205
8.2 Ambiente térmico 208
8.3 Ambiente acústico y vibraciones 210

8.4 Ambiente lumínico 213
8.4.1 Recomendaciones visión-iluminación-color 215
8.5 Radiaciones 216
8.5.1 Radiaciones no ionizantes 217
8.5.2 Radiaciones ionizantes (radiactividad) 218
8.6 Contaminantes químicos y biológicos 219
8.7 La organización del trabajo 221
8.7.1 Horarios de trabajo 223
8.7.2 Los ritmos de trabajo 226
8.7.3 La duración de la jornada 229
8.7.4 Las pausas y las comidas 232
8.7.5 Rotación de turnos de trabajo 239

9. Metodología 241
9.1 Aproximación al problema 241
9.2 Desarrollo de un caso práctico mediante el programa TAYLOR (hecho a medida) 242
9.3 Alternativas de TAYLOR a los problemas detectados 249

10. Soporte informático TAYLOR (hecho a medida) 251
10.1 Simulación y diseño de PP.TT. 251
10.2 Opciones de la demostración 252
10.2.1 Base de datos antropométricos con Taylor 1.0 252
10.2.2 Ejemplos con casos prácticos con Taylor 1.0 253
10.2.3 Secuencia de Taylor 2.0 260
10.3 Otras utilidades de TAYLOR 2.0 260

Bibliografía 263

1. Introducción

1.1 Sistema persona-máquina (P-M)

El bienestar, la salud, la satisfacción, la calidad y la eficiencia en la actividad de las personas dependen de la correcta interrelación existente entre los múltiples factores que se presentan en sus espacios vitales y las relaciones que establecen con los objetos que les rodean.

Existen múltiples formas de análisis de los espacios de actividad o trabajo, de los objetos y del conjunto de acciones que las personas se verán obligadas a realizar, por ejemplo, clasificar el monto de interrelaciones P-M en los siguientes tipos:

– relaciones dimensionales
– relaciones informativas,
– relaciones de control,
– relaciones ambientales,
– relaciones temporales,
– relaciones sociales,
– relaciones de organización,
– relaciones culturales,
– etc...,

pero debemos señalar que todas las interacciones de los sistemas P-M ejercen una acción determinante sobre los factores psicosociológicos y fisiológicos residentes en las personas, provocando satisfacción o insatisfacción en el trabajo, desarrollo o involución de la personalidad, potenciando o inhibiendo la creatividad, cohesionando o disgregando el grupo de trabajo, etc...

Obviamente, ésta, como cualquier otra clasificación es un recurso metodológico utilizado con el objetivo de poder acceder al conocimiento de la estructura y el funcionamiento de un fenómeno altamente complejo y complicado, como es el sistema persona-máquina, cuyas interacciones se manifiestan sinérgicamente y aparecen ante los ojos de los observadores de manera hipercompleja y formando un todo.

Por ejemplo: las relaciones informativas, mediante las cuales una persona se informa (suficiente o insuficientemente) de la marcha de la actividad de un sistema a través de los sentidos (visión, oído, tacto...), producen reacciones fisiológicas y psicológicas, que inciden sobre las relaciones de control (las que posibilitan o dificultan el control del sistema), sobre las relaciones organizativas en general (que determinan la forma que adopta la marcha del sistema), y sobre las relaciones sociales (que ponen de manifiesto la situación del individuo en la sociedad). Todas esta relaciones, que son inherentes a cualquier tipo de actividad, benefician o dañan al sistema y, en consecuencia, a la persona.

Por otra parte, determinadas relaciones dimensionales entre el usuario y la máquina, compatibles (o incompatibles), garantizarán o impedirán que éste se informe y controle satisfactoriamente la marcha del proceso.

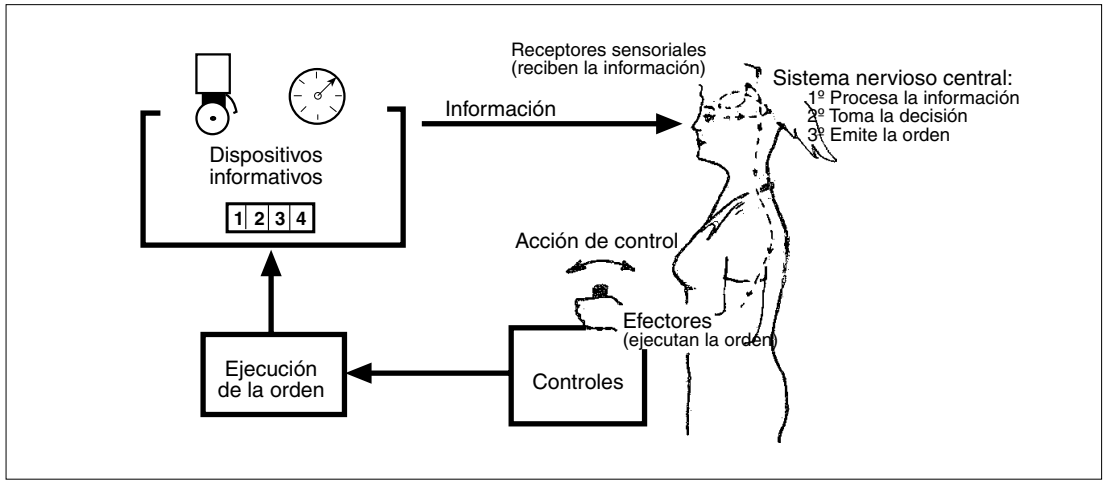

Fig. 1.1 Esquema simplificado de las relaciones informativas y de control

No cabe la menor duda de que la actividad iterativa y dinámica de los sistemas P-M, de una forma u otra, siempre está activada, y que no existen elementos que no pertenezcan a un sistema específico y definido, o sea, que todo elemento interactivo muestra, y a la vez limita, los grados de libertad de todo el sistema. Ya que la persona pertenece en todo momento a algún sistema podemos decir que los individuos, a lo largo del día y de su vida, van formando parte de múltiples subsistemas P-M, pasando de uno a otro con relativa frecuencia, y se ven obligados a responder a requerimientos diferentes en tiempos mínimos.

1.2 Puestos de actividad o trabajo (PP.TT.)

Para el diseño óptimo de puestos de actividad o trabajo (PP.TT.), como en cualquier otro tipo de diseño de producto, es necesario tener en cuenta desde el nacimiento de la idea, una serie de

conceptos o premisas básicas que si se ignoran o se insertan improvisadamente en el sistema, lo invalidan, lo lastran gravemente, o en el mejor de los casos propugnan la obtención de un resultado ramplón del mismo.

Por todo ello, para abordar cualquier proyecto de diseño de PP.TT. es necesario trazar *a priori* una línea de actuación de diseño conceptual, a manera de ruta, donde aparezcan debidamente señalizados todos aquellos hitos y aspectos básicos que no deben ser pasados por alto en el nuevo diseño o rediseño de PP.TT. Esta metodología de trabajo debe estar presente en cada etapa del proyecto, sin que, por otro lado, esta guía signifique una atadura que incapacite al equipo en su toma de decisiones, o constriña el aporte de ideas novedosas u originales.

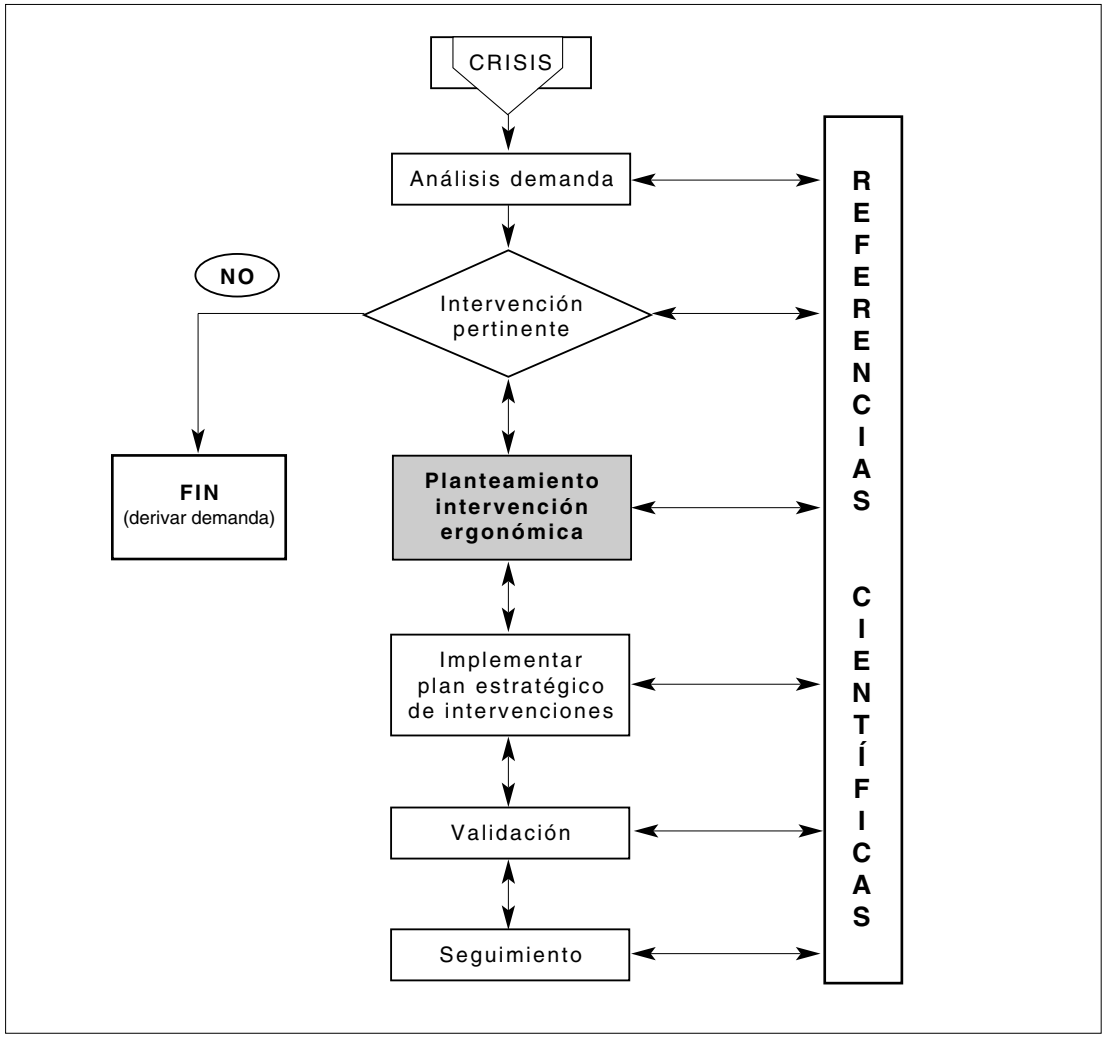

Fig. 1.2 Esquema de intervención ergonómica: de la crisis a la resolución

Las recomendaciones ergonómicas que aparecerán a lo largo del presente libro –a modo de guía o manual de diseño ergonómico de PP.TT.– pretenden servir de señuelo; por ello las sugerencias están secuenciadas, se busca interferir lo menos posible en la creatividad del equipo de ingeniería de diseño, y se advierte continuamente que todas y cada una las decisiones a que puedan conducir deben ser, además, rigurosamente compatibilizadas entre sí, al menos al final de cada etapa proyectual, ya que con frecuencia su aplicación rígida puede conducir a situaciones incoherentes y hasta, en algunos casos, absurdas.

Por ejemplo: se puede dar la situación paradójica de que, al realizar los cálculos para el diseño de un área de trabajo para un grupo de personas, el espesor de una mesa resulte negativo (la altura de la superficie inferior mayor que la altura de la superficie superior), al decidirse la altura de su superficie inferior por la altura muslo-suelo (sentado el individuo) de los valores mayores de la población –principio correcto–, y la altura de su superficie superior por la altura de codos-suelo de los valores menores de esa misma población –también correcto–, pues puede existir una contradicción en la rigurosa aplicación de ambos principios. En tal situación, el equipo de trabajo deberá, naturalmente, tomar decisiones propias, muchas veces complejas y en algunos casos provistas de una gran carga de creatividad.

Este libro aborda el diseño ergonómico de PP.TT. considerando en profundidad tres tipos de relaciones en el interfaz persona-máquina:

1. relaciones dimensionales,
2. relaciones informativas,
3. relaciones de control.

En las relaciones dimensionales se buscan la compatibilidad entre las medidas antropométricas dinámicas de los distintos usuarios potenciales de los PP.TT. objeto del diseño, y las dimensiones, formas y estructuras que habrán de tener éstos y sus distintas partes, de manera que pueda garantizarse que las personas que las utilizarán según sus actividades (operarios, instaladores, mantenimiento, limpieza...) se hallen en situación de bienestar físico y del bienestar psíquico que provoca éste, durante todo el tiempo que duren las actividades.

En las relaciones informativas se analiza la compatibilidad necesaria entre la capacidad de la percepción de la información de los trabajadores antes y durante el trabajo, la información que deben recibir y los dispositivos informativos (sonoros, visuales y táctiles) necesarios para ser trasmitida esa información satisfactoriamente.

En las relaciones de control se analiza la compatibilidad entre las necesidades de los usuarios para poder regular las máquinas y los procesos con eficiencia, seguridad, rapidez y bienestar, mediante los mandos apropiados.

Pero en el libro también se abordan, aunque de forma sucinta, otro tipo de relaciones, como es el caso de las relaciones ambientales: se analiza aunque de forma muy somera, la compatibilidad entre los usuarios y el ambiente (ruido, microclima, iluminación) durante las actividades; el tema de la

biomecánica; el gasto energético y diferentes métodos de evaluación y cálculo del transporte de cargas, esfuerzos y cadencias, y momentos que debemos utilizar en el diseño holístico de PP.TT. De hecho, no se profundiza en extremo en estos temas ya que son tratados extensamente por otros libros de esta colección.

Como puede comprenderse, para el ergónomo es imprescindible prever la interacción armoniosa entre los diferentes tipos de relaciones, de ahí que aspectos tratados en un capítulo, aparezcan también referenciados en otros. Por ejemplo: el tamaño de las teclas es un asunto propio de las relaciones dimensionales, pero también lo es de las relaciones de control (facilidad para controlar) y de las relaciones informativas (identificación de la tecla apropiada mediante el tacto, la posición, la textura y el *feeling* –y la visión– el color, la posición y la forma).

Además, la coherencia intrínsica en el diseño solamente es posible cuando todos los estímulos exteriores están sintonizados y entran en resonancia con la personalidad del sujeto provocando una respuesta positiva de verdadera satisfacción integral, mediante sensaciones que desarrollan el intelecto de forma favorable. De ahí que se haga evidente que el control sobre los PP.TT., la máquina, el entorno... y la percepción de sus respuestas (información), más que simples necesidades para desarrollar la actividad, sean estímulos que cubran las necesidades humanas cuya satisfacción produzca un estado de bienestar generalizado en la persona, condición *sine qua non* para obtener sistemas productivos de calidad.

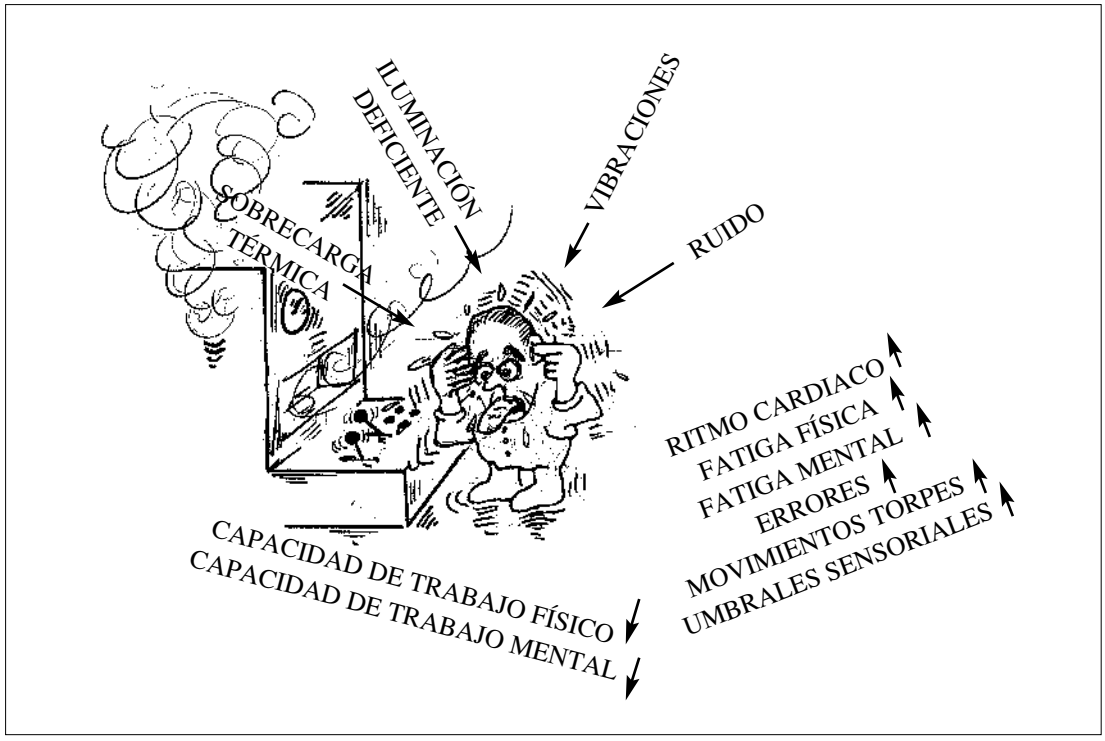

Fig.1.3 Efectos de un ambiente hostíl

Sin duda que los aspectos del ser humano que poseen más latitud de diferenciación son las características psicofisiológicas, por lo que resulta difícil hallar patrones de estímulos que satisfagan por igual a una población numerosa, e incluso son muchas las contradicciones en las respuestas interindividuales. Sin embargo, partiendo de determinados aspectos comunes, es posible trazar pautas generales que faciliten el establecimiento de clases o grupos de respuestas similares. Cabe resaltar, además, que nuestra intención, al menos latente, es generar PP.TT. integradores y transgeneracionales, que consideren a todos los operarios sin sesgos de edad, sexo o discapacidad, aunque seamos conscientes de las dificultades que ello entraña y de lo limitado de nuestras aportaciones.

El conjunto de estímulos exteriores que actúan sobre el individuo lo hacen sistémicamente como un ente único (el ambiente) y sobre un ente único (la persona). La luz (niveles de iluminación, colores, contrastes, luminancias, distribución de las luminancias, difusión de la luz, tamaños de los objetos y distancias visuales, tiempos de duración y movimientos de los estímulos visuales) actúa integralmente sobre nuestro sistema visual, que se encarga de trasmitir al cerebro un resultado y desarrollar complicadas y complejas respuestas, propias de la interacción entre la luz y la visión de cada persona, que pueden ser satisfactorias o indiferentes o desagradables o perjudiciales, todas en grados muy variados, en función del estímulo, de las capacidades fisiológicas, de la personalidad y las características del sujeto, etc.

Lo mismo ocurre con el sonido (frecuencia, nivel de presión sonora, compás, armonía, ritmo...) con el microclima o ambiente térmico (temperatura del aire, humedad, velocidad del aire y calor radiante), y con todos los estímulos del ambiente que actúan sobre el individuo.

Un puesto de actividad diseñado con un claro objetivo ergonómico debe considerarse en su totalidad, como un elemento que ocupa un lugar en el espacio físico y simbólico (el espacio interior de cada individuo). Es en este lugar donde tenemos que intentar ocupar una posición y conseguir una unidad físico-simbólica entre la persona y el resto del sistema.

Al proyectar puestos de trabajo o actividad no podemos pasar por alto que son múltiples las variables que se deben considerar: los PP.TT. colocados en distintos entornos, en situaciones espaciales totalmentes diferentes y de difícil previsión, sobre las cuales no tenemos control. Una taquillera expuesta al público, un operario de prensas, un oficinista, una mecánica de automóviles... Ahora bien, estas situaciones laborales, por muy dispares que sean, siempre ponen en evidencia cualquier defecto conceptual por mínimo que sea, y se manifiesta y afecta a la totalidad de la jornada, lo cual hace que el individuo valore su puesto como un producto incompleto y defectuoso que le impide operar con el grado de calidad programado. De ahí la importancia de catalogar el tipo de proyecto que estamos desarrollando y el papel que debe desarrollar en él la persona.

Además, dado que nos manejamos en un espacio tridimensional, con una variabilidad inmensa de usuarios potenciales, para conseguir diseñar PP.TT. que mantengan una unidad físico-simbólica debemos integrar y armonizar el mayor número posible de variables, y recordar que cualquier movimiento, desplazamiento... siempre se deberá analizar con unas coordenadas espaciales (x, y, z), y que el resultado final será producto de una matriz de usuarios por unas situaciones espaciales y por unas características físicas, psicológicas y sociales de las actividades.

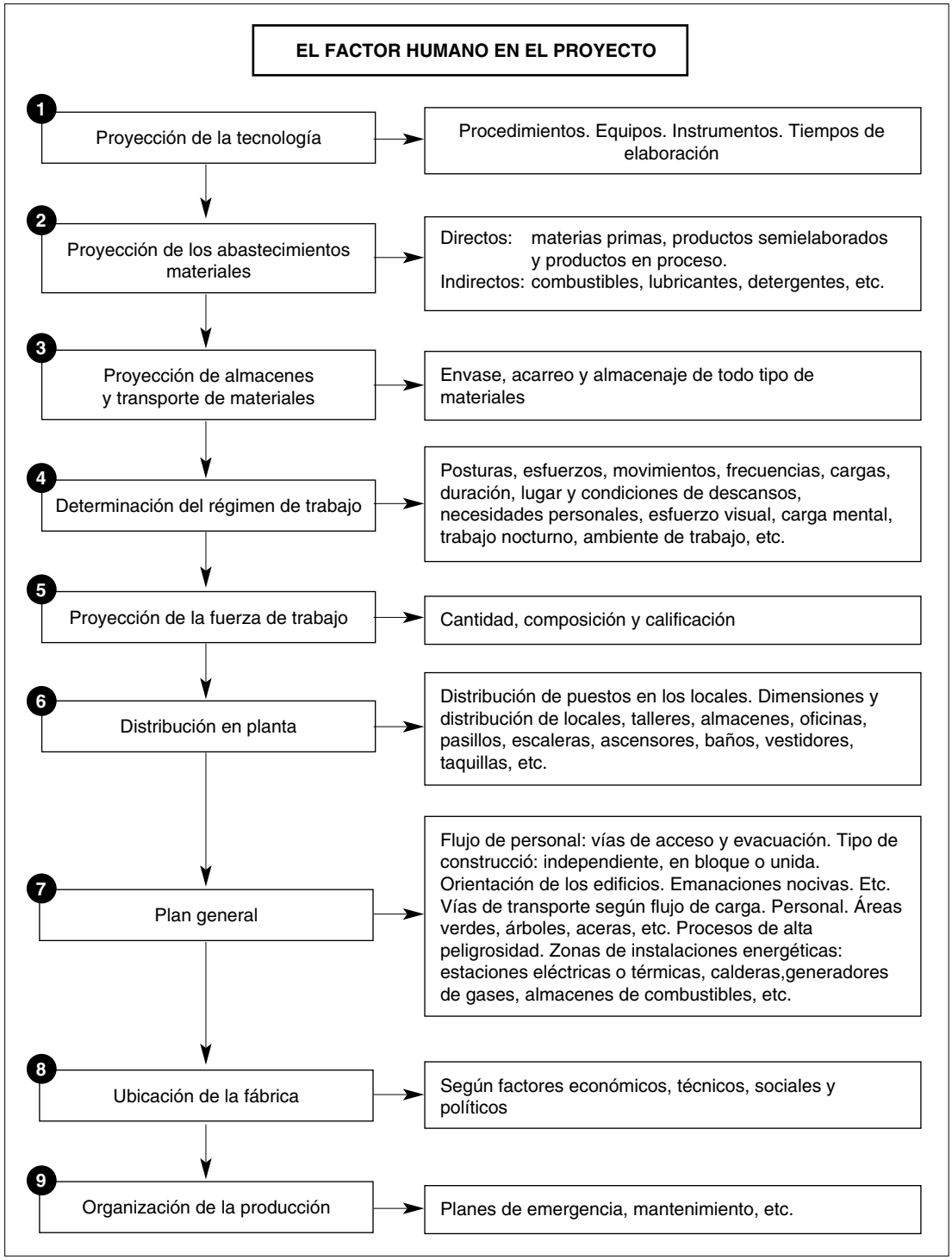

Fig. 1.4 El factor humano en el proyecto

Por otro lado, las máquinas son sensibles al ambiente, pero también al carácter y al estado emocional de las personas que las manipulan, que se manifiestan en la forma de operarlas y tratarlas. Todo esto lo saben perfectamente los equipos de diseñadores, por ejemplo los de máquinas electrónicas, especialmente las dirigidas a las actividades militares, que tienen que "sufrir" ambientes y tratamientos muy alejados de las zonas de uso deseables. De ahí que al diseñarlas se deban considerar también las situaciones críticas y de emergencia, las puntas de trabajo, las diferencias interculturales de los operarios, los posibles países de ubicación, y todo tipo de idiosincracia, para evitar que nuestros proyectos puedan generar situaciones patógenas para el trabajador, o sorpresas que puedan desembocar en accidentes e incidentes (materiales o humanos).

A modo de ejemplo, resulta interesante comprobar cómo el ambiente actúa sobre las personas y las máquinas eléctricas y electrónicas; pero esta verdad de perogrullo en el caso de las personas, se convierte en sorprendente en las reacciones pseudohumanas de algunas máquinas. Sorprende a los neófitos, que un receptor de televisión fabricado en y para un país frío, que funcionaba perfectamente, al ser trasladado a un país tropical "enferme" y comience a funcionar defectuosamente. Pero impresiona aún más el hecho de que al ser conducido al taller para su reparación, los técnicos no sólo no hallen el origen de los fallos, sino que éstos desaparezcan. De ahí que los técnicos finalmente descubran que la "enfermedad" del televisor es la falta de aclimatación, como ocurre con las personas, y que el taller, que obviamente está climatizado, restituye el ambiente óptimo al televisor. El "enfermo" se cura al serle sustituidos varios componentes y protegidos otros mediante barnices aislantes de determinado tipo. Así se "aclimata" al equipo: tropicalizándolo. Y si esta sensibilidad de las máquinas al ambiente, aunque sorprenda, es real, obviamente en las personas se hace mucho más clara y crítica.

Así pues, luz, sonido, calor o frío, vibraciones, ropa, características psíquicas y físicas de la actividad, espacios para los movimientos, dimensiones, formas, colores, texturas de los objetos que la rodean y con los que la persona puede estar en contacto físico, visual, olfativo, auditivo y gustativo, componen con el hombre un único sistema, en el cual el individuo, que es la parte más importante, está sometido a una constante acción de los restantes componentes del sistema, que lo obligan a sentir permanentemente su influencia (luces, colores, formas, sonidos, texturas), adoptar posturas y posiciones, a efectuar movimientos, a tomar decisiones o a asimilar pasivamente una situación emocional que puede provocarle placer o molestia, sentimientos agradables o desagradables...

Respecto a los espacios y las dimensiones de los objetos componentes de un sistema persona-máquina, para analizar sus dimensiones y las de sus subsistemas, y la necesaria compatibilidad entre ellos, se utiliza la antropometría como herramienta y la persona como patrón de medida, de la misma forma que para todo tipo de relación en el sistema persona-máquina; respecto a los esfuerzos, se utiliza la biomecánica como instrumento de análisis y cálculo.

Aún no existen estudios antropométricos completos en todos lo países, por lo que la información antropométrica utilizada para las recomendaciones ofrecidas en este libro está tomada de las mediciones efectuadas en muestras de la población seleccionada por los autores para la intervención en diversos proyectos y durante trabajos realizados en distintas empresas españolas.

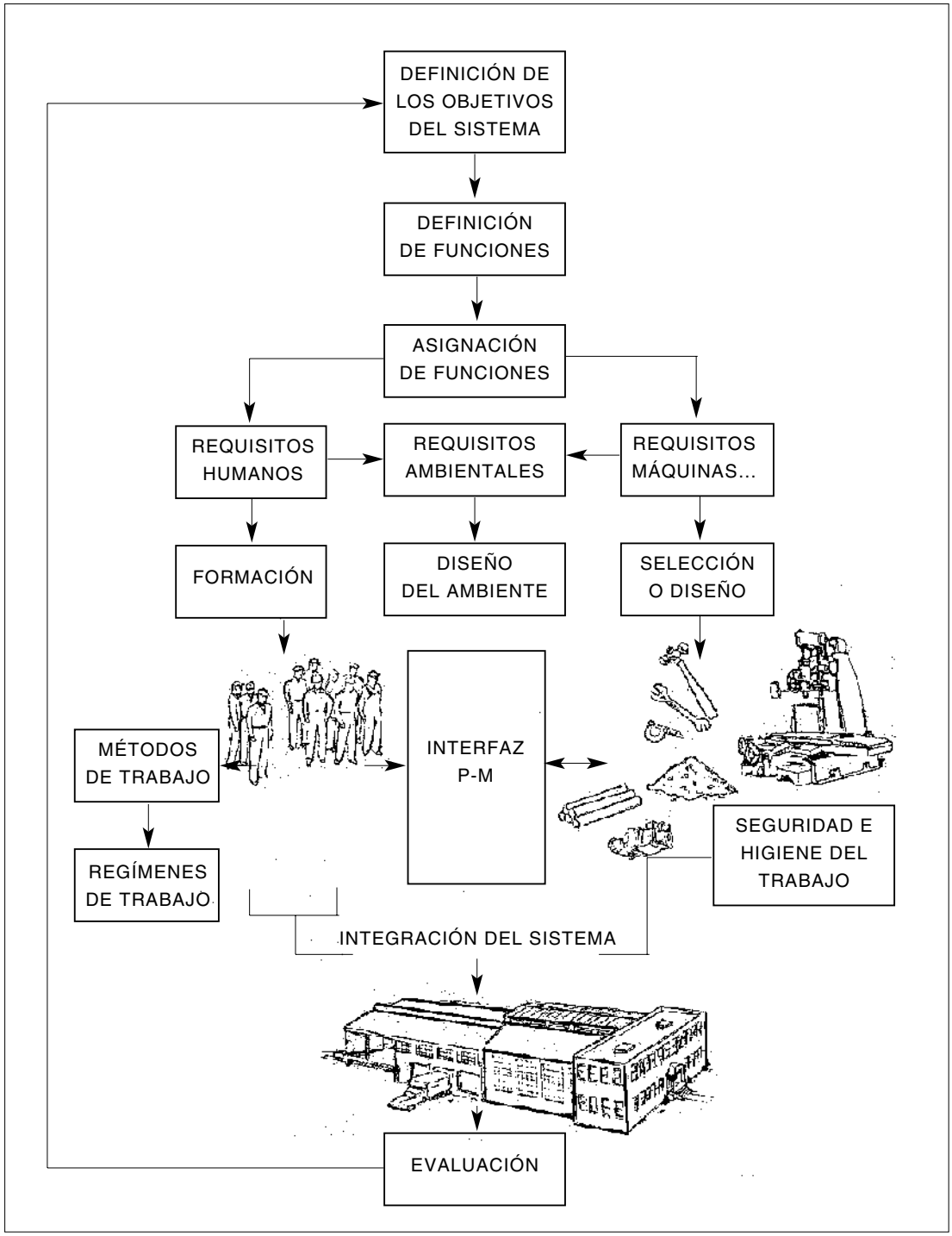

Fig. 1.5 Desarrollo de un proyecto

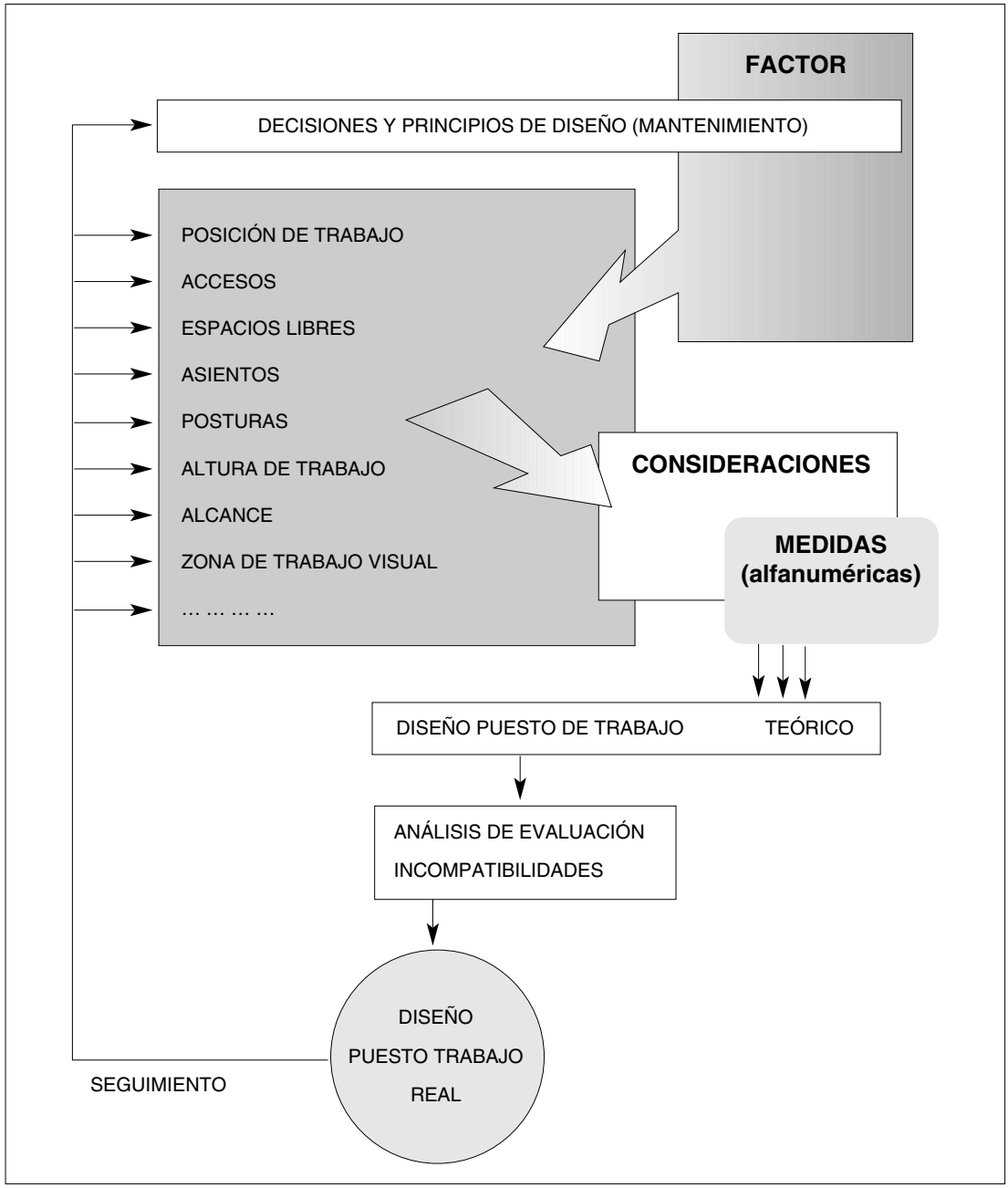

Fig. 1.6 Esquema simplificado del proceso de diseño de un puesto de mantenimiento y su evaluación

Creemos que es de suma importancia aclarar que la información antropométrica, biomecánica y biofísica de las personas debe ser manejada ante todo con espíritu creador y como un dato relevante pero no único, así como la matemática estadística empleada en su procesamiento, ya que no son más

que herramientas, y los resultados dependen de la capacidad, experiencia, creatividad y habilidad de quien los utilice. Cabe remarcar que de nada vale una rigurosa precisión milimétrica en el diseño físico de los PP.TT. cuando el ser humano es sumamente inexacto, impreciso y cambiante a lo largo del día y de su vida, tanto en sus dimensiones estáticas como dinámicas, y en su comportamiento psicológico.

Por último, recordar que cualquier intervención que realizemos en un sistema P-M debe tener prevista su evaluación, ya que todo proyecto debe asegurar su calidad y grado de pertinencia, mediante mecanismos de planificación y control. Al menos, en la fase conceptual, deberemos controlar que nuestro proyecto tenga viabilidad económica y sea tecnológicamente factible. Cuando hayamos implementado nuestro diseño deberemos, necesariamente, elaborar un informe del grado de efectividad del mismo; de ahí la necesidad de dotarnos de unos mecanismos de registro coherentes con los objetivos, que nos permitan evaluar los resultados obtenidos sobre los previstos, y que faciliten algún tipo de *ratio* entre el coste (material, económico, social, político....) y el beneficio, para de esta forma comprobar si nuestra intervención ha tenido algún tipo de recompensa.

No debemos olvidar que toda intervención ergonómica se debe caracterizar por poseer dos niveles de bondad en los resultados: por un lado, cómo y en qué grado se ha mejorado la calidad de vida de los operarios, y por otro, cómo y en cuánto hemos mejorado la efectividad del sistema. Sólo cuando nuestra intervención mejora estos dos aspectos podemos hablar de una intervención ergonómica en el sistema, ya que cualquier optimización que solamente considere una parte, pierde, a nuestro entender, el carácter ergonómico de la intervención para asentarse en otros campos, algunas veces afines y próximos a la ergonomía, pero carentes de los principios básicos que deben regir las intervenciones de esta ciencia en los sistemas.

2 Relaciones dimensionales. Antropometría

2.1 Espacios de actividad

Un par de zapatos incómodos, irritan, dañan el pie, y provocan mal humor hasta que decidimos tirarlos a la basura o ponerlos en la horma; un puesto de trabajo incómodo daña el organismo, afecta la productividad y la calidad del trabajo y provoca mal humor, pero no podemos abandonarlo. Más aún, en muchas ocasiones no tenemos consciencia del mal diseño de un puesto de trabajo y de los contratiempos que éste provoca, lo soportamos abnegadamente día a día durante la jornada laboral, y sus defectos acostumbran a estar enmascarados tras dolores cervicales, lumbares, de hombros, de cabeza, varíces, accidentes, baja productividad, mala calidad de los productos, absentismo sin explicación o simple apatía por el trabajo.

El principio ergonómico fundamental que debe regir todas nuestras intervenciones es el de adaptar la actividad a las capacidades y limitaciones de los usuarios, y no a la inversa.

Durante las venticuatro horas del día, minuto a minuto, todos los años de nuestras vidas, estamos formando parte de múltiples sistemas y ocupando los más variados espacios en diversos lugares donde realizamos todas nuestras actividades, alguna de las cuales, ciertamente, jamás podemos dejar de hacer. Las relaciones dimensionales que se establecen entre nuestros cuerpos y muchos de estos espacios y objetos generalmente no se ajustan a nuestras necesidades antropométricas.

En el dormitorio, en la ducha y el baño, en el comedor, en el coche, metro o autobús; en la fábrica, mina, aula, u oficina; en la biblioteca, en casa realizando un sinnúmero de actividades domésticas, viendo la televisión, leyendo la prensa, descansando; en la calle, en la montaña, en la playa, en la discoteca, en el bar, en el restorán; las personas con mucha frecuencia deben, aunque a veces inconscientemente, adaptarse físicamente para integrarse a los sistemas, golpeándose, estirándose, encogiéndose, agachándose...

La revolución industrial trajo consigo la producción masiva, lo que provocó una derrota para las compatibilidades dimensionales que existían entre las personas y sus entornos, cuando el diseño de los mismos dependía de los artesanos; lo mismo en los productos y herramientas, como en los

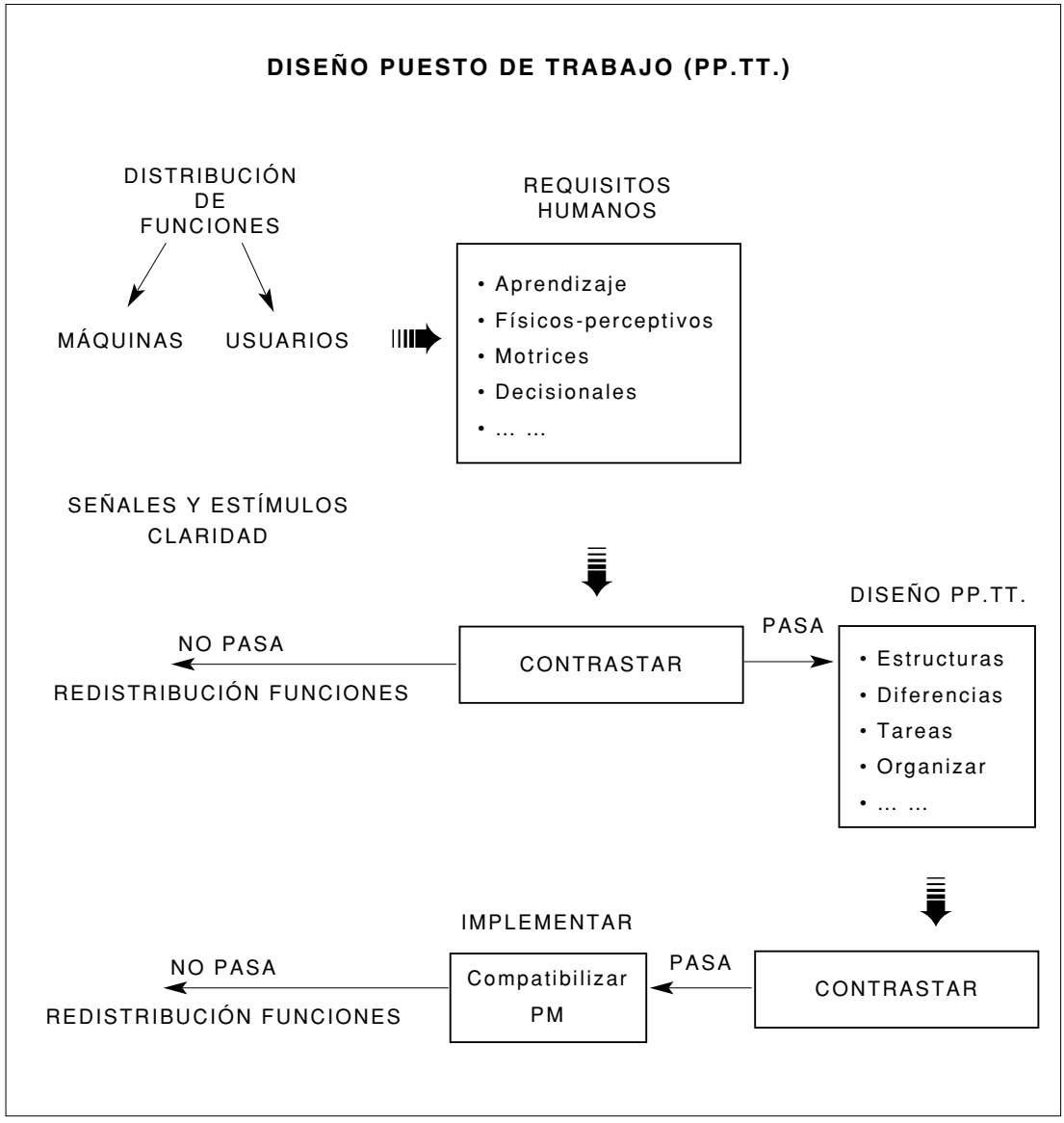

Fig. 2.1 Diseño de puestos de trabajo (PP.TT.)

espacios de actividad en todos los ámbitos de la vida. Por los objetos y el mobiliario dejados por nuestros antepasados es posible saber, más o menos, cómo eran, porque todo se hacía a su medida. Incluso las unidades utilizadas partían de las personas: el codo, el pie, la pulgada, el palmo..., cuando las personas eran la medida de todas las cosas (figura 2.3). Por el tamaño de sus armaduras sabemos que los valientes guerreros de la edad media eran mucho menos corpulentos que lo supuesto y por los muebles de la casa del Greco en Toledo sabemos que el ilustre pintor no era tan esbelto como lo imaginamos al compararlo con los cánones actuales.