

41126
99



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**

**“FUNDAMENTOS DE ERGONOMÍA Y SU APLICACIÓN
EN LOS SISTEMAS HOMBRE-MÁQUINA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA MECÁNICA ELÉCTRICA
P R E S E N T A :
VÍCTOR RICARDO ROBLEDO ANDRADE

ASESOR:
ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MÉXICO

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN**

**VICTOR RICARDO ROBLEDO ANDRADE
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 27 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ pueda dirigirse el trabajo de tesis denominado "FUNDAMENTOS DE ERGONOMIA Y SU APLICACION EN LOS SISTEMAS HOMBRE-MÁQUINA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 1 de octubre de 1977
LA DIRECTORA

L. M. Turcott
ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



- GR*
- C p Secretaría Académica.
 - C p Jefatura de la Cámara de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
 - C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/lla.

3

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/0001/2003.

ASUNTO: Sinodo

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO
P R E S E N T E

Por este conducto me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sinodo del Examen Profesional del alumno: **VÍCTOR RICARDO ROBLEDO ANDRADE**, con Número de Cuenta: **8125894-9**, con el tema de tesis: **"FUNDAMENTOS DE ERGONOMÍA Y SU APLICACION EN LOS SISTEMAS HOMBRE-MAQUINA"**.

PRESIDENTE:	ING. IRMA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ	MAYO	84
VOCAL:	ING. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ	MAYO	90
SECRETARIO:	ING. JOSÉ ANTONIO ÁVILA GARCÍA	NOVIEMBRE	90
SUPLENTE:	ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA	MAYO	91
SUPLENTE:	ING. JOSÉ MANUEL PÉREZ CORONA	AGOSTO	99

Quiero subrayar que el Director de Tesis es el Ing. David Moisés Terán Pérez, el cual esta incluido basándose en lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Bosques de Aragón, Estado de México, 6 de enero de 2003.
EL JEFE DE CARRERA


ING. RAÚL BARRÓN VERA

Ccp - Lic. Ma. Teresa Luna Sanchez - Jefa del Depto. de Servicios Escolares.
Ccp - Ing. David Moises Terán Pérez - Asesor de Tesis.
Ccp - Alumno
RBvamce

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

C



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 6 de enero del año en curso, por la que se comunica que el alumno VICTOR RICARDO ROBLEDO ANDRADE, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "FUNDAMENTOS DE ERGONOMÍA Y SU APLICACIÓN EN LOS SISTEMAS HOMBRE-MÁQUINA", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 6 de enero del 2003
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO BARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/vr

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

0

DEDICATORIA

A mis padres:

Mercedes y Víctor

Por su apoyo incondicional,
Su amor profundo y
Su integridad ejemplar.

A mi hermana:

Maria de los Angeles

Por su gran cariño y por
Ser un ejemplo de trabajo,
Constancia y dedicación.

A mis abuelitos:

*Mercedes[†] y Cupertino[†]
Esther[†] y Arnulfo[†]*

"Para que el arbol
crezca sano, la raiz
debe ser fuerte y profunda"

A mis tí@s y prim@s:

Por su afecto desinteresado
y su alegría de vivir.

A mis amig@s:

De ayer, hoy y siempre; presentes y ausentes;
a quienes agradezco el haberme dado lo mas
valioso de ellos : SU AMISTAD

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

E

AGRADECIMIENTOS

Al *Ing. David Moisés Terán Pérez*, por la aceptación, el interés y el apoyo brindados para la realización del presente trabajo.

Al *Ing. Raúl Barrón Vera*, Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, UNAM; por el apoyo y las facilidades administrativas otorgadas para la elaboración del presente trabajo.

A las *escuelas públicas* por cuyas aulas transité; inculcándome valores de responsabilidad, solidaridad, deber, lealtad, solidaridad y compromiso social.

A la *Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, UNAM*, que me formó académicamente, dándome los elementos teórico-prácticos para el desempeño de mi profesión de manera seria y responsable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"Cuando un hombre tiene la necesidad de justificar su vida, no importa la magnitud objetiva y general de su obra, sino que en su vida y en su hacer logre reflejar en la forma mas absoluta y pura su ser"

Hermann Hesse

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

G

INTRODUCCIÓN.

La industrialización ha creado un nuevo ambiente para el hombre, el cual ha incidido en su desarrollo y personalidad; así, en la medida en que se tome en cuenta la esencia del hombre, el proceso de formación de dicho ambiente responderá mejor a la naturaleza humana y a las necesidades de la Sociedad. La tendencia actual es elevar en forma vertical el papel del Factor Humano en la Producción, el cual inicialmente quedó relegado ante la revolución científico-técnica. Por otro lado, el progreso técnico plantea el problema hombre-máquina-entorno:

- a). El diseño del equipo es demasiado complejo y le crea problemas de adaptación al individuo.
- b). Surge la necesidad de equilibrar y concordar el diseño y condiciones de funcionamiento de los equipos con las características del trabajador.
- c). Se busca conseguir la interacción óptima del hombre y la máquina con el fin de minimizar los costos técnicos y los costos del error humano.
- d). El diseño de un nuevo dispositivo técnico obliga al estudio del sistema integrado hombre-máquina-entorno.

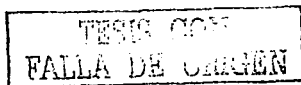
En esta integración de elementos intervienen por un lado las ciencias técnicas (físico-matemáticas, químicas y técnicas), y por el otro lado las ciencias biológicas, psicológicas, económicas y sociales.

La Ergonomía surge del concepto de que la actividad laboral no es la máquina sola, o el individuo solo, o el individuo manipulando la máquina, sino más bien la investigación mancomunada para encontrar la concordancia entre las posibilidades físicas de la máquina y las propiedades psicofisiológicas del individuo.

Puede concluirse que la Ergonomía se ha formado por la confluencia de una serie de disciplinas tales como la psicología, la fisiología, la seguridad e higiene y las ciencias técnicas; a excepción de las técnicas, todas ellas examinan al individuo en el trabajo desde distintos puntos de vista.

Los estudios ergonómicos no se limitan exclusivamente al problema hombre-medio laboral, sino que van más allá, aplicando sus criterios y esquemas a cualquier actividad humana, tanto en la producción como en la vida cotidiana. Una de sus aplicaciones es la de diseño y construcción de complicados artículos industriales de uso doméstico cultural, aplicaciones en los vehículos para comodidad y seguridad de los usuarios, etcétera.

El trabajo ergonómico corresponde a la categoría de investigaciones aplicadas que aseguran la integración de la ciencia en la producción y que se ofrecen medidas encaminadas a aliviar el trabajo y elevar su eficacia y calidad.



La aplicación de los principios ergonómicos en la industria, los transportes, la construcción, la energética, etcétera, eleva el rendimiento y mejora la calidad del producto o servicio. El elemento humano es el factor dinamizante con características de reservable y ponderable para aumentar la eficacia de la producción en todas las actividades, esto es que no se emplea una sola vez; por esta consideración la Ergonomía hace hincapié en lograr que el trabajo del hombre no sólo sea más productivo, sino más rico en contenido e interesante y creativo.

La Ergonomía es una disciplina científico-técnica y de diseño que estudia integralmente al hombre (o grupos de hombres) en su marco de actuación relacionado con el manejo de equipos y máquinas, dentro de un ambiente laboral específico, y que busca la optimización de los tres sistemas (hombre-máquina-entorno), para lo cual elabora métodos de estudio del individuo, de la técnica y de la organización del trabajo.

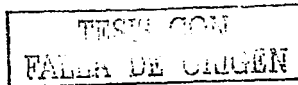
El objetivo principal de la Ergonomía, es la actividad concreta del hombre aplicado al trabajo utilizando medios técnicos; su objetivo de investigación es el sistema hombre-máquina-entorno. El valor de la Ergonomía radica en su nivel de síntesis de los aspectos humanos y técnicos. Ello presupone una actuación en dos direcciones:

- ✓ Análisis de las exigencias presentadas por el hombre a las máquinas y su funcionamiento.
- ✓ Análisis de las exigencias presentadas por la máquina (o técnica) al hombre y las condiciones de su actuación.

Estas dos direcciones están interrelacionadas y las soluciones óptimas se concentran por lo general en su empalme, lo que lleva a concretar las recomendaciones de la antropología, la psicología, la sociología y la seguridad, y no tomar soluciones aisladas.

La ergonomidad de la máquina es una característica integral de las siguientes propiedades de las máquinas: facilidad de manejo, facilidad de mantenimiento, facilidad de asimilación y habilitación. Las primeras tres características definen la propiedad orgánica de la máquina, incluida y concatenada con el tipo de actividad humana; la cuarta caracteriza la aproximación de las condiciones de funcionamiento a los parámetros biológicos del medio ambiente en que actúa el individuo.

La productividad es el resultado de la confluencia racional de los elementos, medios y procedimientos que intervienen en el trabajo, con resultados eficientes y eficaces que se traducen en una mayor rentabilidad, menores costos, mayor motivación personal, mejor calidad y excelente clima laboral. En términos generales, es la relación positiva insumos-producto en la cual la ergonomía participa mejorando ampliamente dicha relación.



OBJETIVO GENERAL.

Especificar los Fundamentos de la Ergonomía y su Aplicación en los Sistemas Hombre-Máquina en la Industria Actual en México.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- 1.- Explicar las características más importantes de la Ergonomía y de los Sistemas Hombre-Máquina.
- 2.- Especificar cómo se relaciona la Ergonomía en el Puesto de Trabajo.
- 3.- Explicar la relación existente entre la Ergonomía y los Sistemas, buscando el Perfeccionamiento de los Sistemas Hombre-Máquina.
- 4.- Explicar las Modalidades en que se da la Aplicación de la Ergonomía en la Industria Mexicana Actual.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO I.

I.-La Ergonomía y los Sistemas Hombres-Máquinas.

I.1.- Definiciones.

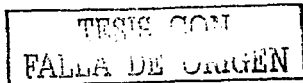
No existe una definición oficial de la ergonomía. Cabe proponer la siguiente: "tecnología de las comunicaciones en los sistemas Hombres-Máquinas".

Es una tecnología, es decir, menos que una ciencia y más que una técnica. Según el Chamber's Technical Dictionary, la tecnología es "la práctica, descripción y terminología de las ciencias aplicadas que, consideradas en su totalidad ó en ciertos aspectos, poseen un valor comercial". Por el momento se dejara el "valor comercial" y subrayaremos que la ergonomía utiliza un conjunto de ciencias y técnicas.

Ciencias como la psicología, la fisiología y las matemáticas, y técnicas como el análisis de tareas. De este aspecto de la definición, hay que formular dos consecuencias. En primer lugar, la ergonomía es tributaria de varias disciplinas: ni la psicología, ni la fisiología, ni cualquier otra ciencia, puede pretender que deriva solo de ella. La segunda consecuencia consiste en el carácter "aplicado" de la ergonomía; esta aspira, no sólo al estudio de los sistemas Hombres-Máquinas, sino también a su perfeccionamiento.

La ergonomía es una tecnología de las comunicaciones en los sistemas Hombres-Máquinas. Más exactamente, es una tecnología de las comunicaciones entre el hombre y las máquinas, si conferimos a este último término un sentido muy amplio: máquinas, herramientas, diversos accesorios, instrucciones, consignas, registros... y también, para cada hombre, los demás hombres del sistema. Más adelante se verán tales comunicaciones, que consisten en señales y en respuestas a dichas señales. Las comunicaciones entre el hombre y la "máquina" definen el trabajo. En este sentido, la ergonomía es el estudio del trabajo con el fin de mejorarlo.

La ergonomía es una tecnología de las comunicaciones en los sistemas Hombres-Máquinas.



Un *sistema* es un conjunto de variables interdependientes que tienden a alcanzar un fin común a todo el sistema. " El concepto de sistema (...) supone un *fin ó proyecto*, así como la *interacción y comunicación* entre los componentes ó las partes" (Kennedy, 1962)¹. El fin define el sistema, y en este sentido se debe interpretar la afirmación de Ashby (1958): "El sistema es una lista de variables que hay que tomar en consideración." Por tanto, sólo de forma excepcional el sistema es un objeto físico cuyos contornos se hallan bien delimitados.

Hay tantos sistemas como fines, y aquellos pueden superponerse a otros, solaparse, organizarse jerárquicamente. Así, por ejemplo, el sistema cuyo fin es trasladar rápidamente a los viajeros de París a Roma se compone de un avión, su tripulación, los dos aeropuertos con sus respectivos equipos, etc. Un subsistema sería el constituido por el radar de abordaje y su operador. Su fin consiste en evitar las perturbaciones atmosféricas a determinado avión.

Como sistema parcialmente común, cabría citar el conjunto de instalaciones que hacen posible el acceso al aeropuerto de Roma (facilitan así mismo el aterrizaje de aviones que no proceden de París). Un sistema más amplio viene representado por el conjunto de líneas aéreas europeas, cuyo fin es social y económico, etcétera.²

La ergonomía atañe a los sistemas *hombres-máquinas*, es decir, a aquellos sistemas en los que al menos un elemento es un hombre con cierta función. Es inútil precisar que representan actualmente la mayoría de los sistemas con carácter industrial ó militar.

«Un sistema *hombres-máquinas* es una organización cuyos componentes son hombres y máquinas que trabajan conjuntamente para alcanzar un fin común y están unidos ente sí por una red de comunicaciones» (Kennedy, 1962).

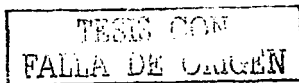
Ó también:

«Un sistema *hombres-máquinas* puede definirse como una combinación operatoria de uno ó mas hombres con uno ó mas componentes, que interactúan para suministrar, a partir de elementos dados (*input*), ciertos resultados, teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por un ambiente dado» (McCormick, 1964).

El término "sistema *Hombres-Máquinas*" se refiere, tanto al sistema "un hombre una máquina" como al sistema "varios hombres varias máquinas" (como es el conjunto de operadores encargados de la utilización y el mantenimiento de un laminador complejo).

¹ "Un Sistema es un conjunto constituido por objetos, por las relaciones de estos objetos entre sí y por las relaciones de los atributos de estos objetos entre sí."

² Consúltense Goode y Machol (1963) acerca de los métodos de estudio de los sistemas en general.



Tal distinción entre el simple puesto de trabajo y el sistema complejo es importante. En un sistema Hombres-Máquinas, debe insistirse sobre la interacción de los hombres y las máquinas. La ergonomía no estudió al hombre aislado ni a la máquina aislada. No constituye un capítulo de antropología ni uno de *engineering*. En ello reside su originalidad, así como el origen de su eficacia. Semejante concepto resulta de una evolución en donde llevo a aquellos que han estudiado el trabajo, de una perspectiva "centrada en la máquina" a una perspectiva "centrada en el hombre", para alcanzar, gracias a la ergonomía, una perspectiva "centrada en el sistema".

Los ergónomos soviéticos, ávidos de dialéctica, han publicado varios estudios teóricos de las relaciones que existen entre el hombre y la máquina en los sistemas. Así, Leontiev, Lerner y Oshanin (1961):

"Cuando se estudia el sistema 'Hombre y Máquina automática', se debe evitar caer en cualquiera de estas dos ideologías, opuestas pero igualmente erróneas: la del antropomorfismo, que intenta copiar, de una forma ni crítica ni racional, las funciones psicofisiológicas del hombre al establecer los proyectos de los dispositivos automáticos, y la del mecanismo, que desconoce la particularidades específicas del funcionamiento de organismos vivos, y del hombre en particular, y tiende a considerar al operador como un mecanismo inanimado dentro de los sistemas de dirección".

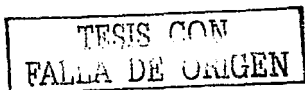
Comentando los efectos de la automatización, que caracterizan el trabajo contemporáneo. Oshanin (1962) subraya, en un importante estudio teórico escrito directamente en francés que:

«el aspecto verdaderamente específico de esta nueva etapa del progreso técnico radica en un acercamiento extremado de las funciones del hombre y de la máquina, en su más estrecho intrincamiento en un todo funcional. Y este hecho nos induce a hablar del sistema 'hombre-máquina' ó, más exactamente, del sistema 'hombre-automata'».

Se precisará que el término "ergonomía" se utiliza en los Países Europeos, incluida Gran Bretaña. En Estados Unidos, las expresiones que más se le aproximan son *human factor, human factor engineering psychology*² y *man-machine-engineering*.

En los Países del Este, se utiliza tanto el equivalente de ergonomía como el del intraducible *engineering psychology*.

² Esta expresión se traduce generalmente por *ergopsicología*. (N. Del T.)



1.2.- Historia y Geografía.

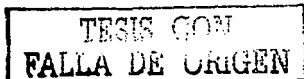
1.2.1.- Del Útil al Sistema.

La implantación de la ergonomía como disciplina autónoma es reciente, pero en todas las épocas los hombres se han preocupado por mejorar su trabajo. Cameron y Corkindale (1961) distinguen tres fases históricas en los estudios acerca del trabajo. Durante largo tiempo tales estudios se "centraron en la máquina": al principio, solamente en el útil y el arma, y más tarde, en las máquinas propiamente dichas: telares, aparatos, vehículos, etc. El hombre se adaptaba peor ó mejor a las máquinas, cuyo aprendizaje era, por lo general, muy largo. La preocupación mayor consistía en la selección y formación de los operadores, con el fin de satisfacer las exigencias de la máquina.

Al ir aumentando el precio de las máquinas paralelamente a su complejidad, y el transformarse su rentabilidad en una exigencia cada vez más imperativa, se fue adquiriendo lentamente conciencia del costo del error humano. Cuando un defecto en el pilotaje puede destruir por sí sólo un avión que cuesta millones, nace la inquietud por facilitar al hombre el empleo del útil. A esa adquisición de conciencia corresponde la fase de los estudios "centrados en el hombre", que los anglosajones han denominado *human engineering* y cuyo equivalente es, aproximadamente, "adaptación de la máquina al hombre". Los especialistas del trabajo se preocupan por modificar las máquinas, con el fin de satisfacer las exigencias (y, sobre todo, respetar los límites) del hombre.

Hasta el final de la última década no se tuvo conciencia de algo que hoy parece evidente: los estudios que tratan de perfeccionar el trabajo han de "centrarse en el sistema", es decir, respetar tanto las características del hombre como las de la máquina, intentando adaptarlas entre sí y atendiéndose al criterio de aumentar al máximo los resultados globales del sistema considerado como tal.

" Por supuesto, esta exposición cronológica de los cambios de perspectiva es muy esquemática. Existen aún numerosos estudios de ergonomía que no van más allá del nivel de *human engineering* de la adaptación de la máquina al hombre. Y ello tiene su justificación, ya que los sistemas "un hombre-una máquina", es decir, los puestos de trabajo considerados aisladamente, no han alcanzado en absoluto su completa adaptación a los operadores, humanos. Sin embargo, cabe pensar con Faverge (1965) que los problemas más importantes en la actualidad y con más razón en el futuro, no atañen ya a la ergonomía del puesto y de las informaciones que el hombre recibe de la máquina, sino a los sistemas, complejos organismos en los que intervienen mecanismos de regulación y autoorganización.



1.2.2.- Características Locales.

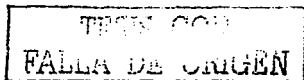
El desarrollo de la ergonomía no ha sido idéntico en los Estados Unidos, Europa Occidental y en los Países del Este.

A) *La ergonomía en los Estados Unidos.*- Aunque como ya se dijo, se desconoce en ellos este término, la ergonomía nació en los Estados Unidos durante la última guerra, de las investigaciones llevadas a cabo en común por la psicología y el ejército, esencialmente los del aire y la marina.

Hasta entonces, la "psicología aplicada", no se le llamaba en aquella época, se había interesado, sobre todo, por la selección y los tests. El empleo de las nuevas máquinas bélicas, principalmente los aviones y radares, presentó tales dificultades que (ya que, por otro lado, la selección resultaba infructífera y la formación demasiado lenta) se consideró, por fin, las importancia de la máquina, y se trató de adaptarla a las características de los operadores humanos. Vino el periodo del *human engineering*, que aún perdura, principalmente en los estudios sobre las instalación de cabinas especiales. Poco a poco, los equipos más avanzados en este dominio fueron aceptando el concepto de sistema, cuya generalización data de la presente década.

Actualmente la ergonomía, bajo el nombre de *human factors engineering* y de *engineering psychology*, posee una base sólida. En 1962 se estimó en 1300 el número de profesionales que se dedicaban a la ergonomía, cifra que no parece haberse superado. Tal estabilización se debe, probablemente a la rapidez misma del crecimiento anterior, así como, a ciertas dificultades que presenta la transición del *human engineering*, que constituye ya el pasado, al estudio de los sistemas Hombres-Máquinas, que todavía no puede considerarse enteramente como el presente.

B) *La ergonomía en la Europa Occidental.*- En 1949 se creó en Oxford el vocablo *ergonomics*. Por tanto, Gran Bretaña puede reivindicar la paternidad de la ergonomía Europea. Y no solo debido a dicha innovación lingüística, sino, principalmente, porque sus ergónomos precedieron a los del continente en varios años. La Ergonomics Research Society en una agrupación de psicólogos, médicos y algunos ingenieros, cuyas preocupaciones, a juzgar por las publicaciones de la revista londinense *Ergonomics*, se sitúa, en su mayoría, en el nivel del *human engineering*. Sin embargo, el equipo del profesor E.R.F.W. Crossman, que, realizó notables estudios sobre el análisis de los sistemas, reside hoy, casi en su totalidad, en California.



Los Países de lengua francesa se agruparon en 1963, formando la Sociedad de Ergonomía de Lengua Francesa (S.E.L.F.)⁴, que ya ha organizado varios congresos.

Contrariamente a los americanos, y también, aunque en menor grado, a los británicos, los ergónomos francófonos rara vez son psicólogos. Sobre todo en Francia, se considera a menudo la ergonomía como una especialización de ciertos fisiólogos y médicos que trabajan dentro de los límites de los laboratorios universitarios. Constituyen una importante excepción las investigaciones de J. Leprat y su equipo, conocidas en todo el mundo y llevadas a cabo, primero en el Ministerio de Trabajo (C.E.R.P.), y más tarde en la Escuela práctica de altos estudios.

Varios laboratorios del Ejército Francés están dedicados a la ergonomía. En lo que respecta a la Marina, el Centro de Estudios e Investigaciones de Psicología Aplicada (C.E.R.P.A.) de Toulon; en lo que se refiere al Ejército del Aire, El Centro de Estudios y de Instrucciones Psicológica del Ejército del Aire (C.E.I.P.A.A.) de Versailles y el Centro de Investigaciones de Medicina Aeronáutica (C.E.R.M.A.) del País. Dentro de la Dirección de Investigaciones y Medios de Prueba (D.R.M.E.), la División del acoplamiento hombre-máquina se encarga de proveer investigaciones. En 1964 se celebraron las Jornadas militares de ergonomía, cuya memoria se publicó en un número de la *Revue du Corps Santé des Armées* (1965).

En Bélgica, y más allá de sus fronteras, la ergonomía esta regida por los estudios de J.M. Faverge y su equipo, llevados acabo en el Laboratorio de psicología de la Universidad libre de Bruselas. En 1955 el profesor Faverge publicó, en colaboración con el Doctor Ombredane, *L'analyse du travail*, obra que contribuyó en gran parte a la aparición de la ergonomía de la lengua francesa. En 1958 se publicó *L'adaptation de la machine á l'homme*, cuyos autores fueron Faverge, Leplat y Guiget. Fue primera obra en lengua francesa dedicada explícitamente a la ergonomía. En la actualidad J.M. Faverge sigue a la cabeza, gracias a sus estudios sobre las actividades de regulación de los sistemas. La Universidad de Bruselas es la única Universidad Europea en la que se enseña la ergonomía de forma sistemática, aunque cabe decir que no hay en Europa Universidad en la que no se trate la ergonomía bajo cualquiera de sus aspectos. En Francia cabe citar el Instituto de Psicología de la Universidad de París y el C.N.A.M. (profesor Wisner).

En Alemania se desconoce casi totalmente la ergonomía y se confunde con la fisiología del trabajo.

A nivel Europeo, la C.E.C.A. ha promovido y coordina investigaciones ergonómicas propias de la industria del carbón y del acero.

⁴ Se conservan esta siglas, que corresponden a las iniciales del nombre francés.



En abril de 1959 se creó una Asociación Internacional de Ergonomía que, en realidad, es una asociación Europea. Su actividad esta esencialmente dedicada a la organización de congresos.

1.3.- Distinciones

La ergonomía no constituye un conjunto perfectamente homogéneo. Cabe distinguir en ella subconjuntos bastante distintos y establecer varias divisiones, cuya enumeración ayudará a completar la definición de la ergonomía.

1.3.1.- Sistema Hombre-Máquina y Sistemas Hombres-Máquinas.

Tan importante parece esta distinción que, alrededor de ella gira el esquema del presente trabajo. Corresponde a problemas prácticos diferentes y también a distintos métodos.

El sistema Hombre-Máquina es el puesto de trabajo: un hombre más una máquina. El tornero constituye un sistema hombre-máquina, y lo mismo cabe decir del piloto de avión, la montadora de cables, el dentista, etcétera. Los problemas ergonómicos que atañen al puesto de trabajo solo conciernen a los dos elementos de dicho par, arbitrariamente aislado; pero se trata de una arbitrariedad necesaria desde el punto de vista metodológico. Los modelos que se utilizan para analizar el puesto de trabajo son generalmente del tipo E-O-R: Estimulo-Organismo-Respuesta. Es importante el análisis del término central, ya que el ergónomo modifica el organismo humano ó adapta a él la máquina.

El sistema Hombres-Máquinas es un sistema en el sentido más amplio; un conjunto de elementos humanos y no humanos sometidos a interacciones. Así, cabe citar la torre de control con los aviones que controla, ó el conjunto formado por un navío, ó la rotativa de imprimir, con los operadores encargados de manejarla y mantenerla, ó también, el quirófano con el enfermo, el cirujano, sus ayudantes y sus aparatos. Los problemas ergonómicos que atañen a los sistemas complejos comprenden gran número de variables, que no puede estudiarse aisladamente. Los modelos utilizados para analizar los sistemas Hombres-Máquinas son, por lo general, del tipo E-R: Estimulo-Respuesta. El operador humano se considera una unidad que no se intenta analizar ni modificar directamente. En este caso, el problema radica más bien en hallar la mejor disposición de los distintos elementos entre sí.

En la práctica, semejante distinción no se halla siempre tan marcada, y puede darse situaciones intermedias que presenten ambos aspectos. Ciertos Autores (Meister y Rabideau, 1965) sugieren que se adopten tres términos: la combinación hombre-útiles, la "diada hombre-máquina" y el sistema Hombres-Máquinas propiamente dichos. Se trata de una situación organizada jerárquicamente: el sistema Hombres-Máquinas siempre se descompone en puestos de trabajo, y todo puesto de trabajo puede considerarse como un caso simplificado de sistema.

Sin embargo, desde un punto de vista metodológico, la anterior distinción es indispensable, sobre todo, porque permite, desde el principio de un estudio, situar los problemas en distintos planos y, por ende ordenarlos. Siempre que se pueda, debe comenzarse por la ergonomía del sistema Hombres-Máquinas, y no abordar hasta después, la ergonomía del puesto de trabajo.

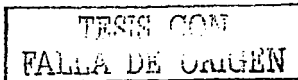
De otra forma, se corre el riesgo de comprender demasiado tarde que el puesto que se lleva estudiando durante largo tiempo ha sido suprimido entre tanto. Se cita a este respecto la desventura de aquel investigador que había estudiado pacientemente la forma y la inclinación óptimas de un volante de camión, con el fin de reducir el esfuerzo muscular del conductor. Terminó sus investigaciones aproximadamente el mismo tiempo que los ingenieros encargados de estudiar una dirección auxiliada mecánicamente. Es siempre conveniente considerar, al principio, el sistema más amplio posible.

1.3.2.-Otras Distinciones.

La más fundamental es la distinción entre el puesto de trabajo y el sistema complejo, pero existen otras que, a veces, pueden facilitar la discusión de los problemas.

A) *Ergonomía Preventiva y Ergonomía Correctiva.*- Se habla de ergonomía preventiva cuando el sistema que se estudia no existe aún en la realidad. Constituye la ergonomía en la fase del proyecto. Resulta evidente que en tal fase los estudios son más eficaces que en la ergonomía correctiva, que se refiere a un sistema ya realizado. Pero también son más difíciles, ya que el análisis de tareas es abstracto y no puede apoyarse en la observación de los errores.

La ergonomía correctiva corresponde con excesiva frecuencia a la ergonomía industrial, y la ergonomía preventiva solo se practica en los sistemas militares y especiales.



B) *Ergonomía y Medicina del Trabajo.*- Como resultado de una legislación particular, Francia es, al parecer, uno de los pocos países donde se plantea un problema «fronterizo» entre ergonomía y medicina. El médico de trabajo se encarga de la adaptación del hombre a su trabajo. En este sentido, puede practicar la ergonomía, con tal que estudie verdaderamente el trabajo, es decir, los hombre(s)-máquina(s), y no se contente con vigilar periódicamente la integridad física de los trabajadores. Por otro lado, no ha de limitarse a una actitud defensiva, de lucha contra el accidente y el exceso de fatiga, sino que ha de contribuir también, positivamente, a mejorar la realización de los sistemas.

C) *Ergonomía y Departamento de Métodos.*- En la empresa, el departamento de métodos es el más indicado para promover la ergonomía. Se puede facilitar un progreso rápido a la ergonomía, al menos a la ergonomía industrial, en contraste con la ergonomía militar. Para ello, el departamento de métodos debe superar la fase de el mero estudio de «movimientos y tiempos». Las técnicas del cronometraje, y las derivadas de este, son y serán durante largo tiempo, indispensables, pero su campo de aplicación se hace cada día más restringido. Es función del departamento de métodos abordar todos los aspectos del trabajo, y, en primer lugar, las tareas creadas por los progresos de la automatización: vigilancia, control y administración.

D) *Ergonomía y Organización de los Sistemas.*- Cabe considerar que el estudio de los sistemas Hombres-Máquinas forma parte de un conjunto más amplio; el estudio de la organización de los sistemas en general. El sistema Hombres-Máquinas no es sino una abstracción respecto del sistema más general que representa la fábrica, la empresa ó el grupo social. La ergonomía no pretende abarcar la totalidad del trabajo. Desemboca en el estudio de los sistemas Hombres-Máquinas, es decir, en la psicología social, la sociología, la economía, la política... El ergónomo deberá siempre encargar su actividad dentro de unos límites más amplios que los que definen sus técnicas. Particularmente en lo que se refiere a la industria, habrá de tener en cuenta las estructuras, la organización y las relaciones dinámicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4.- Ergonomía y Psicología.

La ergonomía, y en particular la ergonomía americana, procede de las investigaciones de la psicología y, con frecuencia, se halla practicada por psicólogos. Sin embargo, aunque la ergonomía utiliza extensamente la psicología, ambas disciplinas no han de identificarse: la psicología es una ciencia, ó intenta serlo; la ergonomía es una tecnología.

El ergónomo utiliza principalmente la *psicología experimental*. De ella provienen casi todos sus métodos y parte de sus datos. Cierto es que la actividad humana es siempre más compleja que la situación experimental y que no puede reducirse a algunas variables aisladas. Sin embargo, como consecuencia de su carácter "artificial" y "elaborado", muchos sistemas Hombres-Máquinas presentan grandes analogías con la situación experimental del laboratorio, y su análisis resulta más sencillo. Sin un esquema experimental, sin datos estadísticos y sin modelos operatorios, el ergónomo se sentirá desarmado.

Ya sea experimental ó simplemente descriptiva, la *psicología social* irá cobrando, en ergonomía, una importancia cada vez mayor, puesto que las relaciones Hombres-Hombres van constituyendo una parte cada vez más esencial del trabajo.

¿Cabe acaso, considerar la ergonomía como derivada de la *psicología industrial*? Estos términos designan un conjunto algo dispar de disciplinas. Lo que se ha llamado psicotecnia no guarda relación alguna con la ergonomía, ya que no considera al hombre en su conexión con el trabajo; no descansa sobre un análisis de tareas. La psicopsicología aplicada abarca, al menos en la actualidad, un campo totalmente distinto al de la ergonomía. Y en cuanto a la valoración de puestos y calificaciones del personal, no se puede confundir con la ergonomía, puesto que no influyen sobre la relación Hombre-Máquina.

Sea cual fuere su origen, el psicólogo que desee estudiar los sistemas Hombres-Máquinas habrá de ampliar cuanto pueda la esfera de sus conocimientos e intereses. Tal era, al menos, la opinión de aquella importante firma americana que, en una oferta de empleo, requería un psicólogo que "contribuyese a la mejora de las relaciones Hombres-Máquinas en la tecnología del espacio". Exigía en los candidatos, además de poseer una alta calificación profesional, se interesan por los siguientes temas: "teoría de las comunicaciones, proceso de Markov, teoría de la decisión, ecología, psicología social, programación de los lenguajes de orden superior, investigación operatoria, juegos operatorios y psicología experimental".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO II

Ergonomía del Puesto de Trabajo.

III.1.- Introducción.

En una disciplina de desarrollo tan reciente como la ergonomía, los métodos cuentan más que los resultados. Tal afirmación puede parecer paradójica, ya que la ergonomía pretende estar totalmente orientada hacia la aplicación: la mejora del trabajo concreto en lo que respecta a útiles, máquinas, talleres, departamentos de control... Sin embargo, la paradoja es solo aparente.

Los problemas concretos con los que atraviesa la ergonomía son precisamente problemas complejos y, casi siempre, nuevos y distintos de los tratados hasta entonces. Las soluciones que se adoptan en un caso particular no pueden, salvo en raras excepciones, adoptarse en otro caso, aún similar al primero. Por consiguiente, la calidad de los métodos en el estudio y solución de cada problema constituye la única garantía de eficacia de los resultados.

Se pueden hallar, en la literatura técnica, obras enteramente constituidas por "recetas" ergonómicas. La utilidad de tales recetas es muy discutible. En primer lugar, quedan rápidamente superadas, ya que, cada día, los resultados de nuevas experiencias ponen en duda lo que se daba por establecido; y, además son harto peligrosas, como prueba el siguiente ejemplo: en cierta ocasión, se tuvo que determinar la configuración óptima de las letras de una etiqueta que debían diferenciar diversos productos en un departamento de expediciones.

El problema parecía muy sencillo, y era tentadora la consulta de un catálogo de "datos" ergonómicos. Este aconsejaba la utilización de mayúsculas. Sin embargo, se llevó a cabo una pequeña investigación experimental, a partir de las variables específicas del problema, y se llegó a una solución completamente distinta: letras mayúsculas sobre un fondo muy particular. Como se aclaró más tarde, el catálogo generalizaba de forma abusiva los resultados de un estudio cuyo contexto, el cuadro de mandos de un avión, difería totalmente del caso primario.

Como en otras disciplinas, los progresos realizados en ergonomía no dependen de la acumulación de resultados, sino del perfeccionamiento de los métodos. Por ello, las obras más importantes publicadas en los últimos años se refieren esencialmente a la metodología.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.1.1.- Dos Fases Principales.

El estudio ergonómico de un puesto de trabajo comprende dos fases principales: análisis de tareas y experimentación.

La primera tiene por objeto recoger los datos y plantear al problema. Dicho de otra forma, permite determinar las variables características del trabajo estudiado, y escoger aquella ó aquellas que se consideren como variables-criterio, y mediante las cuales se apreciará el éxito ó fracaso de la intervención del ergónomo.

No existe ergonomía sin análisis de tareas. Ello resulta de la definición misma de la ergonomía: estudio de trabajo, considerado como la comunicación entre el hombre y su máquina. El análisis de tareas distingue la ergonomía de la psicología experimental y la fisiología.

Los métodos de experimentación no son específicos de la ergonomía, y ello nos permitirá hacer referencia a los excelentes manuales que ya existen (en francés) sobre este tema. Esto no quiere decir que la fase de experimentación pueda desprejiciarse. Sólo ella permite fijar las variables señaladas por el análisis de tareas, y medir sus interacciones. Y solo ella hace posible la aplicación de medidas prácticas, ya que determina las variables independientes cuya utilización permite maximizar las variables-criterio dependientes.

II.1.2.- Modelos.

Se ha empleado en el párrafo anterior el término "modelo" ¿Qué es un Modelo? ¿Qué diferencia existe entre un modelo y una teoría? ¿Qué es maqueta y que es "simulación"?

La utilización más frecuente de los estudios de ergonomía, de tales conceptos, principalmente el de "Modelo", hacen imprescindibles ciertas aclaraciones. Dichos conceptos entran en juego tanto en la fase de análisis de tareas como en la de experimentación.

Se definirá el modelo como un conjunto de elementos que reproduce parcialmente otro conjunto de elementos más rico, considerándose como último como la norma con la que se compara el modelo. La norma de denomina "realidad". Esta definición queda ilustrada en la Figura 1 (A). Dada una "realidad" existen multitud de modelos posibles, según los elementos que se seleccionen en ella; es necesaria una selección, puesto que la realidad comprende un número infinito de elementos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Así por ejemplo, el modelo de un puente puede ser su maqueta de madera, los planos trazados por el ingeniero, las fórmulas matemáticas que han permitido calcular sus dimensiones, etcétera. El modelo de la tarea que consiste en escoger varios naipes de una baraja puede estar constituido por los gestos del operador, tal como los han fotografiado.

También puede tenerse en cuenta los tiempos de reacción que separan, para los naipes sucesivos, cada mirada del gesto correspondiente. Así mismo, el modelo puede ser un conjunto de ecuaciones que establezcan las probabilidades de selección de las distintas cartas respecto de los errores cometidos, etcétera.

En este sentido hay que interpretar la definición de Chapanis (1961), que considera los modelos como "analogías" o la de Shtoff (1961), para quien el modelo es "una forma específica de analogía un tipo especial de abstracción, en el cual se combinan de forma particular lo abstracto y lo concreto, la lógica y lo sensible-gráfico".

Los "elementos" que se escogen en la realidad para constituir determinado modelo deben reproducirse con la máxima fidelidad; pero, por definición, solo se escogen unos cuantos. Según Chapanis, criterio de un modelo es su utilidad, y, como es sabido, resulta más cómodo manejar un pequeño número de variables bien elegidas que multitud de ellas interdependientes y difíciles de precisar. No se debe tomar el término "elemento" en un sentido exclusivamente material.

El elemento de realidad reproducido en el modelo puede ser un elemento material estático (la imagen de una esfera como reproducción de una esfera real), pero también (y ello se da muy a menudo) una relación, cuya imagen, se expresará en términos gráficos (por ejemplo una flecha), lógicos (por ejemplo una implicación) o matemáticos (por ejemplo una función), etcétera. Se obtienen así, a partir de la misma "realidad" modelos muy distintos entre sí.

Los modelos son "buenos", si facilitan el estudio. Han de ser eficaces y, para ello, los elementos han de escogerse de tal forma que, a una transformación sobre su imagen en el modelo, corresponda una transformación isomorfa en la realidad⁵.

Se encontraron problemas del análisis de tareas y de la experimentación: los modelos demasiado pobres no suelen ser eficaces, pero ciertos modelos muy ricos pueden no corresponder en absoluto a las transformaciones consideradas.

⁵ Hasta ahora se ha considerado la "realidad" como un conjunto conocido con el que se compara el modelo. De hecho, la lectura misma de la "realidad" requiere un modelo de otro nivel...cuya descripción nos alejaría del tema central.

Así por ejemplo si en un modelo de vigilante de radar solo se representan sus gestos cuando maneja el aparato, dicho modelo no tendrá en cuenta lo esencial de la tarea. Por el contrario, el modelo de análisis factorial que compara los resultados de los operadores en diversos tests con su clasificación profesional es un modelo rico, pero que, de hecho, aporta escasa información acerca del trabajo.

Contrastando con el modelo, la *teoría* se define como un conjunto de elementos muy estructurados ver la Figura 1 (B).

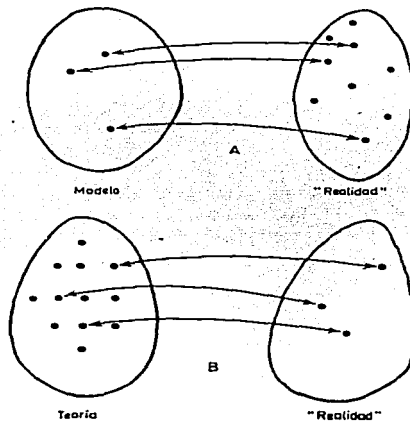


Figura 1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A ciertos elementos de esta estructura corresponden, si la teoría no es enteramente arbitraria, los elementos de la realidad, que quedan así "explicados" por la teoría. Una teoría digna de este nombre debe poderse adaptar a diversos conjuntos de realidad, y requiere, por ende, un poder de generalización que el modelo no posee.

En cierto modo, la teoría es siempre más rica que la realidad, ya que su estructura interna comprende elementos que antes no figuraban en la realidad, pero que cabe "descubrir" en esta: la teoría tiene propiedades heurísticas. Inversamente, la experiencia puede ir en contra de ella, demostrando que la estructura de la realidad no corresponde a la de la teoría. Chapanis opone el criterio de verdad de la teoría al de utilidad del modelo, siendo este último de pretensiones más modestas.

Las teorías (mejores ó peores) caracterizan las ciencias. Así, la psicología ha elaborado numerosas teorías (del aprendizaje, de la percepción, etcétera). La ergonomía, que no es sino una tecnología, no construye teorías. Sin embargo, utiliza innumerables modelos, combinándolos sin ningún escrúpulo en función de los distintos problemas que ha de resolver.

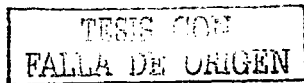
Por último se define *simulación* como el conjunto de modificaciones observadas en un modelo y debidas, ahora simplemente al tiempo (real ó acelerado), ahora a la introducción de variables por el experimentador.

Chapanis resume las ventajas de los modelos: estos ayudan a comprender sistemas ó acontecimientos complejos; favorecen la formación; constituyen un marco dentro del cual se pueden llevar a cabo diversas experiencias; y permiten el establecimiento de predicciones cuando la experiencia es irrealizable... Por fin, y este comentario de Chapanis es importante, los modelos presentan la ventaja de ser entretenidos (cuando menos, para aquel que los concibe).

II.2.- Análisis de Tareas.

II.2.1.- Modelos de Análisis de Tareas.

El modelo más sencillo y general del sistema Hombre-Máquina con un operador, ó puesto de trabajo, queda representado de forma esquemática en la Figura 2. La máquina emite ante el hombre informaciones llamadas "señales"; por ejemplo, la presión en una tubería de gas, codificada por un número sobre un manómetro.



El hombre emite ante la máquina informaciones llamadas "respuestas"; por ejemplo, el cierre de una válvula. Resulta evidente que este modelo es demasiado rudimentario para poder ser utilizado en el análisis de tareas en la forma descrita. Sin embargo, proporciona ciertas indicaciones de orden general acerca de los métodos de análisis. Indica que el hombre y la máquina han de considerarse conjuntamente, lo cual se opone a la psicología diferencial (que estudia las "aptitudes" del hombre independientemente de sus relaciones con la máquina), y al *engineering* (que estudia el funcionamiento de la máquina sin tener explícitamente en cuenta el operador que habrá de utilizarla).

Indica así mismo que no cabe contentarse, en la mayoría de las tareas, con analizar las respuestas del operador (técnicas de "movimientos y tiempos", cronometraje, M.T.M., etcétera). Finalmente, demuestra que el análisis deberá versar, ante todo, sobre las comunicaciones entre el hombre y la máquina, sin que este término adquiera un sentido excesivamente técnico. Algunos autores prefieren reemplazar los términos "señales" por "entrada" y "salida", en virtud de cierta analogía con la tecnología de las máquinas calculadoras. Se trata de una sencilla diferencia de vocabulario.

En el esquema de la Figura 2 corresponde a la mayoría de los puestos de trabajo, cualquiera que sea su naturaleza: industriales, administrativos, militares, etcétera. Representa el tipo de sistemas que reciben el nombre de "circuitos cerrados": se establece un diálogo entre el operador y el medio que le rodea, y cada elemento de circuito se adapta al otro en función de las informaciones que recibe. Otra variedad menos frecuente de sistemas: los circuitos abiertos (ver Figura 3). En estos, el operador actúa en función de consignas que le han sido anteriormente dictadas.

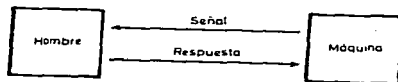


Figura 2.- Modelo Sencillo de Puesto de Trabajo (Circuito Cerrado).

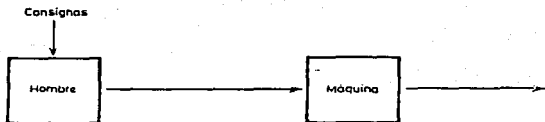


Figura 3.- Modelo Senillo de Puesto de Trabajo (Circuito Abierto).

No tiene en cuenta la respuesta de la máquina. Tales modelos representan por lo general tareas subalternas, en las que el operador humano se utiliza exclusivamente como fuerza motriz. Pertenecen a esta categoría la mayoría de los puestos de los peones, así como ciertas tareas administrativas de recepción. Cabe así mismo clasificar en ella determinadas tareas superiores, tales como la utilización de códigos, aun complejos (por ejemplo, programación de calculadoras). Un sistema de circuito abierto perdería rápidamente su eficacia si no se cerrara a nivel superior.

Las consignas de trabajo dictadas al operador han de modificarse (con cierto retraso, a decir verdad) en función de las informaciones recogidas más o menos directamente a partir de la máquina.

A continuación se presentaran algunos modelos corrientes del operador humano en un puesto de trabajo.

A) *Modelos de la Teoría de las Comunicaciones.*- En la teoría de las comunicaciones hay que distinguir dos aspectos, relacionados entre sí, pero muy distintos en lo que respecta al tema: la teoría de la codificación y la teoría estadística. Ambos aspectos corresponden respectivamente a los modelos de tipo físico y a los modelos matemáticos.

En el análisis de tareas se utiliza principalmente el modelo que obedece a la teoría de la codificación (ver Figura 4). Este ha sido comentado tan ampliamente que huelga insistir aquí sobre él. No hay que exagerar su importancia en el análisis de tareas, pero procura analogías cómodas, así como un vocabulario y una serie de conceptos generales que facilitan el planteamiento de los problemas.

Así por ejemplo, se utilizan como frecuencia las nociones del canal, saturación del canal y ruidos, para describir una tarea perceptiva en una situación de *stress*, como puede ser la vigilancia del cuadro de mandos de un avión. Resulta útil distinguir entre el mensaje y su señal, comparar las codificaciones y descodificaciones (por ejemplo, las instrucciones emitidas y recibidas), etcétera. Pero, la metáfora no puede ir mucho más allá, y se necesitan otros modelos para proseguir el análisis.

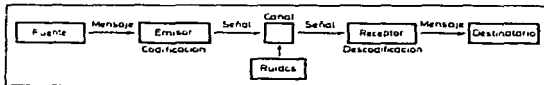


Figura 4.- Modelo de la Teoría de las Comunicaciones (Esquema de Shannon).

La teoría de la información propiamente dicha es una teoría estadística que permite medir la cantidad de información emitida o recibida. El modelo matemático que resulta de ella se utiliza, con frecuencia, en psicología experimental, y se ha escrito mucho acerca de él. Dicho modelo encuentra cierta aplicación en el análisis de tareas. Así por ejemplo, puede interesar calcular la entropía (o cantidad medida de información) de un dispositivo de señalización. Si embargo, su interés concierne principalmente a la fase de experimentación, ya que ayuda a expresar la relación que une la emisión de una señal y su percepción, que se manifiesta por una respuesta codificada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dicho de otro modo, la teoría estadística de la información permite estudiar experimentalmente el comportamiento del operador humano, considerado como un canal capaz de transmitir información. Los estudios llevados a cabo en los últimos años han aportado cierto número de resultados, que pueden considerarse adquiridos y directamente utilizables en ergonomía.

Se sabe así que el hombre funciona como un canal de capacidad limitada: la cantidad de información transmitida es proporcional a la cantidad de información recibida, mientras esta última no haya alcanzado determinado valor, que varía según la modalidad sensorial, el individuo, etcétera, y más allá del cual el canal queda saturado. A partir de dicho valor, la cantidad de información transmitida ya no varía, y ello se traduce por errores u omisiones. Se sabe así mismo que el hombre actúa como un canal de vía única, por lo que puede resultar necesaria la introducción de redundancias en la señalización, etcétera.

Sin embargo, la teoría estadística de la información no permite, por sí sola, tener en cuenta todos los aspectos de las comunicaciones Hombres-Máquinas. Deja de lado el carácter semántico de las señales, es decir, su verdadero significado.

B) *Modelo de Gagné.*- En un importante estudio, Robert M. Gagné (1962) distingue cierto número de funciones características del operador humano y construye un modelo de operador que esquematiza el mecanismo de cada una de dichas funciones. Se reproduce tal modelo en la Figura 5.

Según Gagné, las tareas funcionales del operador humano son: la detección (sensación) de la señal, su discriminación (respecto de otro objeto) y su interpretación. Estas tres funciones se ordenan de forma jerárquica. Su objetivo, como indica el esquema, se transforma una señal, ó entrada (simboliza aquí por una figura sobre una pantalla catódica), en una respuesta ó salida. No analiza este modelo las modalidades de la respuesta, sino tan solo las de percepción de la señal.

La función más sencilla es la *detección*. Únicamente comprueba la presencia ó ausencia de una diferencia de energía física, y se traduce por una afirmación ó una negación: existe ó no la señal; el operador percibe algo ó no percibe nada (y ese "algo" que percibe puede ser una diferencia). Por causa de su sencillez, esta función no se suele utilizar aislada en un sistema Hombres-Máquinas. En al mayoría de los casos, la máquina misma se encarga de la detección.

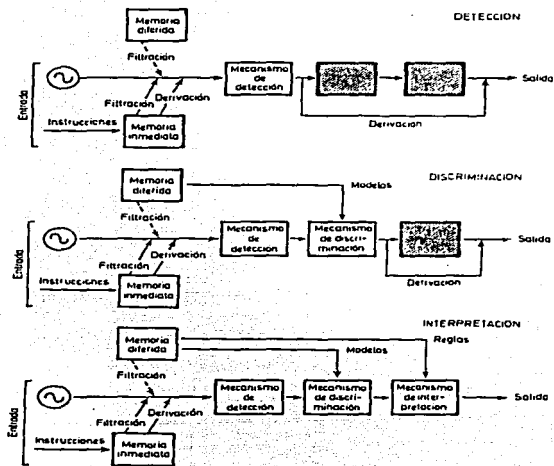


Figura 5.- Las tres Variedades de Funcionamiento del Operador (según R. M. Gagné: *Psychological Principles in System Development*, dirigido por R. M. Gagné y colaboradores, Nueva York, © 1962, Holt, Rinehart y Winston, Inc.).

En virtud de la propia naturaleza del modelo, solo es necesario un *mecanismo de detección*. Este (y no se formula ninguna hipótesis acerca de él; se trata siempre de una "cajita negra") recibe órdenes de una *memoria inmediata*, alimentada por *instrucciones*. Tales órdenes pasan a *derivación (shunt)*, que permite evitar la discriminación e interpretación, inútiles en este caso. También sufren una *filtración*, gracias a la cual el sistema sensorial se orienta y regula, reteniendo solo los fenómenos prescritos. Otras órdenes, igualmente sometidas a filtración, proceden de una *memoria diferida*, alimentada durante una fase anterior de formación. Las instrucciones relacionadas con la derivación y filtración constituyen la actitud del operador respecto del trabajo.

La función de *discriminación* pertenece a un nivel de complejidad superior. Consiste en clasificar las señales de la entrada dentro de cierto número de categorías. Según Gagné, es similar a determinadas funciones perceptivas estudiadas por los psicólogos experimentales. Se desempeña en tareas tales como el control de piezas manufacturadas, la selección del correo y, en general, todas las tareas de clasificación. El caso más sencillo comprende dos categorías: "bueno o malo", "izquierda o derecha", etcétera.

El modelo de la función de identificación se diferencia del de detección por introducción de un *mecanismo de discriminación*, estando sometida a derivación solamente la interpretación. Tal mecanismo está alimentado, no sólo por el de detección (que le transmite los datos necesarios de la entrada), sino también por la memoria diferida (que proporciona ciertos "esquemas de elección" necesarios por el proceso de discriminación). Gagné llama a tales esquemas "modelos", confiriendo a este término un sentido algo distinto del anteriormente citado. Según él, aseguran cierta constancia perceptiva y favorecen las actividades de recepción. Su presencia en la memoria diferida se debe a procesos de aprendizaje, algunos de los cuales se construyen durante la infancia.

La función de *interpretación* es la más compleja. Interviene generalmente en las tareas humanas concretas, de preferencia en las "intelectuales". Se distingue de la discriminación en que el operador tiene en cuenta, no solo las características aparentes de las entradas, sino también el efecto de estas espera. Es decir, que confiere a las entradas un "significado". Así, un punto luminoso sobre una pantalla de radar no se identifica solo como tal, sino como avió amigo ó enemigo. Igualmente, la posición de la aguja sobre un indicador, no solo se diferencia de las demás posiciones posibles, sino que se interpreta como señal de alarma o como orden para una respuesta apropiada, etcétera.

Para que se efectúe correctamente la interpretación, el *mecanismo de interpretación* correspondiente ha de realizar una filtración correcta de los datos de entrada transmitidos por los mecanismos anteriores. Ello se logra si la memoria diferida proporciona unas *reglas*. En el trabajo, tales reglas son las instrucciones formuladas al operador, y cualquier persona que tenga cierta práctica en el análisis de tareas sabrá que muchos fallos del operador proceden de instrucciones insuficientes.

Las reglas pueden ser más o menos complejas. Llegan incluso a construir verdaderas estrategias, como alternativas múltiples, como ocurre en las tareas de detección de averías o, más generalmente, en la resolución de problemas. En tal caso, se trata de una interpretación secuencial, y las reglas son análogas a los programas de las calculadoras electrónicas. Pero en semejantes tareas, el modelo de Gagné resulta algo rudimentario, especialmente en los casos extremos, en que las reglas ofrecen la posibilidad de una autoprogramación flexible que, en el plano de la psicología ordinaria, evoca un término impreciso pero cómodo: invención.

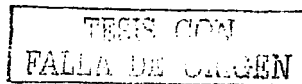
El modelo de Gagné resulta muy fecundo en el análisis de tareas. Puede sorprender por su sencillez, sobre todo si se pretende establecer una correspondencia entre detección y sensación, discriminación y percepción, interpretación y pensamiento. Sin embargo, no se trata de analizar el porqué no el cómo de la sensación, la percepción ó el pensamiento, sino de diferenciar entre sí aquellas actividades humanas que requieren una interpretación distinta de las entradas proporcionadas por el sistema circundante.

El modelo de Gagné no es un modelo psicológico, sino un modelo de operador humano en un sistema Hombre-Máquina. Permite esencialmente la expresión de las funciones humanas en términos compatibles con los utilizados por el Ingeniero para describir las máquinas (filtración, programación, derivación, etcétera), sin que exista, no obstante, una correspondencia término a término (acerca de las funciones del hombre y la máquina).

C) Modelo de Birmingham y Taylor.- H. P. Birmingham y F. V. Taylor (1954) propusieron un modelo de operador humano cuya aplicación es menos general que la del modelo de Gagné, pero que merece ser expuesto brevemente, aunque solo fuera en virtud de su importancia histórica. Se refiere a las funciones del operador en las tareas de *tracking*. Este término designa aquellas tareas en las que la respuesta motora debe adaptarse a una señal que sufre modificación continua.

Un ejemplo sencillo consiste en seguir, con un estilete, un punto luminoso sobre una pantalla; cabe también citar aquellos aspectos relacionados, en la conducción de un automóvil, con la dirección del vehículo. El modelo de Birmingham y Taylor compara el operador con un servomecanismo que desempeña una función de transferencia entre la entrada, en que este caso es la diferencia entre la señal y la respuesta del estilete (diferencia que constituye el error), y la salida. Dicho modelo se integra generalmente dentro de un sistema más amplio y con circuito cerrado. La Figura 6 ofrece cuatro ejemplos. Como cabe apreciar, los símbolos utilizados son matemáticos.

Quando se trata de un *tracking* de posición, interviene la función humana de amplificación (multiplicación por una constante). A determinado cambio en la entrada, ha de corresponder un cambio proporcional en la salida. Dicho de otro modo, la señal de entrada debe multiplicarse por una constante que caracteriza la relación entrada/salida (Figura 6a).



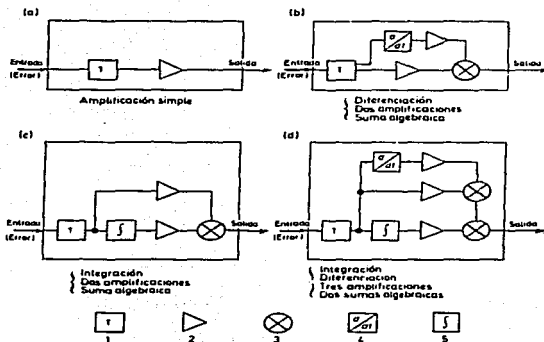


Figura 6.- Funciones del Operador Humano en distintas Operaciones de "tracking". Modelo de BIRMINHAM y TAYLOR (1954). (Según E. J. McCormick: Human Factors Engineering, © 1957, 1964, Mc Graw-Hill Book Cy. Publicado con autorización de los editores).

Simbolos: 1, tiempo (tiempo de reacción); 2, amplificación (multiplicación por una constante); 3, suma algebraica; 4, derivación del tiempo; 5, integración.

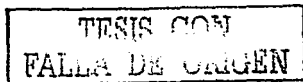
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otras tareas de *tracking* requiere funciones diferentes. Así, cuando el operador tiene que estimar una velocidad, desarrolla una función análoga a la diferenciación; y estima una aceleración, entra en juego la diferenciación doble. Si la tarea consiste en estimar la posición futura, en un momento dado, de la variable, de entrada, teniendo en cuenta determinada velocidad, se hace necesaria una operación análoga de la integración; y se tratará de una integración doble si en los datos figura una aceleración.

Un modelo de este tipo difiere mucho de los modelos que generalmente se emplea en psicología. Subrayemos de nuevo que no se trata, de la fase estudiada, de explicar los mecanismos de la vida mental, sino tan solo de describir una forma cómoda el comportamiento de un operador en determinada tarea.

D) *Modelos Específicos*.- Resulta a menudo útil construir un modelo específico cuando se estudia una tarea. Figura 7, que representa un modelo de automovilista, constituye un ejemplo. Naturalmente, existen muchos modelos posibles para una tarea de este tipo. El modelo que se presenta pone de manifiesto los distintos sectores en que cabe ejercer una acción preventiva contra los accidentes (carretera; obras públicas; vehículo: constructor; receptor; médico; esquema de actitud; propaganda; memoria y efectores: autoescuela; etcétera).

En el campo, todavía más específico, del control de la navegación aérea, Leplat y Bisseret (1965).



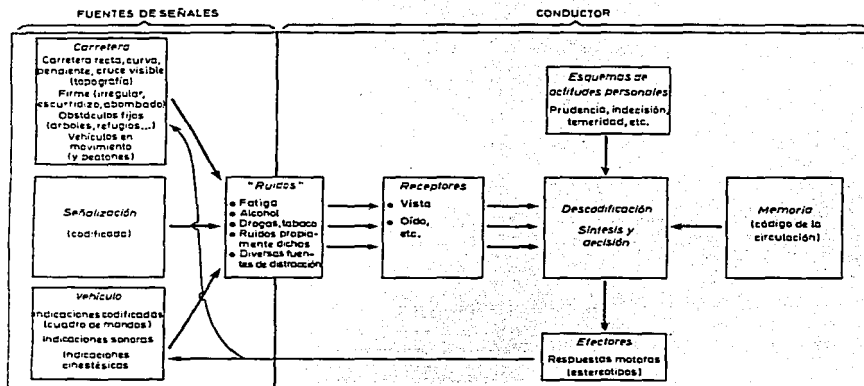


Figura 7.- Modelo para el Análisis de Tareas del Conductor de Automóvil.

II.2.2.- Técnicas de Análisis de Tareas.

Se entiende por técnicas de análisis de tareas el conjunto de procedimientos que, partiendo de un modelo, permiten identificar, y generalmente medir, las variables que se consideran características de determinado puesto de trabajo.

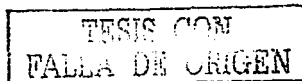
Se ha expuesto ya (en lengua francesa) las técnicas esenciales de análisis (por ejemplo, Ombredane y Faverge, 1955; Faverge, Leplat, Guiguet, 1958; Montmolin, 1961). Por consiguiente se enumerará rápidamente las técnicas que merecen hoy día el calificativo de "clásicas": Se estudiará el análisis de errores, tan importante en cualquier análisis de tareas, así como un procedimiento de representación gráfica de los resultados ("análisis de conexiones"). Por último, se criticará la técnica de los llamados *check-list* y se presentarán algunos ejemplos. Se dedicará un buen apartado particular de la medida de la carga perceptiva, que constituye un problema de actualidad, y cuya exposición servirá de introducción a la experimentación, ya que esta interviene en su solución al lado del análisis de tareas.

A). *Técnicas Clásicas.*- Son muy conocidas las técnicas de "movimientos y tiempos". Cabe utilizarlas siempre que los gestos del operador predominan sobre sus percepciones. La mas corriente es el *cronometraje*, en el que se asigna un tiempo a cada gesto. Las mayores dificultades que presenta esta técnica radica en la definición y los límites del movimiento elemental y, sobre todo, en la estimación de la rapidez del sujeto cronometrado.

Ésta da lugar a un "juicio de aspecto" algo subjetivo, por lo que se impone un entrenamiento de cronometrador y una elaboración estadística, que logra reducir de forma satisfactoria las fuentes de variación. El *M.T.M.* procede en sentido inverso. Se establecen, a partir de gran número de observaciones, unas tablas que permiten atribuir tiempos tipificados a una lista de gestos elementales, gracias a los cuales resulta teóricamente posible reconstruir cualquier operación motora. En este caso, la dificultad radica en la identificación de los movimientos elementales en la tarea concreta. Subrayamos que los tiempos tipificados dependen del baremo⁶ adoptado.

Se cita a continuación la interesante técnica de las *observaciones instantáneas*. Se trata de un muestreo de las actividades a partir de leyes estadísticas.

⁶ Libro o tabla de cuentas ajustadas. Lista de tarifas. Escala convencional de valores que se utiliza como base para valorar o clasificar.



Mediante observaciones establecidas al azar, se obtiene fácilmente el porcentaje respectivo de las distintas actividades de un operador, de una máquina o del par constituido por ambos.

Se determina el número de observaciones en función del número de actividades observadas, el número de puestos de trabajo y de la precisión que se desea obtener. Por tanto, previamente se definirán las actividades que se van a observar. Ello resulta sencillo si se trata de categorías simples, como las dicotomías "trabajo-reposo", "alimentación de la máquina-vigilancia", etcétera. Si el número de actividades es mayor, se hace necesario un análisis de tareas previo mediante otra técnica. En este sentido, las observaciones instantáneas constituyen más bien un procedimiento de medida que una técnica de análisis propiamente dicha.

El análisis de errores es una técnica muy general que se desarrollará a continuación.

Las técnicas de *aprendizaje personal*, *observación del obrero durante el trabajo*, *cuestionarios al obrero* y *estudio de huellas*, que coincide en parte con el análisis de errores. Todas ellas se mejoran mediante la utilización de aparatos de registro. Carecen de valor si no se basan en un modelo eficaz de análisis de tareas como el fundamental E-R (modelos ineficaces son por ejemplo los catálogos de aptitudes).

B). *Análisis de Errores*.- Se utiliza tanto esta técnica en ergonomía que se ha llegado a caracterizar al ergónomo como un especialista del error humano. Cabe considerarla como una variante de la técnica del *incidente crítico* de Flanagan. La eficacia del análisis de errores se basa en que, una tarea correctamente ejecutada se halla tan bien integrada en el comportamiento del operador que este ya no tiene conciencia de su mecanismo y es capaz de expresarlo verbalmente ante el observador. Por el contrario, aporta gran información acerca de los elementos esenciales de la tarea: señales que no se han percibido, decisiones prematuras, respuestas inadaptadas, etcétera.

Con el fin de facilitar la labor del analista que busca los errores característicos de determinado puesto de trabajo, ciertos autores han intentado establecer varias listas de los principales errores humanos y sus causas. Ejemplo de tales listas es la de Kidd (1962) cuya traducción se reproduce en la Tabla 2-A.

Meister y Rabideau (1965) intentaron llevar a cabo una taxonomía sistemática de los errores cometidos en los sistemas Hombre-Máquina. Distinguieron en su análisis las categorías siguientes:

- Confusiones;
- Errores ligados a los conocimientos;
- Variaciones de la ejecución;
- Reversibilidad del error;

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Errores y tiempos de respuesta;
- Errores debidos al tipo de tarea;
- Determinación de errores.

TIPO DE ERROR	FACTORES QUE PUEDEN ORIGINAR LOS ERRORES
Error en la detección de la señal.	Sobrecarga de la entrada (<i>input</i>): a) Demasiadas señales con significación; b) Demasiados canales en la entrada. Subcarga de la entrada: a) Pocas variedades de señales; b) Pocas señales. Ruidos perturbadores: a) Contraste insuficiente; b) Alta intensidad de los estímulos de distracción.
Discriminación incorrecta de la señal.	Forma o tipología del código imprecisas. Falta de indicios de diferenciación. Dispositivo de filtración (previsión) inadecuado. Indicios contradictorios. Características de discriminación contradictorias.
Ponderación incorrecta de los valores o de la prioridad.	Predicciones no lineales exigidas. Escala de valores múltiples o complejos exigidos. Valores no lo suficientemente definidos o comprendidos. Eventualidades imprecisas.
Error de elección.	Emparejamiento incorrecto de las estructuras (<i>porters</i>) reales y de las exigidas. Incomprensión de las consecuencias del desarrollo de la acción. Acción apropiada no disponible. Inhibición de la acción correcta: a) debida a la consideración del costo; b) debida al procedimiento.
Error de funcionamiento.	Util o respuesta correctos no disponibles. Incomprensión de la relación entre la acción y la respuesta. Retroacción (<i>feedback</i>) no disponible o diferida.

Tabla 2 A.- Errores Humanos Típicos y Factores que pueden Originarlos.

Para medir las *confusiones*, es necesario definir una Norma. Esta es una de las primeras operaciones del análisis de la tarea. Los errores pueden provenir de una insuficiencia de los conocimientos: introducciones confusas, ausencia de refuerzo de las respuestas correctas, carencia de significación de la tarea, retroacción deficiente desde un punto de vista cualitativo o cuantitativo, ausencia de motivación, o condiciones ambientales o de stress defectuosas. La amplitud de las *variaciones* individuales de realización aporta indicaciones bastante útiles, siempre que no se trate de una tarea de tipo "todo o nada".

La *Reversibilidad* del error plantea el problema de una corrección de los errores antes que resulte demasiado tarde. Se habla así de los "casi-accidentes", cuyo estudio resulta indispensable siempre que los errores patentes son demasiado numerosos para llevar a cabo un análisis cuantitativo preciso. Cabe así mismo estudiar los *tiempos de respuesta* cuando estos influyen sobre las variables de salida, como ocurre en las tareas de pilotaje. El efecto del *tipo de tarea* sobre el error se traduce esencialmente por la dicotomía: errores cualitativos / errores cuantitativos.

Por último, Meister y Rabideau exponen la clasificación tradicional de los errores según la psicología experimental:

- 1.- No se realiza una actividad exigida;
- 2.- Se realiza en forma incorrecta una actividad exigida;
- 3.- Se realiza en un momento inadecuado una actividad exigida;
- 4.- Se realiza una actividad no exigida.

Esta clasificación cobra gran utilidad cuando se analizan por primera vez los errores descubiertos en la ejecución de una tarea.

En dos célebres estudios acerca de los errores de pilotaje, que han llegado a merecer el calificativo de "clásicos", Fitts y Jones (1947a, 1947b) realizaron un detalladísimo análisis de los errores de manipulación y de lectura de los instrumentos de medida. El segundo de tales estudios ha sido resumido por Faverge, Lepiat y Guiguet (1958). Se citan en la Tabla 2(A) las principales categorías en las que Fitts y Jones clasifican los errores de manipulación. Cda una de ellas se divide a su vez en seis clases que aquí no se indicarán.

El número total de errores analizados se eleva a 460. Es interesante subrayar que Ponomarenko y Shishov (1963) han llegado a resultados comparables en la Unión Soviética.

Más recientemente, Klammer y Lockead (1962) han publicado un exhaustivo análisis de los errores cometidos con una perforadora I.B.M. Aunque el campo de aplicación de tal estudio es muy limitado, este resulta interesante por los innumerables datos utilizados (se estudiaron, durante varios años, más de mil millones de perforaciones) y por la elaboración estadística que facilitó la naturaleza misma del producto estudiado: tarjetas perforadas.

	Numero de errores	Por 100
1. <i>Errores de sustitución:</i> Confusión de un mando con otro, o no-discriminación de un mando	229	50
2. <i>Errores de ajuste:</i> Manipulación del mando demasiado lenta o rápida, desplazamiento erróneo de un conmutador, o inadecuación a la secuencia requerida al manipular varios mandos	83	18
3. <i>Olvidos:</i> Falta de control o no-utilización de un mando en el momento requerido	83	18
4. <i>Errores de inversión:</i> Manipulación de un mando en la dirección opuesta a la requerida	27	6
5. <i>Acción no intencionada:</i> Manipulación de un mando por descuido	24	5
6. <i>Incapacidad de alcanzar un mando:</i> Accidente o casi-accidente resultante de la imposibilidad de alcanzar un mando	14	3

Tabla 2 B.- Clasificación de 460 Errores en el Pilotaje de un Avión (según Fitts y Jones, 1947a).

Se recomienda también el análisis de los errores de percepción de señales de tráfico llevado a cabo por Buck (1963). Este autor distingue errores de localización, de selección, de distracción, de falta de atención, errores sensoriales y, por fin, errores debidos a ilusiones perceptivas.

B) *Análisis de Conexiones.*- Bajo el nombre de *link análisis*, la literatura anglosajona contiene varias exposiciones gráficas que ilustran, de forma sencilla, las conexiones establecidas por el operador entre las distintas fuentes de señales y, eventualmente, los mandos. Como medida, se suele utilizar la frecuencia de paso de un elemento a otro (lo cual exige un técnica de registro de la exploración visual).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Así, en el ejemplo simplificado de la Figura 8, el número 397, que aparece en una de las conexiones principales, indica que, de cada 2161 observaciones, en 397 (es decir, 18 por 100) se pasa de la pantalla grande al conmutador grande.

Este análisis se aplica a los casos en que el puesto comprende un cuadro de mandos ó de señales en el que se agrupan las señales y los mandos. Según los resultados obtenidos, se modificará la disposición material del puesto o, en raras ocasiones, el procedimiento mismo.

Para establecer esquemas similares al de la Figura 8, cabe inspirarse en un procedimiento preconizado por Lindquist (1961), que utiliza una matriz de secuencias. Si resulta posible definir subconjuntos en la función de la proximidad, cabe establecer la relación: *Número de conexiones internas de subconjunto / número de conexiones externas.*

Cuanto mayor es el valor de dicha relación, mejor es la agrupación. Cabe así estimar la calidad de distintos proyectos de cuadros de mandos. Si el problema es muy complejo, puede recurrirse a ciertas técnicas de la teoría de los grafos, gracias a las cuales se obtiene rápidamente la solución óptima.

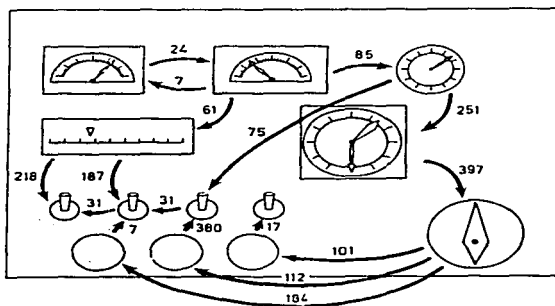


Figura 8.- Ejemplo de Análisis de Conexiones en un Cuadro de Mandos. Las Flechas indican la Frecuencia de paso de un Elemento a otro.

Los procedimientos descritos tienen otras aplicaciones. Cabe utilizarlos en el análisis de todas las conexiones, cualesquiera que sea su naturaleza: Hombre-Máquina, Máquina-Máquina, Hombre-Hombre. En el caso límite, coinciden con ciertas técnicas sociométricas.

C). "Check - Lists".- Con el fin de facilitar la tarea del ergónomo, se ha propuesto la utilización de *check - lists*, es decir, listas de preguntas establecidas *a priori*, a las que el analista debe intentar responder de forma sistemática. Como es sabido, este procedimiento nació en la aviación, ya que, por razones de seguridad, la tripulación comprueba antes de cada vuelo el funcionamiento de las distintas partes del aparato y, al hacerlo, se ajusta a una lista en la que se va señalando los puntos ya examinados. Tal procedimiento resulta útil, especialmente para el principiante; incluso cabe decir que todo veterano ha recurrido alguna vez a listas similares, aunque solo haya sido para orientar a un ayudante.

Sin embargo, la facilidad de los *check-lists* es ilusoria. El análisis de tareas es generalmente una operación ardua, en la que se desconoce la naturaleza de lo que se busca. No cabe determinar por adelantado las principales categorías de análisis: ¿Cómo elegir entre un modelo de información, de decisión, fisiológico ó, sociométrico? Una decisión previa podría impedir cualquier adaptación y, por consiguiente, cualquier progreso. Por otro lado, y en ello radica tal vez la objeción más severa, los *check-lists* parecen constituir un verdadero análisis, en tanto que solo conducen a una operación verbal que, cuanto más, ayuda a preparar aquel.

Tal peligro queda ilustrado por el proyecto de *check-list* presentado en el segundo congreso internacional de ergonomía (Dortmund 1964). En la Tabla 2 (C) se reproduce una pequeña parte de dicha lista.

C) MÉTODOS DE TRABAJO

II a.—Exigencias mentales; flujo de información

A 99.—¿Son evidentes, inequívocos y precisos los datos necesarios para la ejecución de la tarea?

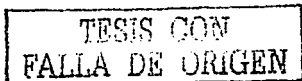
A 100.—¿Son necesarios todos los datos para la ejecución de la tarea?

A 101.—¿Parece la cantidad de información exceder o sobrepasar la capacidad mental del operador?

A 102.—Si uno de los canales sensoriales parece estar sobrecargado, ¿puede repartirse la carga de modo más uniforme?

A 103.—¿Parece la cantidad de información producir una subcarga en el operador?

Tabla 2 C.- Extraída del *check-list* Propuesto en el Segundo Congreso Internacional de Ergonomía (Dortmund, 1964).



Análisis de la pregunta. Cabría pensar que el objetivo de esta es sencillamente recordar que hay que analizar el grado de evidencia, ambigüedad y precisión de los datos; ahora bien: un *check list* no puede contentarse con recordar, en términos vagos, los sectores amplios que trata de explorar. Cabría también pensar que los autores de este *check-list* opinaban que, por intuición, el analista respondería directamente (sí ó no) a semejante pregunta; pero en tal caso, el *check-list* resultaría muy peligroso.

Resumiendo, los *check-list* pueden constituir un memorando provisional de gran utilidad, pero nunca un procedimiento eficaz de análisis de tareas.

E) *Ejemplos de Análisis de Tareas.*- Rara vez se publican análisis de tareas, lo cual es tanto más lamentable cuanto que es probablemente significativo...

Entre las publicaciones en lengua Francesa cabe señalar un análisis del pilotaje de una embarcación (Barriere y Cubaynes, 1965). Las fases sucesivas de este análisis fueron:

- Determinación de las formas principales de pilotaje, mediante observación directa;
- Inventario de los instrumentos y mandos, clasificados según varias categorías.
- Estudio del aprendizaje, mediante encuestas;
- Cuestionarios sometidos a los operadores, durante entrevistas dirigidas.
- Estudio estadístico de los accidentes;
- Clasificación de las fuentes de información y de los dispositivos de mando según su importancia y utilización, para lo cual se empleo esencialmente la técnica de las observaciones instantáneas.
- Estudio de secuencias de utilización, en una tabla de doble entrada.

II.2.3.- Medida de la Carga Perceptiva.

El problema de la "carga" de la tarea se reduce al de la "fatiga", si se emplea un término cómodo, pero excesivamente impreciso. Tal problema surge en la fase de análisis de tareas, pero para su resolución puede depender así mismo de la experiencia.

En la industria moderna, la fatiga física es cada vez menos frecuente, y concierne más al ingeniero que al ergónomo, ya que aquel puede resolver tal problema introduciendo, por ejemplo, medios mecánicos de transporte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por el contrario, la carga "perceptiva" o "mental" de la tarea constituye uno de los problemas de mayor actualidad de la ergonomía. Hasta ahora no se han propuesto soluciones satisfactorias ni coherentes, pero se están llevando a cabo interesante investigaciones a este respecto.

A) Medida Directa de las Señales.-Teóricamente, la técnica más sencilla para medir la carga perceptiva consiste en calcular la cantidad de información emitida por la máquina. Se ha visto que la teoría de la información proporciona un método estadístico cómodo. Por desgracia, la situación real de las tareas no es lo suficientemente concretas y estable para que semejante medida adquiera un sentido práctico. Tal solo situaciones experimentales bien controladas han conducido a resultados significativos, que indican ciertos órdenes de magnitud y permiten, por ende, delimitar mejor las dimensiones del problema considerado.

Así por ejemplo, Conrad y, posteriormente, Mackwoth han comparado distintas respuestas del receptor humano a las señales emitidas por una ó varias fuentes. Si el número de señales que aparecen por unidad de tiempo no varía, la eficacia del operador disminuye en función del número de fuentes. La función no es sencilla, pues existen una interacción entre la cantidad de información y el número de fuentes (solapes entre las señales). Sin embargo, resulta interesante observar que la entropía global de un sistema de señalización no constituye una medida correcta de la carga perceptiva.

B) Medida de las Respuestas sin Alteración de la Entrada.- Si se parte del comportamiento del operador para estimar su carga perceptiva, se tiene en cuenta los indicios más aparentes; por ejemplo, sus errores ú omisiones. Los errores pueden utilizarse en el análisis cualitativo del trabajo; pero no ocurre lo mismo con el análisis cuantitativo.

La carga perceptiva propiamente dicha, no es si no uno de los numerosísimos factores que pueden dar lugar a una baja en la ejecución del sujeto, y solo puede aislarse en una situación experimental muy simplificada. Cabe también, en ciertas tareas, medir el tiempo de reacción (que a veces resulta significativo) ó el tiempo de ejecución de la respuesta (que constituye un índice menos preciso). Así mismo cabría medir la degradación en el tiempo de la dispersión de los tiempos de reacción o de ejecución. Sin embargo, la medición de éstos últimos factores acarrea a veces una importante modificación de la situación de trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C) *Medida de las Respuestas con Alteración de la Entrada.*- Una de las técnicas más utilizadas es la "tarea añadida". En ella se exige al sujeto que ejecute una tarea sencilla, paralelamente a la tarea principal cuya carga se desea medir. Una de las mayores dificultades del método radica en que debe añadirse una tarea que no perjudique la ejecución de la tarea principal. Para ello, la segunda tarea ha de ser totalmente "automática". Si se cumple esta condición, resulta posible medir la carga de la tarea principal mediante la degradación de la ejecución de la tarea secundaria. También puede añadirse una tarea secundaria variable y medir la degradación de la tarea principal con distintos grados de dificultad, pero ello requiere una medida precisa de tales grados, es decir, que el problema esté resuelto en parte...

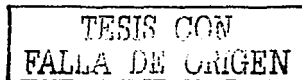
Bertelson (1967) establece una distinción entre tareas añadidas "principales" y "subsidiarias" (en este caso el operador efectúa, cuando ello resulta posible, una tarea suplementaria).

Se han añadido tareas de vigilancia sencillas (con dos estímulos), de seguimiento de pistas, de escritura (Kalsbeek, 1965) y rítmicas. Estas últimas parecen fáciles de utilizar; así por ejemplo, Michon 1964 empleó una tarea que consistía en seguir el ritmo con el pie. La irregularidad del ritmo constituye una estimación aceptable de la carga perceptiva de la tarea principal.

Para llevar a cabo la técnica de la tarea añadida, es necesaria una situación experimental. Sin embargo, Lindquist (1961) utilizó dicha técnica en una tarea de pilotaje simulado, próxima a la realidad. La tarea principal consistía en "pilotar" una maqueta; y la tarea añadida, en percibir una luz sobre una pantalla y responder apretando un botón (distinto según la posición de la luz). Se obtuvo así una medida cuantitativa de la degradación de la tarea de pilotaje.

Menos corriente es la técnica que podría llamarse de "supresión de tarea". En ella se interrumpe momentáneamente la percepción de ciertas señales, y se aprecia así si el sujeto utiliza toda la información de que dispone. La carga perceptiva queda definida por la proporción de tiempo ó actividad mínima que el sujeto dedica a determinada tarea con el fin de alcanzar un nivel de ejecución suficiente. Cabe, así mismo, medir la "subcarga" perceptiva (insuficiencia de señales).

D) *Índices indirectos.*- Algunos investigadores han intentado utilizar índices fisiológicos que no guardan una relación directa con la tarea. Se sabe desde hace tiempo que la frecuencia a la que una luz intermitente (*flicker*) parece continua varía considerablemente. Se ha tratado de utilizar tal variación como índice de "fatiga perceptiva", pero no se ha alcanzado grande éxitos, ya que las fuentes de variación son demasiado numerosas para que pueda aislarse aquella que se intenta estudiar.

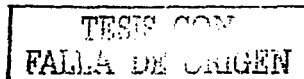


El ritmo cardíaco ha dado igualmente lugar a investigaciones recientes. Gantchev y colaboradores, (1965) expusieron los resultados de varias experiencias búlgaras que establecían una correlación entre la cantidad de información de las señales y la frecuencia cardíaca. No se cree que tales resultados puedan generalizarse a cualquier situación experimental. Las investigaciones llevadas a cabo acerca de la irregularidad del ritmo cardíaco (arritmia) presentan mayor interés. En efecto, cuando se ejecuta una tarea con carga perceptiva, queda prácticamente suprimida la gran irregularidad observada en estado de reposo. Ello puede utilizarse para medir, con relativa precisión, una carga perceptiva global.

Por desgracia, se cree que esta justificado el pesimismo de Crossmann (1964a) acerca de tales técnicas: "El problema de la carga mental y la fatiga no podría resolverse mientras no se comprenda la naturaleza misma del trabajo mental (...). Se han utilizado índices fisiológicos para medir el nivel instantáneo de atención(...). Pero, ello equivale a medir el trabajo realizado por un ordenador a partir del consumo de bandas perforadas ó del calor producido.

La utilización de tareas subsidiarias, a decir verdad, medir la capacidad residual, pero ello no aporta indicación alguna sobre lo que constituye inicialmente la carga mental ni sobre la eficacia conseguida(...). Hacen falta, por un lado, más estudios prácticos con registro directo de la ejecución de la tarea, y por otro, más estudios experimentales acerca de cuestiones como la decisión sencilla, la memoria inmediata y la resolución de problemas en tiempo limitado.

Leplat y Broways (1965) describen un interesante caso práctico. Se analizó la carga perceptiva en un puesto de trabajo concreto: control de la navegación aérea. Para ello, se compararon sucesivamente las conversaciones y los mensajes rutinarios con la intensidad del tráfico entre el número de conversaciones y la intensidad del tráfico llevó a la determinación de un umbral, por encima del cual se hace imposible el trabajo. La duración media de las conversaciones constituye así mismo un índice interesante, ya que tiende a disminuir con el tráfico, según una función bien definida. Un estudio similar de los mensajes rutinarios reveló que, si bien el número de estos no posee valor como índice, su duración disminuye con el tráfico, aunque en menor grado que la duración de las conversaciones. Por último, cabe establecer índices característicos a partir de los llamados mensajes de autorización.



11.3.- Experimentación.

El análisis de tareas aísla las distintas variables que constituyen el puesto de trabajo. El objetivo del ergónomo es modificar dicho puesto, con el objeto de mejorarlo. Por lo que hace falta una segunda fase en la que se estudien las variables: tal es la fase experimental.

Así por ejemplo, al estudiar la selección del correo, Bertelson (1962) procedió a un análisis experimental con dos tipos simplificados de máquinas seleccionadoras. Tras una elaboración estadística de los resultados, se llegó a una predicción aceptable del comportamiento de los operadores en el contexto real del puesto de trabajo.

Hay que enfatizar que no basta el sentido común y que la experimentación resulta necesaria. Por desgracia, quedan aun defensores del "método" basado en el sentido común (incluso ha sido este el tema de un documental). Sin embargo, la experiencia ha destruido la gran mayoría de las previsiones fundadas en aquel; y su utilización exclusiva unida a una ausencia total de autocrítica, va contra el principio mismo del progreso técnico.

En el estudio ergonómico del puesto de trabajo existen dos clases de experimentación: aquella que se lleva a cabo en el laboratorio, y aquella que se desarrolla sobre el terreno. Cabe realizarlas simultáneamente (y este es el procedimiento ideal); pero, en la mayoría de los casos, sólo una de ellas resulta practicable.

En lo que atañe al control de las variables, es preferible el laboratorio. Este permite mantener constantes las variables y medir con precisión sus interacciones; hace posible una repetición frecuente de la experiencia, de modo que pueden alcanzarse niveles de confianza satisfactorios; por último: se impone en ciertos casos por razones prácticas evidentes, como pueden ser ciertas consideraciones de seguridad. Pero, si bien el laboratorio proporciona mayor precisión que la práctica, esta llega a resultados más ricos. También es más realista y, aunque no permite medir la influencia de todas las variables, no deja de lado tantas como aquel.

Esta afirmación se refiere particularmente a ese elemento difícil de manejar, pero de suma importancia, como es la motivación de los sujetos.

Se ha reprochado a la experimentación de laboratorio el que no haga posible una generalización de los resultados observados. Tal objeción es grave y señala uno de los mayores problemas de la investigación psicológica en general.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo que se subraya que hay que proceder con gran cautela al aplicar los resultados experimentales al lugar de trabajo, sobre todo si se generaliza el puesto estudiado a otro, aun aparentemente semejante al primero. Esta objeción atañe también a la experimentación llevada a cabo sobre el terreno, contrariamente a lo que cabría pensar.

II.3.1 - Experiencias de Laboratorio.

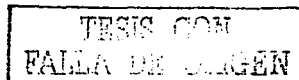
No existe una diferencia fundamental entre la experimentación de laboratorio con fines ergonómicos y aquella que se practica en la psicología experimental. Por tanto, a este respecto, los manuales clásicos (sobre todo Piaget y Fraisse, tomo I, 1964). Tal solo la función de las variables independientes y dependientes, de los criterios, las hipótesis y los esquemas experimentales.

Las variables independientes están esencialmente constituidas por las informaciones (o entradas) que recibe el operador. Estas se determinan gracias al análisis de tareas, y hay que tratar de reproducirlas con la mayor fiabilidad posible. En la mayoría de los casos, se trata de señales visuales ó sonoras emitidas por la máquina. Eventualmente, pueden depender del ambiente: iluminación, ruidos, etc. Cabe así mismo estudiar como variables independientes ciertas características del operador: edad, sexo; nivel cultural, etcétera.

Las variables dependientes se refieren, sobre todo, a las respuestas (o salidas) del operador; pero cabe considerar la ejecución del sistema total Hombre-Máquina, sin distinguir lo que depende de esta y de aquel. Es muy importante escoger, entre las variables dependientes, aquellas que se utilizarán como criterios; tal elección se lleva a cabo mediante el análisis de tareas.

La experimentación propiamente dicha consiste en modificar la configuración de las variables independientes, ya cambiando su intensidad, ya añadiendo ó suprimiendo ciertas variables. Cabe así comparar la situación actual (si esta existe, como en el caso de la ergonomía correctiva) con una o más situaciones distintas. Las modificaciones descritas dependen de cierta hipótesis. Estas formulamos, ora a partir de experiencias similares que se intentan generalizar, ora en virtud de un modelo o teoría cuyo valor se desea comprobar (por ejemplo, un modelo inspirado en la teoría de la decisión), ora sencillamente "para ver lo que pasa" (y ello conduce a menudo a una segunda fase de experimentación).

Para proceder a la interpretación de los resultados, es necesario un esquema experimental riguroso. En primer lugar hay que tomar las precauciones necesarias para no medir *artefactos* ni olvidar las variables parásito.



Establecer por adelantado un esquema experimental facilita así mismo el desarrollo del análisis estadístico. Por ello, el análisis de varianza es uno de los instrumentos básicos de la ergonomía; sin embargo, no hay que utilizarlo en todos los casos, y a menudo basta ampliamente un modesto X^2 .

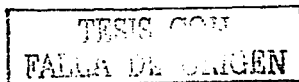
II.3.2.- Experiencias sobre el Terreno y Validación.

Entre las experiencias llevadas a cabo en el laboratorio y aquellas realizadas sobre el terreno, cabe situar la simulación. En esta, como en aquellas, las variables no son tan numerosas como en la práctica y los sujetos se sienten en una situación artificial. Por causa de su naturaleza "mixta", las experiencias de simulación se cuentan probablemente entre las más eficaces. Por desgracia, resultan muy costosas y, por ello, solo se recurre a ellas al estudiar tareas costosas (como la aviación) o realizadas en grandes series (automóvil).

La experimentación práctica es más difícil que la de laboratorio. La situación real debe modificarse lo menos posible. La función del experimentador consiste principalmente en medir las variables dependientes e independientes (es, a menudo, imposible influir sobre estas últimas) designadas por el análisis de tareas. El ergónomo debe saber practicar la telemedida. No se trata, en este caso, de un esquema experimental propiamente dicho, sino de un análisis estadístico exhaustivo, cuyo fin es descubrir correlaciones entre las variables.

Constituye un buen ejemplo de situación experimental práctica el coche-laboratorio de la Prevención de carrera de Monthéry, que reconstruye un puesto de trabajo real; los únicos elementos adicionales introducidos consisten en los aparatos de medida colocados sobre el cuerpo del conductor (que no le producen ninguna molestia).

Toda experimentación ergonómica se concluye por una validación, en la que se comprueba si el puesto de trabajo, transformado o creado en función de los resultados de la experiencia, permite alcanzar el nivel de ejecución esperado. La ejecución se compara, según los casos, ahora con normas absolutas, definidas anteriormente (ejecución mínima), ahora con la ejecución lograda en el puesto primitivo, ahora con la ejecución resultante de proyectos paralelos (entre los que se desea elegir). Resulta conveniente volver al análisis de tareas, con el objeto de observar si las variables escogidas como criterios se modifican realmente en el sentido requerido (acerca de la medida y elección de criterios).



CAPÍTULO III.

Ergonomía de los Sistemas. Perfeccionamiento de los Sistemas Hombre-Máquina.

La ergonomía de los sistemas es de desarrollo más reciente que la de los puestos de trabajo. No solo las obras acerca de los S.H.M. son menos abundantes, sino que no poseen todavía una estructura tradicional definida, comparable a la de la ergonomía de los puestos (con sus nociones clásicas de vigilancia, displays, etcétera.). Por ende, este capítulo no obedece a un esquema lógico y solo pretende establecer una división provisional de este campo tampoco explorado aún.

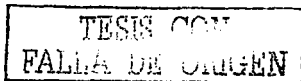
III. 1.- División de las Funciones entre el Hombre y la Máquina.

III. 1. 1.- Métodos.

A).- Planteamiento del Problema.- Una exposición cronológica de la división de las funciones entre el Hombre y la Máquina se llevaría a escribir una historia de trabajo, en la que se apreciaría la sucesiva delegación del Hombre a la Máquina de sus funciones motoras; más tarde, de sus funciones de transmisión de la información; hoy día, de ciertas funciones de recepción y transformación de la información; y, tal vez mañana, de las llamadas funciones de decisión ... Se limitará a estudiar el problema tal como se plantea en la actualidad.

En muchos casos, la solución es inmediata: solo el Hombre puede leer distintos textos manuscritos; solo la Máquina puede desplazar un gran navío; solo un sistema electrónico puede transmitir un mensaje a lo largo de centenares de Kilómetros en menos de un segundo; solo el Hombre puede interpretar dicho mensaje, etcétera. La solución no es tan evidente en los sistemas complejos, sobre todo si se consideran los criterios económicos. La ergonomía ha elaborado varios métodos de división.

Surge principalmente tal problema en la fase de concepción del sistema (ergonomía preventiva), pero también puede plantearse en una fase de modificación. En este caso, la suerte suele estar echada, y las modificaciones sólo pueden atañer a aspectos muy secundarios.



B).- *La División Mediante Catálogos de Funciones.*- El Problema de la división de funciones se ha abordado generalmente con un método pobre. El esquema suele ser el siguiente: ante un modelo del S.H.M. construido en forma de lista, el ergónomo decide que funciones corresponden al Hombre y la Máquina. Tal decisión es precaria por dos razones.

El primer lugar, los catálogos de funciones presentan graves defectos (verbalismo, antropocentrismo e inadecuación de la descripción estructural).

En segundo lugar, la decisión se apoya en realidad en listas ya establecidas, que enumeran en términos demasiado generales los tipos de funciones en los que el hombre es superior a la máquina, y reciprocamente.

A pesar de estas limitaciones, se citara un ejemplo de dichas listas, ya que, dada la cantidad de obras técnicas que tratan de ellas, poseen al menos un interés histórico...

Wulfbeck y Zeitlin (1962), y después Jorden (1963), formularon una objeción suplementaria respecto al método "del catálogo"; tal objeción es fundamental, ya que atañe al hecho mismo del comparar a l Hombre y la Máquina. Según estos autores, hay que tratar de reemplazar al Hombre por la Máquina. Ambos términos no son simétricos, ya que se tiende, dentro de lo posible, a suprimir el trabajo humano. No adoptar tal actitud supone impedir cualquier progreso, puesto que este consiste en construir máquinas cada vez más perfectas. No hay que considerar el presente estado de la tecnología como un dato intangible. Según Jorden, el Hombre y la Máquina no son comparables, sino complementarios, y ha de plantearse de forma distinta el problema de la división.

Chapanis (1965b) estudió las imperfecciones de los catálogos en un sólido artículo, que cabe considerar como un modelo de análisis metodológico. Según este autor, la práctica ha demostrado que las listas de funciones son demasiado generales para resultar útiles. Una enunciación como "el ordenador es superior al hombre en lo que respecta al cálculo" puede ser falsa en un caso particular, ya que por ejemplo, el operador humano llega a calcular muy deprimis una regla de cálculo. Los catálogos de funciones indican si el Hombre logra una ejecución superior a la de la Máquina, ó viceversa. Pero, en la práctica, se trata más bien de saber si la función puede realizarse: se desea determinar un umbral, y no un máximo.

Como ejemplo, Chapanis describe la tarea de recaudación del peaje en una autopista: el Hombre da el cambio más rápidamente que la máquina, pero esta puede bastar. El artículo de Chapanis se resume en la observación siguiente: los catálogos no permiten la división *óptima* de las funciones. Hay que tratar de llegar a un equilibrio, y no a la mejor ejecución de una tarea aislada.

TESIS CON
FALLA DE URGEN

C).- *Otros Métodos.*- En el artículo anteriormente citado, si bien no propone Chapanis un método preciso, al menos describe una actitud metodológica cuyas características esenciales son las siguientes:

1.- Los S.H.M. dependen, hasta cierto punto, de la cultura; la división de funciones entre el Hombre y la Máquina está, en parte, determinada por los valores sociales, económicos y políticos.

2.- La división de funciones ha de someterse a un estudio continuo, aún después de la realización del sistema.

3.- El ergónomo no debe considerar las funciones de las máquinas como determinadas definitiva y detalladamente.

El campo de *engineering* es casi tan incierto como el de la psicología, y ha de limitarse con frecuencia a establecer aproximaciones.

Chapanis define una "estrategia" de la división de funciones. En primer lugar, aconseja que se analice el S.H.M. exhaustivamente, basándose en un modelo de organización y determinando las variables-criterio de las que dependerá la validación. En una segunda etapa. Hay que analizar detalladamente las funciones; no cabe atenerse a términos como "decisión", "percepción", "memoria inmediata", "codificación", etcétera. En tercer lugar, se debe tratar de asignar las distintas funciones al hombre o a la máquina huyendo de cualquier dogmatismo, es decir, intentar varias soluciones teniendo siempre en cuenta el conjunto del sistema y sin olvidar el carácter precario de los datos (sobre todo, los relativos a la fiabilidad del operador humano). Por último, conviene valorar la carga total de las funciones atribuidas a cada operador, y comprobar que dicha carga no resulta excesiva, o más exactamente, determinar un equilibrio óptimo de las variables independientes respecto a las dependientes (o criterios).

Teplee (1961) ha propuesto un método en el que resulta bastante ambicioso el deseo de cuantificación. Clasifica las funciones según unos parámetros referentes a las capacidades respectivas de los hombres y de las máquinas. Analiza las funciones del S.H.M. en gestos, cálculos, comunicaciones y decisiones, y atribuye a dichas funciones parámetros tales como la frecuencia, la rapidez, la estabilidad, la precisión y la importancia. Los parámetros se definen mediante escalas de estimación que, por su subjetividad e imprecisión, constituyen una base frágil. Teplee establece una serie de índices y fórmulas que, teóricamente, permiten descubrir cualquier exceso ó insuficiencia en la carga de un operador humano o de una máquina.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El método, menos ambicioso y más convincente, de Shapero y colaboradores (1961) se basa en el principio general según el cual el operador humano debe invertir siempre que las transformaciones sufridas por las variables entre la entrada y la salida del sistema cambien de estructura. Dicho de otro modo, el Hombre debe invertir siempre que exista la menor duda respecto a la elaboración de la información. El modelo de análisis de este método es parecido a los modelos de conexiones, diferenciándose así ventajosamente de los métodos basados en los catálogos.

III.1.2.- Listas de Funciones.

A pesar de las críticas que merecen las listas de funciones, en la tabla 3 (A) una síntesis de las más importantes (Fitts, 1951; William y Colaboradores, 1956; Chapanis, 1960; Gagné, 1962; McCormick, 1964; Meinster y Rabideau, 1965; Murrell, 1965 a). Si bien estas no hacen posible una verdadera división de las funciones de un S.H.M. considerado, puede llamar la atención del ergónomo sobre tal o cual aspecto del sistema.

III.1.3.- División de las Funciones entre el Hombre y la Calculadora.

En la Tabla 3(A), la mayoría de las funciones asignadas a la máquina atañen en realidad a la calculadora electrónica. Los problemas de división de funciones se refieren cada vez más al Hombre y a la Calculadora. Tañes problemas son más delicados, pero también más interesantes, que los clásicos ya que la tecnología de las calculadoras se halla en pleno desarrollo. Tal vez sea este el campo de la ergonomía futura.

Cabe distinguir los problemas planteados por las calculadoras en *tiempo real* (*on line*) y los planteados por las calculadoras "clásicas", que se utilizan para el cálculo científico o la gestión (*off line*). En este caso, la división de funciones no presenta ninguna dificultad. La calculadora científica o de gestión es siempre superior a l hombre, por la sencilla razón de que fue concebida e implantada con el fin de efectuar con mayor eficacia y rapidez el trabajo de los operadores humanos. No ocurre así con las calculadoras en tiempo real. El hombre y la máquina constituyen entonces verdaderos sistemas Hombres-Máquinas y pueden surgir problemas respecto a la división de sus funciones; por lo que se trata de un campo apenas explotado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FUNCIONES	CARACTERÍSTICAS DEL HOMBRE	CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA
<i>Detección.</i>	<p>Escala de estímulos limitada por los sentidos.</p> <p>Percibe estímulos de intensidad muy baja.</p> <p>Sensibilidad bastante buena.</p> <p>Filtración fácil de volver a programar.</p>	<p>Escala de estímulos muy extensa.</p> <p>Percibe con dificultad estímulos de intensidad muy baja.</p> <p>Sensibilidad excelente.</p> <p>Filtración difícil de volver a programar.</p>
<i>Discriminación.</i>	<p>Puede abarcar una variedad considerable de dimensiones físicas.</p> <p>Puede utilizar una relación señal/ruido poco elevada.</p> <p>Capacidad de canal mediana.</p> <p>Recuerda modelos bastante complejos.</p> <p>Constancia perceptiva de las formas (p. ej., visión en perspectiva).</p> <p>Percepción de la profundidad y el relieve.</p>	<p>Solo puede abarcar una variedad muy limitada de dimensiones físicas.</p> <p>No suele poder utilizar una relación señal/ruido poco elevada.</p> <p>Capacidad de canal considerable.</p> <p>Recuerda modelos potencialmente muy complejos.</p> <p>Muy poca constancia perceptiva.</p> <p>Percepción de la profundidad y el relieve muy difícil.</p>
<i>Interpretación.</i>	<p>Considerable flexibilidad para programar y volver a programar. Posibilidad de autoinstrucción (experiencia). Modificación de los códigos ("inventiva").</p> <p>Puede afrontar incidentes completamente inesperados.</p> <p>Memoria de los códigos y lenguajes: desconocida, limitada en la práctica.</p> <p>Puede utilizar una información redundante y organizar fragmentos de información en "conjuntos" significativos y relacionados entre sí.</p>	<p>Poca flexibilidad para volver a programar. Codificación rígida. Escasas posibilidades de autoaprendizaje (experiencia); "inventiva" muy limitada.</p> <p>Afronta difícilmente los incidentes.</p> <p>Memoria de los códigos y lenguajes muy elevada.</p> <p>Organización perceptiva muy limitada.</p>

Tabla 3(A).- Comparación de las Funciones del Hombre y de la Máquina en los S.H.M.

FUNCIONES	CARACTERÍSTICAS DEL HOMBRE	CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA
<i>Interpretación.</i>	Capaz de inducir y generalizar. Razonamiento: impreciso. Pero puede utilizar "atajos".	Incapaz de inducir y generalizar. Muy preciso. Pero no puede utilizar "atajos".
<i>Cálculo.</i>	Lento e impreciso.	Muy rápido y preciso (sobre todo, la integración y diferenciación).
<i>Acomodamiento estímulo-respuesta.</i>	Puede adaptar distintos tipos de respuestas a un mismo estímulo. Tiempo de reacción relativamente lento e inestable.	Solo puede adaptar un número muy limitado de respuestas al mismo estímulo. Tiempo de reacción rápido y estable.
<i>Respuesta.</i>	Limitada, tanto por su precisión como por su capacidad. Responde difícilmente a un estímulo repetitivo y rápido.	Muy extensa, tanto por su precisión como por su capacidad. Responde fácilmente a un estímulo repetitivo y rápido.
<i>Autonomía.</i>	Gran autonomía de desplazamiento y mantenimiento (homeostasis).	Muy poca autonomía de desplazamiento y mantenimiento.
<i>Fiabilidad.</i>	Bastante limitada. Sométida a variaciones temporales.	Puede ser excelente. Generalmente constante.
<i>Duración de la ejecución.</i>	Corta, si no se introducen pausas (fatiga). Capacidad de "supersejcción" (stress).	Ilimitada; necesita muy pocas pausas. Incapacidad de "supersejcción".

Tabla 3(A).- Comparación de las Funciones del Hombre y de la Máquina en los S.H.M. (Continuación).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Edwards (1962) comparó las ejecuciones del hombre y las calculadoras, sin tener en cuenta los aspectos económicos y sociales (que en realidad tienen una importancia considerable). Se llegó a las siguientes conclusiones:

La calculadora es superior al hombre, en velocidad y precisión en las tareas de *investigación*. Agota, con sorprendente "paciencia", todas las soluciones posibles. Si se apoya en una programación "heurística", es decir, en reglas sistemáticas que evitan cualquier paso inútil, la calculadora siempre llega al resultado (si es que hay algún resultado). También es superior al hombre en lo que se refiere a la *memoria diferida*. Además la calculadora es disciplinada, trabajadora y poco emotiva.

En otras tareas, el hombre es superior. La *accesibilidad de su memoria* le permite ser muchísimo más rápido. Su facilidad para *reconocer* figuras es así mismo muy superior a la de la calculadora, a pesar de los progresos realizados recientemente por esta. El hombre establece clases de equivalencia con rapidez y naturalidad, mientras que ello resulta penoso para la calculadora. Además el hombre traduce las informaciones imprecisas o ambiguas en términos de probabilidad, mientras que la calculadora solo conoce la certeza.

Por esta razón, ciertos S.H.M. militares han de comprender operadores humanos, ya que en ellos desempeñan una función crítica de tareas de "apreciación". Por último, el hombre resulta más fiable que la calculadora, puesto que puede corregirse a sí mismo.

El ejemplo más espectacular de la superioridad del hombre pertenece, sin duda, al campo de la astronáutica. A pesar de los riesgos que el hombre corre, este no puede reemplazarse por el instrumento más perfeccionado para la exploración del suelo lunar.

Escasean las comparaciones experimentales entre el hombre y la calculadora. En la investigación de Shaffer (1965) acerca de la resolución de problemas en los que intervenían procesos estocásticos. La tarea estudiada comprendía una sucesión de decisiones. Como cabía esperar, la calculadora resulto ganadora.

El estudio de Opler (1961) sobre el acuerdo de las impedancias en los S.H.M. Distingue este autor los siguientes niveles de complejidad: sistemas un hombre una máquina; sistemas un hombre una calculadora, con ambiente físico dotado de significación; sistemas un hombre una calculadora, con ambiente físico en conexión directa; y, por último sistemas de varios hombres varias calculadoras, con ambiente físico en conexión directa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Casi al margen de estos problemas, la experiencia de Hemphill y McConville (1965), que compararon la ejecución de dos grupos en dos tareas idénticas de resolución de problemas. El primer grupo trabaja frente a un operador humano, y el segundo, frente a una calculadora, pero ambos ignoraban (en virtud de un artificio) la naturaleza de su interlocutor. No se observaron diferencias de ejecución, tanto en la predicción de comportamiento del "otro" como en los procedimientos empleados para la resolución. Sin embargo, el hombre pareció más confuso que la máquina.

Para concluir, es preciso evocar el inmenso y casi inexplorado ámbito de la *inteligencia artificial*. Abordar este problema, aun de forma escueta, llevaría a dedicarle un libro entero y exigiría conocimientos muy amplios de neurología, biología, psicología, lógica, cibernética, matemáticas y electrónica... Por lo que se limitara a señalar que, sin duda, la ergonomía habrá de tener en cuenta en un futuro tal vez muy próximo los resultados logrados en este dominio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.- Equilibrio de las Tareas de Vigilancia.

III.2.1.- Planteamiento del Problema.

En las industrias muy automatizadas, como la química, la petroquímica y la producción de energía y, en general, en todos aquellos talleres en los que los procesos continuos han sustituido a los discontinuos, se plantea el problema del equilibrio de las tareas de vigilancia. ¿Cuántos operadores se necesitan ante los cuadros de señales y mandos, ante los instrumentos de medida más o menos separados entre sí?

No es fácil responden a esta pregunta, ya que en tales puestos son aleatorias las señales y no cabe sumar los tiempos, como en un taller de montaje. Existen varias soluciones posibles. Se trata de lograr un equilibrio óptimo entre el costo y la seguridad, que se halla comprendido entre dos soluciones extremadas y caricaturescas, pero no absurdas: disponer de tantos vigilantes como variables, por vigilar (seguridad y costo máximos), y disponer de un solo vigilante en todo el taller (seguridad y costo mínimos).

Los problemas de este tipo caracterizan la industria. En el campo espacial y militar surgen problemas similares, pero se suele despreciar la variable costo del personal. Se determina simplemente si el operador del puesto estudiado puede o no efectuar un conjunto de tareas.

No puede aislarse el estudio del equilibrio de las tareas. Constituye la primera etapa de la ergonomía S.H.M. que comprende así mismo la mejora del puesto y la formación de operadores partiendo de las consignas.

III.2.2.- Una Solución Sencilla.

Se verá en este mismo capítulo que cabe resolver los problemas de equilibrio de tareas mediante métodos complejos y rigurosos. Tales métodos suelen resultar costosos en la Ergonomía Industrial. Por ende, se expondrá a continuación un método sencillo, ideado originalmente para las tareas de vigilancia de una fábrica de gas utilizado después por numerosas empresas⁷.

⁷ Se ha llevado a cabo este método con la ayuda de los autores H. Gourio y P. Morin.

A).- *Análisis de Tareas.*- Se lleva a cabo partiendo de un modelo sencillo (como el de conexiones), que divide las tareas en secuencias señal-respuesta, siendo las señales aleatorias y teniendo las respuestas una duración aproximadamente constante. Se analizan así las tareas de vigilancia propiamente dicha. A éstas se añaden unas tareas "fijas"; es decir, unas operaciones con ritmo libre que el operador puede efectuar en cualquier momento durante las ocho horas que permanece en su puesto. A esta última categoría pertenecen las tareas de mantenimiento sencillo y ciertas operaciones, como llenar un depósito. De las tareas "fijas" basta conocer el número y la duración. Las principales variables que caracterizan las secuencias E-R son las siguientes:

- ✓ Lugar de Aparición de la Señal.- Indicador, pantalla o aparato en que el operador debe percibir la señal considerada. La mayoría de las señales son visuales.
- ✓ Naturaleza de la Señal.- Los tipos de señales más frecuentes son los siguientes: rebasamiento de un valor límite (máximo, mínimo o ambos a la vez); la respuesta constituye entonces aquello que suele llamarse "regulación". Aparición de un fenómeno (por ejemplo, escape de gas); las señales constituyen "incidentes", y la respuesta, una secuencia de operaciones previamente definidas. Ordenes o consignas (tal es el caso de la puesta en marcha o detención de las máquinas y de las unidades de fabricación). Este es el límite de las tareas de vigilancia.
- ✓ Frecuencia de la Señal.- Para cada señal, han de definirse dos parámetros: la frecuencia media y la dispersión de las frecuencias. Esta última suele ser difícil de medir. Las frecuencias medias pueden variar considerablemente con la señal, oscilando su valor entre varias veces por hora y una vez al año.
- ✓ Duración Útil de la Señal.- En la mayoría de los casos, la respuesta ha de seguir inmediatamente a la señal; de no ser así, se producen fenómenos irreversibles. El tiempo transcurrido entre la aparición de la señal y el "punto irreversible", que recibe el nombre de duración útil de la señal, suele ser conocido por los técnicos, (ver Figura 1). En los procesos industriales continuos, la duración real de la señal es casi siempre superior a su duración útil (en contraste con la vigilancia de radar; por ejemplo, en que se confunden la duración útil y la real).
- ✓ Naturaleza de la Respuesta.- Suele tratarse de un proceso bien definido, como "cerrar la válvula", "poner en marcha el motor", "reducir la presión", etcétera.
- ✓ Duración de la Respuesta.- Depende directamente de la naturaleza de la respuesta. Se incluyen los tiempos de desplazamiento.
- ✓ Ausencia de Respuesta.- la naturaleza aleatoria de la aparición de las señales, y la necesidad de equilibrar el costo y la seguridad, llevan al cálculo de los riesgos. Hay que valorar las consecuencias de una ausencia de respuesta. En la fábrica de gas estudiada, bastó una triple valoración:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Riesgos leves.- Así, por ejemplo, pérdidas de una sustancia barata, como agua o gas.
- Riesgos medianamente graves. Así, por ejemplo, una interrupción de la fabricación durante varias horas; pérdidas considerables de sustancias caras y deterioro de aparatos.
- Riesgos graves.- Así, por ejemplo, una explosión o deterioro(s) que ponen en peligro la vida humana o el funcionamiento del conjunto de la instalación durante varios días.

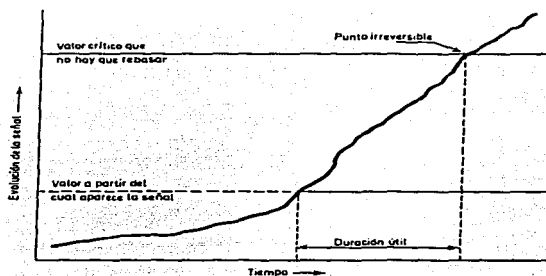


Figura 9.- Determinación de la "Duración Útil" de la Señal en las Tareas de Vigilancia.

B).- *Equilibrio del Puesto.*- Partiendo, a título de hipótesis, de determinado puesto de trabajo, se comprueban las condiciones de "equilibrio satisfactorio" en tres etapas:

1.- *Determinación de los choques.*- La primera etapa consiste en calcular la probabilidad de "choque entre señales", con el fin de suprimir aquellas tareas que dan lugar a una probabilidad demasiado elevada. Sin entender por choque entre señales el hecho de que un operador, al responder a una señal, no perciba otra señal o no pueda responder a ella. Se limitara el caso de dos señales.

La simultaneidad de aparición de dos señales cualesquiera no origina necesariamente un choque. Para que este se produzca, es preciso que la duración útil de cada señal sea inferior a la duración de la respuesta a la otra:

$$du_A < dr_B \quad \text{y} \quad du_B < dr_A$$

En la Práctica, se distinguen de los demás aquellos casos en que las respuestas pueden interrumpirse. Mediante un gráfico, cabe determinar fácilmente qué señales pueden chocar con determinada señal.

Naturalmente, el que dos señales puedan chocar no quiere decir que choquen necesariamente. Para que esto se produzca, el intervalo entre señales ha de ser inferior a un valor que cabe calcular, a saber: la diferencia entre la duración de la respuesta a la primera señal y la duración útil de la segunda. Por tanto, existen dos intervalos para cada par de señales, según el orden de aparición de estas. Para simplificar los cálculos, se utiliza siempre el mayor de ambos intervalos.

Cabe entonces calcular la probabilidad de choque. Se determina en primer lugar la probabilidad de aparición de cada señal durante un intervalo de choque. La probabilidad de choque es igual al producto de las probabilidades de aparición de las dos señales que pueden chocar durante dicho intervalo. Este cálculo parte de la suposición de que todas las señales son independientes.

Así por ejemplo si la señal A aparece una vez al día, y la señal B una vez por semana; y su A y B pueden chocar, con un intervalo de choque de 15 minutos, A entonces tiene una probabilidad de aproximadamente 1/100 de aparecer durante el intervalo de 15 minutos, y el choque se produce una vez cada 100 semanas con media, es decir, más o menos cada dos años.

Semejante frecuencia puede depreciarse si las consecuencias de la ausencia de respuesta son leves, pero resulta alarmante si las consecuencias son muy graves. Por tanto, hay que completar el estudio de los choques ponderando estos últimos en función de sus consecuencias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.- Cálculo de la carga de trabajo.- Se calcula en primer lugar la carga de trabajo media de las secuencias de señales aleatorias (tareas de vigilancia). Tal carga media es igual a la suma de las duraciones de las respuestas multiplicadas por la probabilidades de aparición (frecuencia media).

La carga media de trabajo constituye un dato insuficiente para llegar al equilibrio de los puestos. Es preciso conocer así mismo la carga "máxima". Esta es teóricamente infinita, ya que, en el caso límite, cabe imaginar que un día todas las señales pueden aparecer con una frecuencia extremadamente elevada durante un mismo periodo de ocho horas. En la práctica se determina un límite arbitrario razonable, que un día todas las señales pueden aparecer con una frecuencia extremadamente elevada durante un mismo periodo de ocho horas. En la práctica se determina un límite arbitrario razonable, que permite definir aquello que se llamará la carga de trabajo "casi máxima".

Así por ejemplo, se define la carga de trabajo casi máxima como un valor total que, en un 95% o en un 99% de los casos, no sea rebasado por la suma de los productos de las duraciones de las respuestas por las probabilidades de aparición de las señales. Cabe también determinar una carga casi máxima para cada señal, y sumar los valores obtenidos.

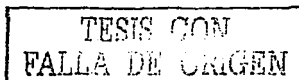
3.- Equilibrio de los Puestos.- Gracias a los datos anteriormente estudiados y relativos a la carga de trabajo de secuencias de señales aleatorias (combinadas con tareas fijas de duración constante), cabe probar si un puesto está "saturado", partiendo de un riesgo aceptable. También se pueden distribuir en forma distinta las tareas entre los operadores, determinando así nuevos puestos de trabajo.

En base al Equilibrio de las Tareas especificados anteriormente, se adaptara un estudio minucioso acerca de la adaptación de las respuestas de el Factor Humano en un Puesto de Trabajo.

Los datos esenciales acerca de la motricidad del hombre figuran en los principales manuales anglosajones (Woodson, 1956; Morgan y colaboradores 1963; McCormick, 1964). En lo que se atañe a los datos antropométricos de la población Francesa, cabe consultar Bercovitz (1963) y Wisner y Rebillé (1963); estos últimos insisten sobre la utilización de tales datos en la concepción del puesto de trabajo.

Antes de estudiar la adaptación de la respuesta a la señal, conviene detenerse sobre la adaptación de los instrumentos de respuesta³.

³ Los problemas relativos a la percepción visual de los instrumentos de mando, considerados como señales, se han elaborado en este capítulo.



Cabe clasificar estos últimos en dos categorías principales:

Los mandos cuyo efecto es discontinuo y aquellos cuyo efecto es continuo.

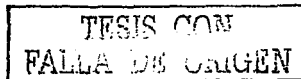
Entre los primeros, cabe citar: los botones (que pulsa el pie a la mano), los pedales, los interruptores de dos posiciones, los conmutadores rotatorios de dos o más posiciones, las palancas de varias posiciones (como las de cambio de manchas...). Entre los segundos: las manivelas, los volantes, los botones giratorios... Para que estos instrumentos estén adaptados a su función, hay que tener en cuenta diversos factores: su forma, sus dimensiones, características con el juego y el recorrido, su posición respecto al operador y, sobre todo, su resultado. La elección de determinado tipo de instrumento es, sin duda, el factor más importante de que dependerá la eficacia de un mando. Se han dedicado ha este tema distintos estudios, cuyos resultados se resumen en la Tabla 4.1 (ver también McCormick, 1964).

Estos breves comentarios no bastan cuando se trata de combinar varios mandos para adaptar una respuesta de los mensajes emitidos por diversos instrumentos de señalización. En tal caso, se hace indispensable un estudio específico que tenga en cuenta todas las variables y que habrá de fundirse en un análisis preliminar de las frecuencias y de las secuencias de utilización de los distintos instrumentos.

Las características *dinámicas* de los mandos (principalmente de aquellos cuya acción es continua) han dado lugar a interesante investigaciones, que se proponían definir la residencia óptima de los mandos.

Cabe distinguir la resistencia elástica (engendrada generalmente por un resorte) que varía, linealmente o no, con el desplazamiento; el amortiguamiento por viscosidad, proporcional a la velocidad y debido a una fuerza opuesta al movimiento; la fracción estática, que al principio es muy fuerte, pero cede rápidamente; la Fracción de Coulomb (resistencia continua que no guarda relación con la velocidad o el desplazamiento), y la inercia, debida a la masa, que varía en función de la aceleración.

Ahora bien, la adaptación de la respuesta a señales discontinuas, pueden ser en base a *Tiempos de Reacción* (TR) que es la medida más sencilla que cabe realizar en un comportamiento de respuesta. Su estudio ha suscitado, en psicología experimental, gran número de investigaciones (acerca de la exposición cronológica de estas, ver Chocholle, 1963). Recientemente, ha aumentado el interés por el TR (sobre todo en las tareas de elección), gracias a ciertos estudios de gran importancia teórica relativos a los modelos matemáticos que mejor corresponden a los resultados observados. Consultar principalmente la obra de Falmagne (1965).



TIPOS DE MANDOS	Acción discontinua Dimensiones del código	Acción continua Posibilidad de precisión en los movimientos	POSIBILIDAD DE CONTROL		Instrumentos de señalización generalmente asociados (ejemplo)
			Visual	Táctil	
Botón pulsado con la mano	2		Nula	Nula	
Botón pulsado con el pie	2		Nula	Nula	
Interruptor unidimensional	2-3		Media	Buena	
Interruptor bidimensional	4-5		Regular	Media	Casi siempre, indicadores de todo o nada (p. ej., luz).
Conmutador giratorio	2 a ~ 25		Buena	Nula si más de 3/4 posiciones	
Pedal de dos posiciones	2		Regular	Buena	
Palanca de recorrido fijo (tipo cambio de marchas)	2 a 6		Regular	Buena	
Manivela		Por desmultiplicación	Regular	Media	Esfera.
Volante		Por desmultiplicación	Nula	Media	Esfera o escala horizontal.
Palanca unidimensional		Media	Regular	Media	Escala vertical.
Palanca bidimensional (manija de control)		Media	Muy regular	Media	A menudo, combinación de varios instrumentos (sobre todo, indicadores).
Botón giratorio (tipo radio)		Buena	Nula	Nula	Esfera o escala horizontal.

Tabla 4(A).- Características de Algunos Mandos muy Difundidos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

No se extenderá demasiado sobre los TR, por interesante que resulte su estudio. Nos fundamos en que las tareas en las que la respuesta ha de ejecutarse en una fracción de segundo son extremadamente infrecuentes. Por ello, en las experiencias de ergonomía se utiliza más bien el TR como variable dependiente suplementaria (además de los errores), con el fin de comparar distintos tipos de señales. Se han propuesto diversos modelos (todos los cuales obedecen a la teoría de la información) para explicar las variaciones del TR (ver las señales de Leplat, 1965 a y 1965 c).

Ya caso todas las experiencias revelan una relación lineal entre la información media (H) emitidas por las señales y el TR medio de estas, todos los modelos corresponden al esquema $TR=a+bH$. Si los errores abundan, el modelo será $TR=a+bR$, siendo R la cantidad de información transmitida. Por tanto, cabe estudiar cómodamente, gracias a los TR, la relación entre la información emitida por las señales y la transmitida por las respuestas del operador.

Los modelos de la teoría de la información también permiten, en ciertos casos, formular hipótesis acerca de la estructuración de las tareas de selección o vigilancia. Si el TR es función de la cantidad de información emitida por el dispositivo de señales, toda disminución de la incertidumbre acarreará una aceleración de trabajo. Se ha demostrado experimentalmente que la *previsión*, por parte del operador, de la categoría de señal que va a percibir o del momento en que esta va a aparecer, trae consigo una mejora en el TR. Por tanto, en las tareas que exigen reacciones muy rápidas, conviene que las señales críticas vayan precedidas por señales avisadoras (lo cual suele resultar imposible).

Los problemas planteados por la codificación entre el mensaje y la señal (significado y signifiante), es decir, los problemas que surgen al nivel de la interpretación. Se presentan así mismo problemas de codificación (aunque con una frecuencia mucho menor) cuando hay que establecer una correspondencia término a término entre un sistema de señales y uno de respuestas. Ver a Leplat (1963 y 1965a).

Solo cabe aclarar con exactitud de codificación SR en aquellos casos en que el operador adapta respuestas discontinuas a señales discontinuas. Si las señales y respuestas son continuas, se habla de "seguimiento" o *tracking*.

Se distinguirá el estudio de los *estereotipos* (que considera las correspondencias entre un tipo de señal y un tipo de respuesta) y el de las *compatibilidades* (que considera las correspondencias entre un conjunto de señales y un conjunto de respuestas).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se designa por *estereotipo* toda conexión "natural" o "espontánea" entre una señal y una respuesta; se define pues, por un criterio estadístico. El ejemplo más corriente lo constituye el sentido en que se cierra un grifo o una válvula: en una población francesa masculina y adulta, dicho sentido es el de las agujas de un reloj. Los estereotipos tienen generalmente un origen sociocultural, y a veces anatómico.

El estudio de los estereotipos cobra gran importancia cuando debe obtenerse rápidamente una respuesta adaptada. Tal es el caso de la aviación; un estudio estadístico de Fitts y Jones (1947a) sobre los errores del pilotaje reveló que el 17% de los errores de maniobra provenían de la manipulación del mando de una dirección distinta a la señalada por los indicadores. Se han llevado a cabo numerosísimas experiencias acerca de los estereotipos (ver la reseña de Loveless, 1962).

En lo que se refiere a la *dirección* del movimiento, los estereotipos se manifiestan, sobre todo, cuando dispositivos de señales se sitúan en el mismo plano que las respuestas. La Figura 10 ilustra unos cuantos ejemplos de tales estereotipos que, no todos poseen la misma fuerza. Existe, por lo general, una marcada tendencia a girar un botón en el sentido de las agujas de un reloj (cualquiera que sea la dirección de la señal) cuando la señal no está situada en el mismo plano (ver Figura 11).

En cuanto a los estereotipos referentes a la posición relativa de los dispositivos de señales y de respuesta, Chapanis y Lindenbaum (1959) realizaron un célebre estudio sobre la colocación de los botones de mando correspondientes a los cuatro hornillos de una cocina. La disposición óptima queda representada en la Figura 12.

La *compatibilidad* entre un conjunto de señales y otro de respuestas ha dado lugar a experiencias que, a nuestro parecer, presentan mayor interés para la estructuración de los puestos de trabajo. Los códigos son comparables entre sí.

La mejor posición es siempre aquella en que las configuraciones especiales de ambos conjuntos (de señales y de respuestas) son idénticas o casi idénticas. En el caso ideal, cada mando va colocándose exactamente debajo de la señal al que está asociado. Para ello, la correspondencia ha de ser biunívoca, lo que no ocurre siempre. Se cita a este respecto una experiencia de Knowles y colaboradores (1953) Figura 13. Cuando se encendía una luz en el cuadro de señales, el sujeto respondía presionando el botón o los botones correspondientes. Las señales se presentaban con distintas velocidades. Se descubrió así que, en lo que atañe a los errores, el sistema compatible no es sensible al aumento de velocidad, mientras que el no compatible lo es muy marcadamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

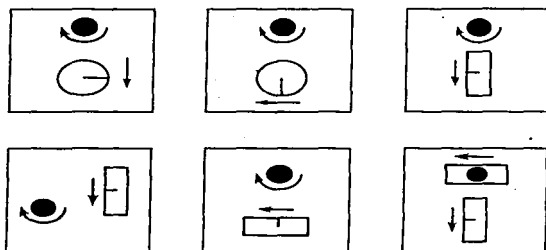


Figura 10.- Algunos Ejemplos de Estereotipos Relativos a la Dirección del Movimiento cuando las Señales y Respuestas están en el mismo Plano (según Lapat, 1965).

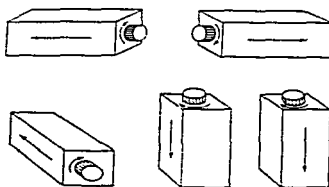


Figura 11.- Estereotipos Relativos a la Dirección del Movimiento cuando las Señales y Respuestas no están en el mismo Plano.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

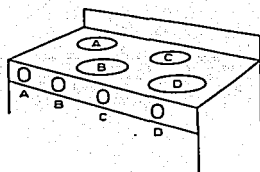


Figura 12.- Ejemplo de Estereotipo de Posición: Disposición Óptima de los Hornillos y Botones de Mando en una Cocina.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

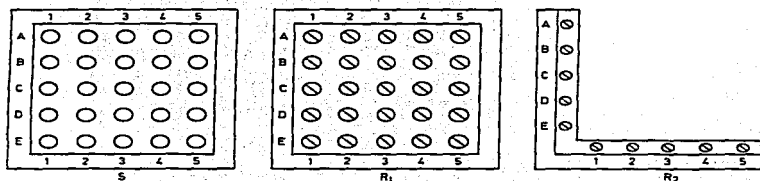


Figura 13.- S, dispositivo de Señales; R₁ y R₂, Dispositivos de Respuestas; S-R₁ es Compatible; S-R₂, es mucho menos Compatible (según Knowles, Garvey, Newlin, 1953).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la experiencia de Fitts y Seeger (1953), se compararon tres dispositivos de respuesta (Figura 14). Cada vez podían emitirse ocho señales. En el dispositivo Sa, la señal era una de las ocho lámparas; en Sb una de las cuatro lámparas o un par de lámparas adyacentes; en Sc, una lámpara o dos (un elemento de cada par). La respuesta consistía en desplazar un estilite (siempre a partir del cero) en unos dispositivos de diversas formas. Los resultados revelaron claramente la influencia de la similitud especial.

Se ha demostrado experimentalmente la superioridad de la codificación especial sobre la simbólica (por ejemplo la alfanumérica). Para que pueda utilizarse la codificación especial, es preciso que el número de dispositivos de señales no sea muy elevado. Así, es una experiencia de Garvey y colaboradores (1954), la codificación especial resulta eficaz con una matriz de 5X5, pero no con una de 10X10.

Brainard y colaboradores (1962) compararon dos sistemas de señalización (números y lámparas alineadas y numeradas) con dos sistemas de respuestas (un sistema simbólico: enunciar verbalmente el número, y otro especial: conjunto de teclas numeradas). Los cuatro códigos posibles se presentaban con tres cantidades de información cada uno: uno, dos y tres bits (dos, cuatro y ocho señales). La variable dependiente era la cantidad de información transmitida. Los resultados demostraron que existe una fortísima interacción entre el sistema de señales y el de respuestas. En el caso de los números, la respuesta verbal dió lugar a los mejores resultados; en el caso de las lámparas, el teclado resultó más eficaz. Tales efectos se acentúan cuando la cantidad de información transmitida aumenta.

Chapanis y Lockhead (1965) compararon la influencia de la compatibilidad de la disposición relativa de las señales y los mandos en un cuadro con la influencia de una conexión meramente gráfica (trazos gruesos entre las señales y los mandos). La compatibilidad proporciona mejores resultados, tanto en lo que se refiere a los errores como a los tiempos de reacción.

Con el objeto de comprobar si la señalización táctil resulta preferible a las demás cuando la respuesta es motora. Leonard (1959) concibió una experiencia en la que el único dispositivo era un teclado; las señales eran transmitidas por la vibración de las teclas, sobre las que descansaban permanentemente los dedos del sujeto, y las respuestas consistían en pulsar dichas teclas. Se utilizaban entre una y ocho señales. Se llegó así a resultados excelentes, aun cuando la cantidad de información transmitida fuera elevada. Ello concuerda con numerosas comprobaciones de los talleres industriales de tipo mecánico, que suelen preferir, o al menos añadir, la percepción táctil a la simbólica visual. Sin embargo, el empleo de códigos táctiles es aun muy limitado en la industria moderna, ya que la automatización obliga prácticamente a utilizar códigos visuales o auditivos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN










	Ra	Rb	Rc
Sa	 TR 0,39 E 4,4 B 0,26	 TR 0,43 E 7,5 B 0,47	 TR 0,58 E 11,5 B 0,69
Sb	 TR 0,45 E 6,6 B 0,40	 TR 0,41 E 3,4 B 0,22	 TR 0,58 E 17,8 B 0,86
Sc	 TR 0,77 E 16,3 B 0,76	 TR 0,58 E 16,6 B 0,83	 TR 0,48 E 8,44 B 0,50

Figura 14.- Experiencia de Fitts y Seguer (1953), que Demuestra la Influencia de la Compaibilidad entre los Sistemas de Señales (Sa, Sb, Sc) y de Respuestas (Ra, Rb, Rc). En cada caso, el primer número indica el TR medio; el segundo, el Porcentaje Medio de Error, y el Tercero, la Cantidad Media de Información Perdida (expresada en Bits y siendo el Máximo igual a 3 Bits).

A pesar de la señal discontinua a la continua, la adaptación de la respuesta plantea problemas distintos. El sistema Hombre-Máquina se transforma en un sistema que tiende hacia un fin, es decir, en un sistema sometido a ciertas reglas. Para explicar cómo funciona, hay que introducir la noción de "programa" y, por ende, la finalidad.

A).- Tareas de seguimiento.- En estas tareas, la señal y la respuesta son continuas. El caso más frecuente lo constituye un blanco móvil que el operador debe seguir (con mayor o menor tolerancia) gracias a un punto de referencia cuyo desplazamiento dirige. El ejemplo más trivial de tareas de seguimiento es la conducción de un automóvil mediante el volante, el dispositivo experimental utilizado en el laboratorio es considerablemente más sencillo. Leplat (1963) y Adams (1961) han resumido las abundantes obras dedicadas a este tema. Las tareas se dividen en dos categorías principales:

En el seguimiento sencillo, la señal es móvil y el efecto de la respuesta (que esta bajo el control del operador) es directamente perceptible por este.

En el seguimiento por compensación, el operador solo percibe la diferencia, o "error" entre el blanco y la respuesta. Un caso típico de compensación está constituido por un blanco fijo, donde el operador debe mantener un punto de referencia que sufre desviaciones cuyas causas no puede controlar.

Los problemas que plantean las tareas de seguimiento son análogos a los que surgen en los sistemas discontinuos respecto a la compatibilidad entre señales y respuestas.

Se ha probado experimentalmente la superioridad del seguimiento sencillo sobre el seguimiento por compensación. Cabe pensar que tal superioridad se debe a que los movimientos del blanco y del punto de referencia son variables y se expresan según el mismo "código" de desplazamiento, mientras que, en la compensación, solo es visible un movimiento, cuyo "código" es algo complejo, por tratarse de un movimiento resultante.

En lo que atañe a la influencia de la compatibilidad entre la señal y la respuesta, citare la experiencia de Reagan (1960). Este autor comparó seis dispositivos:

- 1.- Señales circulares (blanco que giraba alrededor de un círculo) respuestas circulares (manivela).
- 2.- Señales lineales (blanco que se desplaza en una ranura) respuestas circulares.
- 3.- Señales circulares.- respuestas lineales (palanca)
- 4.- Señales lineales.- respuestas lineales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.- Señales combinadas.- respuestas circulares.

6.- Señales combinadas.- respuesta en "manga de control".

Las señales combinadas consistían en un trazado vectorial de las dos dimensiones del blanco. La asociación 6 resultó superior a las otras cinco, que suministraron los mismos resultados. Esta conclusión puede aplicarse tanto al seguimiento simple como al de la compensación.

La influencia de la compatibilidad es menos importante que el seguimiento entre señales y respuestas discontinuas, cuando se trata de una tarea sencilla (unidimensional). Mitchel y Vince (1951) han demostrado que, en este caso, solo la mitad de los sujetos reparaban en una inversión del sentido de la correspondencia, sobrevenida a la mitad de la tarea.

También se ha estudiado la influencia de las relaciones entre la amplitud de la respuesta y la de su efecto. Constituye el problema de la desmultiplicación de los dispositivos de respuesta. Por lo general, cuanto más elevada es la relación, mayor es la precisión; puede no ocurrir así cuando se impone una gran velocidad, en cuyo caso hay que determinar el punto de inflexión de a curva. Por último, los resultados no son los mismos si el control de la respuesta por parte del operador es visual o propioceptivo.

Cabe formular los problemas de los mandos auxiliados en los términos de compatibilidad. No son siempre fáciles de interpretar los resultados en este campo. El estudio de Chernikkoff y colaboradores (1960), que observaron los efectos de nueve combinaciones resultantes de la modificación, en una tarea de seguimiento por compensación bidimensional, de las variables: posición, rapidez y aclaración de la respuesta. Se llega a mejores resultados cuando las modificaciones introducidas en ambas coordenadas son semejantes, y el número de errores aumenta en función de la disparidad de aquellas.

En cuanto a la sensibilidad del mando, parece ejercer poca influencia sobre la ejecución, de acuerdo con una experiencia de Tipton y Birmingham (1959). Estos investigadores fueron variando la presión ejercida sobre una palanca desde 1 hasta 128 onzas. Observaron que existe una presión óptima, pero que la variación total del error de ajuste esta siempre comprendida entre los valores relativos 2,5 y 1 (Figura 15)

Se ha estudiado, por último, el efecto de una dilación sobre la transmisión de la respuesta. En los puestos de trabajo, ciertos de los mandos vienen afectados por una histéresis más o menos marcada. Cuando la respuesta está simplemente diferida, el problema es relativamente sencillo. Generalmente, la respuesta se prolonga en el tiempo, según una curva de tipo exponencial. Ello puede perturbar la ejecución. Cabe recurrir entonces a una presentación anticipada de las señales siempre y cuando resulte posible.

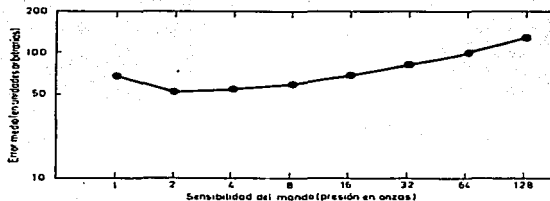


Figura 15.- Errores Cometidos en una Tarea de Seguimiento en Función de la Presión Exigida para Desplazar una Palanca (según Tipton y Birmingham, 1959).

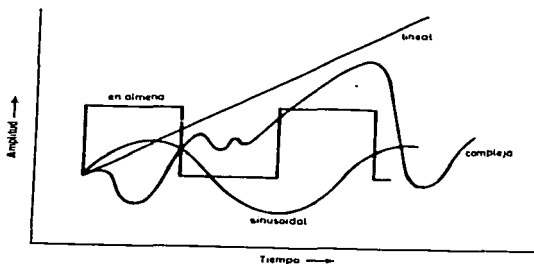


Figura 16.- Principales Tipos de Variación de una Señal Continua.

C). Funciones de Transferencia del Operador.- En las tareas de seguimiento, cabe analizar el comportamiento del operador en función de la transferencia. Puede aplicarse este concepto (por analogía con ciertos fenómenos propios de las instalaciones electrónicas) a la transformación que sufre la información entre la entrada y la salida.

De este punto de vista se ha elaborado modelos matemáticos algo complejos, de gran interés teórico, pero poco aplicables aún a las tareas reales⁹.

Se comentara muy rápidamente los principales resultados de las investigaciones llevadas a cabo en este campo.

Cabe distinguir cuatro tipos generales de variación de la señal: en forma de almena (todo o nada), lineal, sinusoidal y compleja (Figura 16).

Las respuestas del operador humano a las variaciones en almena de la señal son de tres tipos. En los tres se observa un tiempo de latencia (o tiempo de reacción). En el primer tipo de respuesta, el operador alcanza directamente la posición buscada; pero generalmente, o bien rebasa el límite hacia el que tiende, o bien no llega a él en el primer intento; en ambos casos, debe efectuar un movimiento d corrección (Figura 17). Existen numerosos factores susceptibles de modificar el comportamiento de respuesta. Los más importantes se refieren a la compatibilidad de los sistemas de señales y respuestas. Cabe citar así mismo la amplitud de las variaciones de la señal y el ritmo de estas, que puede provocar un solape de las respuestas.

Cuando la señal varía linealmente, la ejecución puede casi alcanzar la perfección. Para ello, ha de tener conciencia el operador de la naturaleza de la variación, de modo que pueda prever esta última.

Si la variación es sinusoidal, la ejecución es mediana al principio y mejora progresivamente hasta la previsión (Figura 18). En tales tareas, el ritmo óptimo es de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ ciclo por segundo. Al aumentar la frecuencia, el ajuste se va haciendo mucho menos preciso.

Por último, en las variaciones complejas, la posibilidad de previsión es muy pequeña, y la ejecución depende esencialmente de la amplitud y frecuencia de las variaciones.

⁹ Citemos, sin embargo, el notable estudio (por simulación) de Crossman y Cooke (1962) sobre la adaptación de las respuestas de los operadores (principalmente en las industrias químicas) a las variaciones lentas de las señales.

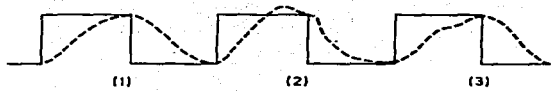


Figura 17.- Tres Tipos de Respuesta del Operador a una Señal en Almena (según Morgan y colaboradores).

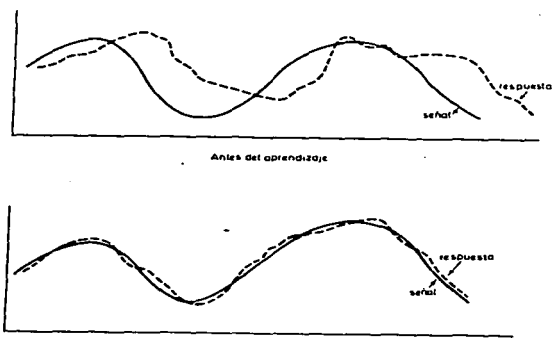


Figura 18.- Ajuste de la Respuesta a una Variación Senoidal de la Señal antes y después del Aprendizaje (según Morgan y colaboradores).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.3.- Métodos más Rigurosos.

A). Métodos Analíticos y Simulación.- Cabe establecer con mayor rigor los datos relativos a las tareas de vigilancia e introducir variables suplementarias, como por ejemplo, la intensidad de la señal y, sobre todo, ciertas características del operador (como sus tiempos de reacción).

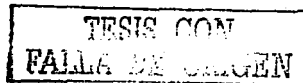
Un método estrictamente analítico puede resultar demasiado complejo, aun disponiendo de un ordenador. Por ello, se suele recurrir a los métodos de simulación. Se puede utilizar con este fin el lenguaje *Simscript* .

Se expondrá en B un ejemplo de simulación de tareas de vigilancia. Cabe comparar este tipo de investigaciones a la simulación citada por Haythorn (1963) y concebida en el Laboratorio de los sistemas logísticos de la Read Corporation para determinar la agrupación óptima de las funciones de mantenimiento en un sistema de Misiles.

Los puestos industriales de vigilancia, no suponen ninguna exigencia de velocidad por parte del operador humano. Conviene, no obstante, evocar una serie de investigaciones acerca de la *organización temporal de la transmisión de la información*, en aquellas tareas en que las señales se suceden con ritmo rápido, como la selección del correo (ver la reseña de Lepiat, 1965c). Se trata en realidad de problemas ergonómicos del puesto de trabajo, y no de una ergonomía de los sistemas. Sin embargo, puede resultar útil en la práctica, para equilibrar un puesto de vigilancia, conocer el comportamiento de un operador humano en semejante situación.

En tales tareas con velocidad impuesta, las variables esenciales son la distribución temporal de las señales y, por otro lado, el tiempo de la latencia y la duración de la respuesta a dichas señales. Cabe explicar el comportamiento del operador mediante distintos modelos teóricos. Lepiat cita en particular el modelo de las filas de espera. Subraya el hecho de que la carga de trabajo de un sujeto que ha de responder a las señales aleatorias no puede representarse únicamente por la fracción de tiempo durante el cual está ocupado.

En efecto, la experiencia demuestra que un elemento importante de la carga está constituido por el sentimiento de coacción originado por el conocimiento que el sujeto tiene acerca de su retraso y de la acumulación de operaciones. Lepiat describe así mismo el modelo de Murrell (1963), que permite calcular la frecuencia de las emisiones el de Falmagne (1965), modelo estático que tiene en cuenta fenómenos de regulación propios del operador humano e introduce las nociones de periodos de aceptación y de bloqueo, etcétera.



B). Método de Siegel y Wolf.- Siegel y Wolf (1961) describen un método de simulación con calculadora que permite valorar la carga de un operador en una tarea de vigilancia de tiempo limitado. Aunque este método se refiere a un solo puesto de trabajo, puede emplearse en un sistema con varios operadores.

El modelo divide la tarea del operador en cierto número de "subtareas" o "gestos" que este ha de ejecutar. Para cada gesto, el programa considera los datos siguientes:

- 1.- El tiempo medio, t_i , necesario para que el operador ejecute la "subtarea". Representa el tiempo medio de realización del operador cuando este no está sometido a ningún *stress*;
- 2.- La derivación típica media, σ_i , al rededor de la media t_i , de un operador mediano no sometido a *stress*;
- 3.- La probabilidad media, p_i , de ejecutar con éxito la "subtarea" (sin que haya *stress*);
- 4.- La "necesidad", es decir, el que el éxito de la ejecución sea o no esencial para la realización del conjunto de tarea;
- 5.- Tiempo de latencia eventual, w_i , es decir, el número de segundos que el operador ha de esperar antes de ejecutar la "subtarea";
- 6.- El gesto que debe realizarse si el gesto i fracasa;
- 7.- El gesto que debe realizarse si i se ejecuta con éxito.

Con estos datos, el ordenador efectúa tres tipos principales de cálculos.

En primer lugar, determina las condiciones de urgencia y de *stress*, en función del trabajo que queda por hacer y del tiempo disponible.

Existen tres grados de urgencia:

- 1.- Situación no urgente:

$$\sum_{j=1}^n t_j \leq T - T_j^U$$

donde T es el tiempo total permitido para toda tarea, y T_j^U es el tiempo total

necesario para realizar los gestos anteriores a $i-1$, comprendido este.

2.- Situación urgente:

$$T_i^E + T_i^N = \sum_{j=i}^n t_j > T_i^U$$

y

$$T_i^E \leq T_i^U$$

Donde T_i^E y T_i^N , son respectivamente el tiempo total necesario para

ejecutar las "subtareas" esenciales y no esenciales restantes. La situación urgente para permitir realizar en su totalidad solamente los gestos esenciales.

3.- La situación es urgentísima cuando no hay ni siquiera tiempo para ejecutar las "subtareas" urgentes.

En este caso, el ordenador simula un estado de "stress psíquico" del operador, S_i , inmediatamente antes de ejecutar el gesto i . El factor de stress, que

es igual a 1 en los dos casos anteriores.

Por último, el operador indica si cabe o no considerar cada "subtarea" como ejecutada por el operador. La probabilidad del éxito de un gesto, p_i , es función de p , s y M . Se trata de una función compleja en la que tiene una importancia crítica

el "umbral de stress" M .

El modelo puede tener en cuenta la distribución de ciertos gestos. Además, permite introducir un nuevo parámetro, F , que caracteriza la rapidez del operador con el fin de tomar en consideración la varianza de los factores individuales.

El programa abarca secuencias de 100 gestos o "subtareas". La validez de sus predicciones ha resultado satisfactoria en las dos aplicaciones realizadas hasta ahora: aterrizaje de un avión sobre un portaaviones y lanzamiento de un misil.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.3.- Elaboración de las Consignas.

Cabe distinguir dos fase en la elaboración de las consignas de trabajo para los operadores de un S.H.M.. En la primera parte, se distribuye el trabajo en el espacio (entre los operadores) y en el tiempo. En la segunda, se estructura la tarea del operador. Esta última plantea problemas psicológicos (utilización de los conceptos, resolución de problemas y fijación en la memoria) de los que no cabe tratar aquí, ya que se refieren al puesto de trabajo. Por el contrario, la primera fase depende directamente de los métodos de análisis de los S.H.M.

Los modelos de organización es un modelo en forma de "organigrama" que cabe utilizar para elaborar las consignas de los S.H.M. La Figura 19 representa un ejemplo real de organigrama, tomado de un estudio llevado a acabo en una fabrica de abonos.

Las ventajas de tales esquemas son varias. En primer lugar, el sistema se describe con esmerada precisión, ya que debe contestarse a toda pregunta (y, como es sabido, la dificultad de una tarea se deben en parte a su imprecisión).

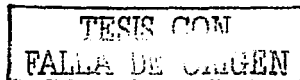
En segundo lugar, los esquemas ayudan a elegir entre varias estrategias.

Por último, gracias a ellos cabe fijar sin ninguna ambigüedad las fronteras de los puestos de trabajo. Estas son de dos tipos:

Las verticales .- que separan un puesto de otro.

Las horizontales.- que limitan las responsabilidades del operador respecto al escalón superior, constituido por ejemplo por el capataz o el jefe de taller.

Subrayemos esta ventaja de los esquemas, ya que muchos accidentes provienen de una determinación imprecisa de las dificultades que debe resolver el operador y de aquellas, menos frecuentes, que requieren la presencia de un técnico más competente.



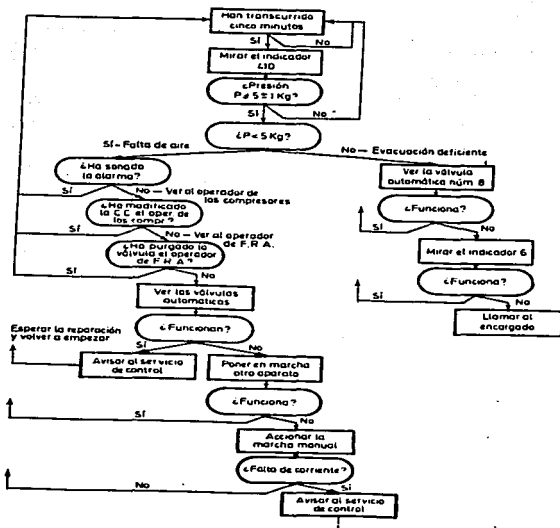


Figura 19.- Organigrama de las Consignas en un Sistema de Fabricación de Abonos (Fragmento).

III.4.- Fiabilidad del Sistema Hombres-Máquinas.

III.4.1.- Fiabilidad del Sistema.

Como es sabido, se concede considerable importancia a la fiabilidad en la industria moderna, principalmente en sectores como la aeronáutica y el espacio. Numerosas obras están dedicadas a este problema y describen las investigaciones llevadas a cabo para disminuir los porcentajes de errores (ver por ejemplo Bazovsky, 1966).

Los estudios más interesantes se refieren a la fiabilidad de los sistemas, es decir, a la fiabilidad global de conjuntos de elementos. Los factores esenciales de que depende esta son las fiabilidades individuales de cada elemento, el número de elementos y la manera en que se hallan agrupados. No se expondrán las reglas que rigen los cálculos de fiabilidad. Tan solo se señalará que cabe distinguir dos casos muy distintos: aquel en que los componentes del sistema están colocados en serie y aquel en que están en paralelo.

Quando los componentes están en *serie*, un error en uno de ellos origina un error en el conjunto de sistema, y los fallos de los distintos componentes son independientes entre sí. Por tanto, para calcular la fiabilidad global, hay que multiplicar las fiabilidades de los componentes:

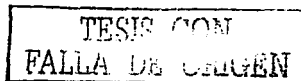
$$F_{\text{sistema}} = F_1 \times F_2 \times F_3 \times \dots \times F_n$$

Quando mayor sea el número de elementos, menor será la fiabilidad del sistema.

Quando los componentes están en *paralelo*, la fiabilidad global es proporcional al número de estos. La fórmula (simplificada) que relaciona las fiabilidades es:

$$F_{\text{sistema}} = [1 - (1-f)^m]^n$$

Siendo "m" el número de componentes relativos de cada función, "n" el número de funciones y "f" la fiabilidad de los componentes. Esta fórmula supone que las fiabilidades de todos los elementos son idénticas y que las distintas funciones tienen el mismo número de elementos. De no ser así, es preciso recurrir a fórmulas algo más complejas.



Cualquiera que sea la estructura del sistema, hay que conocer la fiabilidad de sus componentes para calcular la fiabilidad global. En los S.H.M., ello se traduce por el problema de medir la fiabilidad del operador humano.

III.4.2.- Fiabilidad del Operador Humano.

A). Planteamiento del problema.- Los estudios relativos a la medida de la fiabilidad del operador, considerado como un componente de un S.H.M., no han dado lugar a muchas publicaciones. No obstante, se trata de un problema importante. Según dichos estudios, se estima que el hombre es responsable del 25% al 40% de los fallos del sistema. El error humano desempeña una función crítica, sobre todo cuando el operador recibe y transforma información (hasta el punto que se ha llegado a decir que el hombre es la principal fuente de ruidos en el S.H.M. concebidos para la elaboración de la información).

Se han establecido ciertos métodos para medir la fiabilidad del operador humano valorando las probabilidades de error y las consecuencias de los errores. Se expondrán algunos de tales métodos, estrechamente relacionados con los métodos de análisis de tareas.

La tendencia que desgraciadamente, se manifiesta en ocasiones consiste en valorar la fiabilidad del operador humano, respecto a determinadas funciones consideradas en forma general. No se cree que los conocimientos actuales (sobre todo los psicológicos y fisiológicos) permitan enumerar, desde un punto de vista antropológico, las fiabilidades del hombre en sus distintas funciones, independientemente del contexto que acompaña a dichas funciones. No cabe tratar al hombre como si fuera un componente electrónico. Es preciso ser más modesto y limitarse a estimar la fiabilidad del operador en un S.H.M. concreto. La generalización sólo puede hacerse a título de indicación.

B). Algunos métodos de Medida.- Una de las contribuciones más recientes al estudio de la fiabilidad humana se debe a Meister (1964). Esta considerada como error toda la desviación del sistema debida, directa o indirectamente, a un operador. Subraya el hecho de que la fiabilidad humana ha de estudiarse en función de los sistemas, y no en sí misma.

Expone los distintos métodos de análisis de errores e intenta (sin demasiado éxito) fundirlos en una síntesis. De acuerdo con Meister, las principales dificultades son las siguientes:

a.- Son insuficientes las informaciones relativas a la ejecución de los operadores humanos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b.- Es muy delicada la división del comportamiento humano en tareas "elementales". Haría falta una taxonomía adecuada. Los problemas son los mismos que en el análisis de tareas.

c.- Los métodos empleados suponen que los elementos del comportamiento humano son independientes entre sí, lo cual suele ser exacto.

Entre los métodos descritos por Meister, citemos el preconizado por Swain (1964) bajo el nombre de THERP (Technique for Human Error Rate Prediction); comprende cuatro etapas.

1.- Determinación de los errores (o fallos) del S.H.M. cuya fiabilidad se intenta valorar.

2.- Descripción de todas las operaciones humanas y de sus relaciones con las demás funciones del S.H.M.. se establece así mismo un grafo de las probabilidades de éxito o fracaso (ver Figura 20).

3.- Predicción del porcentaje de errores en cada operación humana o grupo de operaciones.

4.- Determinación del efecto de los errores humanos sobre el S.H.M. partiendo de fórmulas en las que figuran las probabilidades de las operaciones, de los errores y de sus consecuencias.

Kaufman y Kaufman (1960) han propuesto una técnica mucho más sencilla. Estos autores establecen un pronóstico del número de errores humanos en algunos subsistemas específicos mediante cálculos puramente empíricos. Así por ejemplo para prever el número de errores humanos cometidos al utilizar un equipo electrónico, basta multiplicar el costo del equipo por su peso y volumen. Los errores constituyen una función sencilla del producto obtenido.

Si el equipo es mecánico, se multiplica su costo por su peso y se divide el resultado por el volumen. En una validación de esta técnica de estimación (llevada a cabo con 12 subsistemas de un misil), se llegó a una correlación ordinal de 0.73 entre los valores predichos y los obtenidos, durante un periodo de tres meses. Las fórmulas utilizadas tienen cierto fundamento lógico. Así, el costo suele ser mayor cuando el equipo es reciente y aumenta también en función de la complejidad de este. Cabe así mismo citar la monografía de Miller y colaboradores (1964) acerca de la elaboración de un modelo para valorar desde un punto de vista cuantitativo la fiabilidad de los operadores humanos en los S.H.M., y de las aplicaciones de dichos modelos a sistemas militares de transmisión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

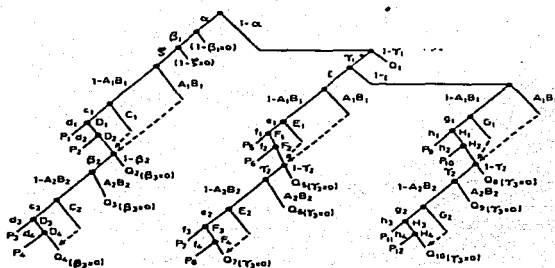


Figura 20.- Grafo de las Probabilidades de Éxito o Fracaso en un Sistema, de acuerdo con Swain (1964), citado por Meister (1964); P, Éxito; Q, Fracaso; las minúsculas simbolizan los Éxitos del Operador Humano, y las mayúsculas sus Fracaso. Las letras griegas Simbolizan las Probabilidades de aquellos sucesos que no están Sometidos a un Control Directo del Hombre y el Sistema.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otras investigaciones dignas de medición son: la de Pickrel y McDonald (1964) sobre la valoración cuantitativa de las ejecuciones humanas en los S.H.M. complejos; de Rook (1964) que propone un modelo estadístico de evaluación de la fiabilidad cuando los datos están simplemente ordenados; y, por último, el método ya citado de Kurke (1961), que permite estimar la fiabilidad de un sistema mediante un análisis lógico de este.

Todo ser humano tiene una fiabilidad de trabajo en donde intervienen factores ambientales.

Los factores ambientales se refieren tanto a la percepción de las señales como a la adaptación de las respuestas, y lógicamente se debería haberle dedicado un capítulo particular. Sin embargo, ya que no se extenderá sobre ellos, se ha preferido situarlos a continuación de las respuestas, por haberse concedido tradicionalmente más importancia en su influencia sobre estas que la ejercida sobre las señales.

La brevedad de este tema se debe a que, los problemas planteados por los factores ambientales perturbadores conciernen, ante todo, al ingeniero. Antes de estudiar los efectos del frío sobre el trabajo, hay que intentar por todos los medios calentar el taller. Por otro lado (y esta es la razón esencial de la brevedad), solo se estudiarán los factores ambientales que pueden repercutir sobre la tarea. Un ruido ha de estudiarse como ruido de fondo de una señal auditiva; la iluminación de un taller, en función de sus consecuencias y en la detección de las señales, etcétera. No se comentara los efectos globales (a largo plazo) sobre el organismo humano por estimarlos de la incumbencia del médico.

La influencia de la iluminación sobre el trabajo puede medirse o estimarse a partir de cierto número de criterios. El más importante de estos es, naturalmente, la percepción de las señales por el operador. Se considera por tanto, la iluminación como una de las variables que actúan sobre la percepción. Es, a menudo, una variable dicotómica: luz insuficiente o suficiente. Se utilizan también otros criterios que se refieren menos directamente a la ejecución o "salida" del sistema hombre-máquina: ritmo cardíaco, movimientos oculares, tensión muscular, juicio subjetivo, etcétera. En Ergonomía no existen problemas de iluminación propiamente dichos (ni tampoco de temperatura o de ruido), sino tan solo problemas de ejecución laboral, la cual depende de numerosos factores, entre los que figura a veces la iluminación. Siempre es necesario un análisis de tareas preliminar, que determine qué variable habrá de tener principalmente en cuenta el ergónomo.

En lo que atañe a la *cantidad de luz necesaria para tal o cual tarea*, se cita en primer lugar las investigaciones de Blackwell (1959), en colaboración con la Illuminating Engineering Society. Varios estudios experimentales, que se llevaron luego a la práctica, hicieron posible la formulación de cierto número de "consejos" sobre los niveles de iluminación tipificados correspondientes a numerosas tareas industriales y a ciertos lugares de trabajo (ver *Tabla 5(A)*).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS NO SALE
EN BIBLIOTECA

SITUACION O TAREA	NIVEL DE ILLUMINACION ACONSEJADA (en lux)
Ensamblaje:	
Tosco, visión fácil	300
Tosco, visión difícil	500
Medio	1 000
Fino	5 000
Muy fino	10 000
Talleres de fundición	500
Talleres de maquinaria:	
Trabajo tosco sobre maquinaria y banco	500
Trabajo medio sobre maquinaria y banco	1 000
Trabajo fino sobre maquinaria y banco	5 000
Trabajo muy fino sobre maquinaria y banco, afilado	10 000
Almacenes o depósitos:	
Inactivos	50
Con actividad:	
Tosca con objetos voluminosos	100
Media	200
Fina	500
Garajes de automóviles y camiones:	
Garajes de servicio:	
Reparación	1 000
Áreas de tráfico intenso	200
Garajes de aparcamiento:	
Entrada	500
Zona de tráfico	100
Zona de estacionamiento	50
Oficinas:	
Cartografía, estudio, diseños	2 000
Contabilidad, etc.	1 500
Trabajo administrativo normal	1 000
Pasillos, ascensores, escaleras	200
Tiendas:	
Zona de circulación	300
Zona de las mercancías: servicio	1 000
Zona de las mercancías: autoservicio	2 000
Viviendas:	
Cocinas: zona del fregadero	700
Cocinas: estantería, mesa, etc.	500

Tabla 5(A).- Iluminación Aconsejada por la "Illuminating Engineering Society", para Cierta Número de Situaciones y Tareas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La definición de las tareas carece, sin embargo, de precisión; se trata de indicaciones muy generales.

La iluminación suele ser tanto más intensa cuanto más minucioso es el trabajo. Sin embargo, se empieza a considerar que el problema no es siempre tan sencillo y que, en ciertos casos, una iluminación excesiva puede suprimir los contrastes y, por ende, reducir la información. No es suficiente aceptar una serie de "consejos", sino que son necesarias experiencias específicas, en los laboratorios y en los talleres.

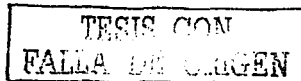
Uno de los mayores inconvenientes de una iluminación potente es el deslumbramiento. Cabe distinguir dos tipos de deslumbramiento: directo (provocado por una fuente luminosa) e indirecto (debido a un reflejo sobre una superficie metálica). El deslumbramiento provoca un claro molestar en el trabajador, así como fatiga visual y un sentimiento confuso de incomodidad (según una escala subjetiva de incomodidad; ver Guth, 1962).

Suele ser fácil luchar contra el deslumbramiento directo, basta reducir la luminosidad o desplazar las fuentes luminosas del campo visual, aumentar la iluminación de las zonas próximas a la fuente de deslumbramiento, instalar pantallas, etcétera. Mucho más difícil resulta la reducción del deslumbramiento indirecto. Esta puede lograrse modificando las fuentes luminosas y cubriendo las superficies reflectoras.

Se plantea con frecuencia el problema de escoger entre la iluminación general y la parcial. No cabe establecer unas reglas generales de este respecto; ha de llegarse empíricamente a una solución en cada caso particular. Simplemente se indica que la tendencia actual se inclina hacia la iluminación individual.

Las características espectrales de la iluminación influye ciertamente sobre el trabajo, pero se han realizado pocos estudios en este campo. Parece improbable que el espectro de las lámparas corrientes (de sodio, mercurio, incandescentes, fluorescentes, etcétera) tenga una importancia significativa. Por el contrario, las lámparas de color pueden ejercer una marcada influencia sobre ciertas tareas de inspección (control de calidad).

El poder reflector de las distintas superficies de los talleres ha sido el motivo de algunos consejos de la Illuminating Engineering Society. Así por ejemplo recomienda esta sociedad u poder reflector del 80 al 92% en los techos, del 40 al 60% en las paredes, del 21 al 39% de los suelos, del 26 al 44% en los muebles, etcétera.



En algunos campos, los problemas de iluminación son tan importantes que se llevan a cabo estudios específicos, que no se expondrán. Por no citar mas que un ejemplo, se ha investigado acerca de cual ha de ser la iluminación de las carreteras, cuya importancia para la seguridad ha quedado demostrada (ver los estudios realizados por Rex, en fechas diversas).

En cuanto al color, se ha de reconocer, que prácticamente, ningún estudio permite medir o aun estimar la influencia sobre la ejecución (no se refiere al poder reflector ni al valor como contraste o significación simbólica de los colores). Ello no quiere decir que tal influencia sea nula, pero hasta el momento, no se ha superado el nivel de las preferencias estéticas subjetivas.

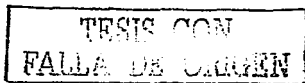
Las principales variables que afectan los intercambios de temperatura entre el cuerpo y el medio ambiente son la *temperatura del aire*, la *humedad del aire*, la *circulación del aire* y la *temperatura de los objetos*, circundantes (paredes, techo, suelo...). Se han ideado distintos índices para combinar las medidas de tales variables. Modificando estas últimas, cabe disminuir o suprimir efectos nocivos o molestos para los trabajadores. Tales modificaciones se obtienen actuando directamente sobre el ambiente (reducción de las fuentes de calor o frio), sobre la relación existente entre el ambiente y el operador (paredes y trajes protectores), o directamente sobre el operador (aclimatación progresiva, rotación de personal, bebidas apropiadas, etcétera).

Los efectos de la temperatura y humedad han sido estudiados, sobre todo, por fisiólogos y médicos del trabajo. Las investigaciones más conocidas son las del profesor Metz, llevadas a cabo en el Laboratorio de Fisiología del Trabajo de la Facultad de Medicina de Estrasburgo.

El equilibrio térmico del cuerpo desnudo se alcanza cuando la temperatura se sitúa entre 25 y 29° C. Por debajo de estos valores, el cuerpo esta demasiado frío, y por encima empieza a intervenir la regulación por evaporación. Sin embargo, tales límites pueden bajar debido a los factores de aclimatación. La aclimatación exige a menudo largos años, especialmente en lo que respecta al frio.

Y el que se logre la aclimatación (de los mecanismos biológicos fundamentales) no quiere necesariamente decir que los individuos sometidos a condiciones térmicas alcancen al mismo nivel la ejecución que en las condiciones normales. Ello se aplica, sobre todo, al frio: a partir de los 13° C, las manos no pueden trabajar con la misma soltura que la temperatura habitual.

En lo que se refiere a la sensación de confort térmico, se ha demostrado, gracias a escalas subjetivas no muy seguras, que los resultados dependen de numerosos factores: edad, ropa, hábitos sociales, características individuales, etcétera.



Cabe considerar como óptimas la mayoría de los sujetos las temperaturas comprendidas entre 20 y 23° C en verano y entre 18 y 21° C en invierno. La Figura 21 representa los límites de tolerancia subjetiva, en función del calor y la humedad, los sujetos vestidos con un mono de aviador.

Se ha experimentado acerca de las variaciones de la ejecución en función de la temperatura. En las tareas motoras, la relación entre ambas variables parece evidente, y ha sido confirmada por estudios prácticos, llevados a cabo sobre todo en minas. El deterioro aparece al cabo de un espacio de tiempo largo (varias horas). En las tareas "intelectuales", los resultados son menos claros y pueden dar lugar a discusión. Mackworth (1946) demostró que la calidad de la ejecución decrecía de forma patente en una tarea de descodificación (Morse) (Figura 22).

En las tareas mentales complejas, los resultados de experiencias similares no concuerdan entre sí. Pepler (1959) halló una relación entre el rendimiento y la temperatura, mientras que Chiles (1958) no encontró ninguna. De hecho, resulta muy difícil aislar el factor temperatura del conjunto formado por las demás variables. Tales investigaciones no parecen presentar gran interés práctico, ya que suelen poder evitarse los calores excesivos en aquellos puestos de trabajo que requieren una actividad de tipo mental.

Las obras dedicadas a los efectos del ruido y a los posibles remedios son tan abundantes como las relativas a la temperatura. Se limitará a resumir los datos referentes a la tareas de tipo industrial, pudiendo invitar al lector a consultar manuales mas especializados si desea conocer los efectos patológicos del ruido sobre el organismo humano, y particularmente sobre el sistema auditivo.

Tales manuales citan así mismo diversos métodos para medir el ruido y dispositivos de protección que han resultado eficaces. Estos atañen más al ingeniero que al arquitecto que al fisiólogo o al médico.

A) Efectos del ruido sobre la ejecución.- Aunque el sentimiento de fatiga y nerviosismo producido por el ruido sea, por desgracia, un fenómeno muy difundido, los efectos objetivamente medibles del ruido sobre el trabajo son muy difíciles de descubrir o poco importantes. No se hace referencia al estado de fatiga general del que el ruido de la civilización urbana es responsable en parte, sin que resulte posible especificar por qué; tampoco se ha ce referencia a la sordera parcial que puede resultar de un ruido excesivo; no se hace sino señalar la importancia de este fenómeno en aquellas tareas en que las informaciones son de naturaleza auditiva. En tales casos, las únicas medidas consisten en disminuir el ruido o aumentar la inteligibilidad de las señales acústicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

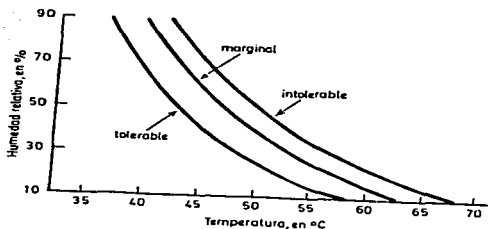


Figura 21.- Límites de la Tolerancia Subjetiva, en Función del Calor y la Humedad, de Sujetos con "Mono de Aviator", (según Taylor, 1946).

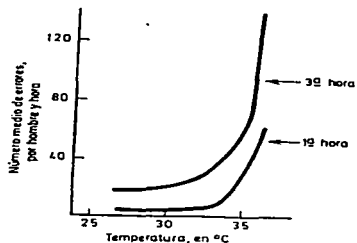


Figura 22.- Relación entre las Ejecuciones en una Tarea de Decodificación (Morse) y la Temperatura (según Mackworth, 1946).

Las investigaciones acerca de los efectos del ruido sobre el trabajo han llegado a resultados contradictorios, y no ha sido posible formular ninguna conclusión general. La mayoría de los autores no han hallado relación alguna, tras haber analizado diferentes tareas (motoras, psicomotoras, intelectuales) durante largo tiempo. Incluso en ciertas tareas, el ruido puede dar lugar a una mejora de la ejecución. Algunos estudios han puesto de manifiesto la influencia negativa del ruido; pero, de ellos, los dos más importantes (que se refieren a situaciones de trabajo reales) datan de antes de la guerra, y los métodos de observación y medida que utilizaron eran algo deficientes.

Se citará aparte de las investigaciones de Broadbent y colaboradores (1953 a 1960) que, bajo condiciones experimentales muy controladas, demostraron una influencia del ruido sobre ciertas tareas de vigilancia. Lo mismo cabe decir de las investigaciones de Jerison (1954 a 1959). Sin embargo, como subraya el mismo Jerison, la variable estudiada por tales experiencias no es el ruido propiamente dicho, sino el ruido como fuente de distracción o, en el caso límite, como stress psicológico.

Su efecto se aparentaría al de otras perturbaciones, como por ejemplo, las visuales y cinestéticas. Tal interpretación queda reforzada por la experiencia de Sanders (1961), según la cual el ruido, como fenómeno imprevisible, perturba mucho más que el ruido de fondo continuo, por alto que sea el nivel sonoro de este. Aunque no traten de efectos directos sobre el trabajo, se recordaran los estudios acerca de la impresión subjetiva que producen los distintos tipos de ruido, independientemente de su intensidad.

Se han elaborado varias técnicas de estimación, con el fin principal de estudiar los problemas de las viviendas (ruidos de la calle, de los aviones, etcétera). Las impresiones de desagrado pueden modificar la ejecución, dando lugar a una disminución voluntaria del nivel de esta, a manera de "represalia". No se ha descubierto ninguna influencia de los ultrasonidos sobre el trabajo, pero a la larga resultan nocivos para el organismo. Lo mismo cabe decir de los infrasonidos, aunque se han dedicado pocos estudios a este tema.

A). Música Funcional.- Este presunto apelativo designa la música utilizada como estimulante del trabajo en los talleres y oficinas. Uhrbrock (1961) ha hecho una reseña de los estudios publicados sobre este tema. Ninguno de tales estudios demuestra una influencia real de la música sobre la ejecución. La única conclusión a la que se llega es que la mayoría de los trabajadores (no todos) encuentran la música agradable... Recientemente, una investigación de Brown (1965) acerca del efecto que produce escuchar la radio cuando se conduce un automóvil ha probado que, si bien los programas hablados no ejercen influencia alguna, la música reduce la utilización del freno y acelerador en carretera y aumenta la duración del recorrido cuando el tráfico urbano es denso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la aviación y sobre todo en la astronauta, ciertos factores ambientales puedan poseer una importancia considerable. Se cita el medio respiratorio (oxígeno, óxido de carbono, tóxicos diversos), la presión atmosférica, la aceleración (G), la gravedad y las vibraciones. Este último factor entra a veces en el juego de la industria.

Por lo que se limitará a esta enumeración, invitando al lector a consultar obras especializadas cuya influencia de encuentran en los Manuales de McCormick (1964) y de Morgan y colaboradores (1963).

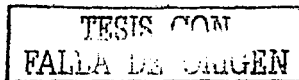
III.5.- Actividades Regulatoras en los S.H.M.

III.5.1.- Los S.H.M. como Organismos.

Los estudios más recientes, sobre todo los europeos, proponen una concepción más amplia de los S.H.M.: consideran el sistema como un "organismo" o como un "sistema abierto" (en el sentido dado por Von Bertalanffy). Desde el punto de vista, los modelos de análisis de los S.H.M. no son ya modelos relativamente estáticos, que dividen el sistema en elementos y relaciones entre elementos. Se introduce un aspecto dinámico, gracias a nociones tales como la actividad, la adaptación, la homeostasia, la autoorganización, la regulación, etcétera.

Tal tendencia es aún demasiado reciente para que puedan citarse numerosos ejemplos, pero los estudios llevados a cabo dentro de esta orientación presentan ya un rigor formal muy notable. Ello se debe casi exclusivamente a los esfuerzos del Laboratorio de psicología de la Universidad libre de Bruselas, y en particular al profesor Faverge (ver Faverge, 1965 b, 1967 a, 1967 b), de cuya obra se tomaran los ejemplos que se citaran más adelante.

Semejante concepción de la Ergonomía del S.H.M. da lugar a una teoría particular acerca de los sistemas hombres-hombres, y desemboca, por una vía muy original, en el ámbito de la psicología social.



III.5.2.- Algunos Ejemplos de Actividades Reguladoras en los S.H.M.

Sólo se citarán dos ejemplos de Faverge, los cuales pertenecen al campo de la industria. En ellos se considera la regulación al nivel del S.H.M. únicamente, es decir, al nivel de un equipo de operadores (obreros, empleados...) que realizan una tarea colectiva en un contexto material y económico bien definido. Faverge ha estudiado también la regulación al nivel del puesto de trabajo (sobre todo, en el caso de un operador que desempeña una función de "transmitancia"), e incluso al nivel superior del conjunto de la empresa o, al menos, de un subconjunto considerable (ver Faverge, 1967a).

a).- Actividades Productivas y Preventivas en una Mina de Hierro. Defoin (Ver Faverge, 1967a, y Faverge, 1967b) ha estudiado las actividades productivas y preventivas de una mina de Hierro.

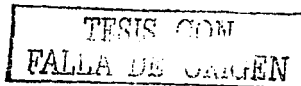
La primera categoría abarca todas las actividades de equipo cuya consecuencia directa es un aumento de la producción.

La segunda, aquellas actividades cuyo objetivo es velar por la seguridad (por ejemplo purgar el techo de la mina).

Defoin anotó el tiempo que cada trabajador dedicaba a tales actividades durante varios días de trabajo y a varios niveles de dificultad. La Figura 23 representa de forma esquemática el modelo de la actividad de los equipos, y la Figura 24, un ejemplo concreto. Las curvas expresan las variaciones temporales de la relación entre la producción (p) y la prevención (P) durante las ocho horas de trabajo, interrumpidas por la pausa del medio día (segunda mitad de la espiral). Cabe apreciar que, en la fase preliminar de calentamiento, el equipo tiende a favorecer la prevención a expensas de la producción, y la relación se invierte después, cambia de nuevo, etcétera.

Tales modelos constituyen un instrumento muy eficaz para comparar equipos diferentes, prever su comportamiento y adoptar las medidas oportunas con el fin de aumentar la producción o la prevención (según los casos). El análisis de Defoin permite así mismo estudiar el comportamiento individual de los miembros del equipo y, sobre todo, la distribución interindividual de los diversos tipos de actividad.

Cabe también considerar en este modelo (o en modelos del mismo tipo) la función de la remuneración, que puede estimular la producción o la prevención. Faverge ha demostrado, por otro lado, que la división de las actividades en productivas y preventivas posee un carácter muy general en las tareas industriales.



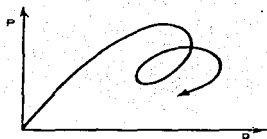


Figura 23.- Modelo de la Regulación (Diagrama de Fase) de las actividades Productivas (p) y Preventivas (P) de un Equipo que Trabaja en una Mina de Hierro (según Faverge y Defoin).

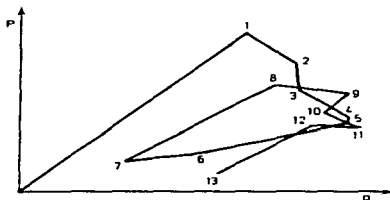


Figura 24.- Ejemplo de Diagrama de Fase, que Representa la Regulación de las Actividades Productivas (p) y Preventivas (P) en una Mina de Hierro; los Puntos Corresponden a Períodos Sucesivos de Media Hora (según Faverge y Defoin).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b).- Análisis de la Función de "Dispatching" de un Laminador.- Delahauth (ver Faverge 1967 a, Cap. III) analiza con gran claridad el conjunto de actividades de regulación de un laminador moderno, a distintos niveles. Solo se hará referencia al equipo encargado del dispatching, importante función intermedia en el proceso general de fabricación. Dicho equipo determina las series de lingotes que se van a laminar, inspirándose en los programas de pedidos cotidianos y semanales. Delahaut ha descubierto dos tipos distintos de estrategias en los operadores estudiados: ciertos equipos piensan en términos de planning, y otros, "en términos de fabricación".

"Pensar en términos de planning" significa "concentrar la atención y los esfuerzos para la realización de los pedidos urgentes y del mayor número posible de pedidos completos"; ello se traduce por un comportamiento técnico bien definido. "Pensar en términos de fabricación" es "intentar construir un programa que resulte fácil para los laminadores, es decir, que comprenda jornadas largas y regulaciones sencillas; también es cuidar el equipo mecánico evitando los esfuerzos demasiado prolongados".

Partiendo de ciertas medidas que aquí no se citarán, el análisis de tareas muestra, por tanto, que la labor de "dispatching" consiste en una regulación de dos exigencias parcialmente contradictorias: una, relativa a la producción inmediata, y la otra, más general, referente a los objetivos del sistema global (conjunto del proceso de laminado).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO IV

Modalidades de Aplicación de de Ergonomía.

El Análisis de los sistemas hombres-máquinas no constituye una finalidad en sí; es siempre un primer paso para mejorar la realización de dichos sistemas.. En cualquier intervención ergonómica, es preciso determinar y valorar los criterios que hará posible una estimación de la eficacia, es decir, de la relación entre la importancia de la mejora y su costo.

Conviene decir unas palabras acerca de los principales campos de aplicación de la ergonomía. La labor del ergónomo no concluye con la determinación de las mejoras que necesita el S.H.M.; ha de precisar dónde y cómo concentrará sus esfuerzos. Es de suma importancia la definición del campo de aplicación, ya que condiciona, en fin de cuentas, los resultados concretos mediante los cuales será juzgado el ergónomo.

A nuestro parecer, la ergonomía tiene dos campos principales de aplicación; estos son la adaptación de la máquina al hombre y la adaptación del hombre a la máquina. Ambos dominios no se excluyen entre sí, pero, generalmente, uno de ellos predomina sobre el otro en la práctica.

IV.1.- Adaptación de la Máquina al Hombre.

Desde un punto de vista histórico, la adaptación de la máquina al hombre constituye el primer campo de aplicación de la ergonomía. Cuantitativamente, sigue siendo el más importante. Su objetivo principal consiste en la readaptación del puesto de trabajo o del S.H.M. para facilitar o mejorar el trabajo del ser humano. El ergónomo considera el operador humano como una variable dependiente y no trata de influir directamente sobre él.

La obra de Faverge, Leplat y Guiguet (1958), describe las aplicaciones consideradas entonces como clásicas: el reajuste de los dispositivos de señales y el de los dispositivos de mando. Ya se ha visto que los problemas relativos a la interpretación de la señal son cada día más apremiantes, mientras que tienden a disminuir los estudios de displays.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gracias a Faverge, la Ergonomía no se interesa ya tanto por el puesto de trabajo, sino por el sistema complejo hombres-máquinas, comparable a un organismo.

Desde este punto de vista, la ergonomía desemboca en disciplinas (hasta ahora independientes) como la organización del trabajo, la sociología industrial y el System Engineering (o estudio de los sistemas de información dotados de ordenadores).

La literatura técnica cita numerosos ejemplos de adaptación de la máquina al hombre. Para darse cuenta de ello, basta hojear los índices generales de revistas como Ergonomics y Human Factors. Si el lector los consulta podrá observar que la distribución de las intervenciones ergonómicas varía con los grandes sectores. La mayoría de ellas corresponden a la aviación y la marina (puestos de pilotaje, de control de radar o de sonar, etcétera).

En los Estados Unidos, los ergónomos han llevado a cabo estudios bastante espectaculares de las cabinas especiales. En la industria (que interesa tal vez más a los europeos), las aplicaciones conciernen principalmente a la siderurgia (altos hornos y laminadores). Cabe citar así mismo los puestos de control de calidad (tareas de inspección) y la readaptación de los cuadros de mandos de las industrias automatizadas. En relación con este sector, cabe también citar el reciente campo de las terminales de calculadoras.

Por último, un sector relativo tanto a la adaptación del hombre a la máquina como a la adaptación de la máquina al hombre. Esto es, los anglosajones denominan "*job aids*", que traducido es "dispositivos auxiliares" de trabajo. Son estos unos dispositivos permanentes que facilitan la labor del operador, pero no pertenecen a la máquina propiamente dicha. Tales son, por ejemplo, las explicaciones acerca del mantenimiento y las reparaciones, los ábacos, esquemas y gráficos, que ayudan al operador realizar su tarea sin necesidad de completar su formación.

Constituyen estos dispositivos un dominio apenas explorado, sobre todo en lo que respecta al estudio ergonómico del producto (acerca de los *job aids*, ver Wulff y Berry, 1962).

IV.2.- Adaptación del Hombre a la Máquina.

Desde el punto de vista, opuesto al anterior, se considera al operador humano como, "variable independiente", sobre la que el ergónomo intenta influir directamente. Cabe distinguir dos casos: la selección y la formación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.2.1.- Selección.

En forma unánime hoy en día, se opina que la selección relacionada con los puestos de trabajo constituye una labor irrealizable en el ámbito científico y decepcionante en la práctica. Lo primero se debe al hecho de que resulta imposible determinar en el trabajo y medir en el hombre unas "aptitudes" bien definidas y estables: (ver conclusiones de Horst, 1962).

Lo segundo se basa en que, siempre que se ha intentado validar una selección relativa a un puesto industrial preciso, se han obtenido coeficientes muy bajos, dando ello lugar a pensar que la operación no había sido coronada por el éxito.

No obstante, la selección (mediante "tests", o cualquier otro examen sistemático) ayuda a clasificar una población según distintos niveles. Se hace particularmente necesaria cuando la formación prevista se funda en unos conocimientos escolares y culturales previos.

IV.2.2.- Formación.

Los ergónomos europeos han subestimado la importancia de la formación, llegando incluso a pensar algunos que hay que despreciarla por completo. Sin embargo se cree que la adaptación del hombre a su trabajo constituye un campo que ofrece tantas posibilidades de aplicación a la ergonomía (si no más) como el "Human Engineering" clásico. Ha sido aquella hasta hoy un campo baldío porque los encargados de la formación de las empresas y administraciones han superado rara vez la fase empírica.

El análisis de tareas anterior a cualquier estudio ergonómico no será el mismo según se desee influir sobre el hombre o la máquina. En el primer caso, habría que insistir sobre las dificultades que pueden surgir al elaborar la información (acerca del análisis de tareas aplicado a la información, ver Folley, 1964).

A).- La formación Orientada hacia el Puesto de Trabajo.- Leplat (1965 b), en un estudio sobre Formación y Velocidad, examina los distintos problemas que plantea la coacción engendrada por las exigencias de velocidad en diferentes tareas. Reúne cierto número de estudios experimentales relativos a la transformación de la señalización (modificación de la organización de las señales; transformación del sistema de señalización), a la transformación de la respuesta (ajuste recíproco entre las estructuras de las señales y de las respuestas, a la transformación de los programas y a la evolución de los tiempos de ejecución).

Concluye insistiendo sobre la importancia de una determinación previa de los métodos de trabajo y sobre el caso particular del aprendizaje de la velocidad por la velocidad.

Los problemas que surgen cuando la formación se desarrolla dentro de los límites de una simulación. Cabe citar a este respecto el estudio de Fleishman (1965), según el cual, en una tarea de seguimiento complejo por compensación, los aprendizajes parciales pueden facilitar una predicción del aprendizaje global. No obstante, no todos los resultados alcanzados en este campo son homogéneos.

Así tras realizar una simulación del pilotaje de una nave espacial, Haggard (1962) se opone al aprendizaje fragmentado de la tarea.

Fassina (1966) ha pasado revista a los resultados relativos a la planificación del aprendizaje (presentación global o parcial, agrupada o dividida).

Por último se recordara las oportunidades que ofrece en la actualidad la enseñanza programada. Los especialistas han llegado a la conclusión de que en un buen "programa" de formación exige un análisis de tareas previo, semejante punto por punto l análisis por el que empieza cualquier intervención ergonómica.

B).- La Formación de los Sistemas Hombres-máquinas.- La formación en los S.H.M. plantea en primer lugar el problema de las consignas, es decir, de la división de las tareas entre los operadores y de la explicación de dichas tareas. Como una ilustración práctica se cita a continuación dos ejemplos.

En una fábrica de antibióticos se había observado que la producción era insuficiente desde un punto de vista cualitativo, sin que pudiera criticarse la técnica de fabricación. Con el fin de poder indicar con claridad, se investigo a los obreros y encargados del taller cuál debía ser su comportamiento durante las distintas fases del proceso. Resultaba necesario un análisis de tareas que describiesen los procesos de fabricación, no como los percibían los bioquímicos, sino como los percibían los operadores. Se consiguió así una mejora final de la calidad sin modificar la "máquina".

La Rand Corporation (ver Boguslaw y Porter, 1962) emprendió la formación colectiva de un equipo de trabajo mediante una simulación muy realista de un sistema de defensa aérea del territorio. Insistió sobre las comunicaciones entre los miembros del equipo, tras haber llevado a cabo un análisis de tareas que demostró su importancia.

El interesante estudio metodológico relativo a la concepción y realización de programas de formación colectiva en los grandes sistemas de elaboración de la información (sistema de formación "SAGE", ver Rowell y Streich 1964).

Por último, las observaciones de Faverge (1967 b) acerca de la regulación de la actividad humana dentro de los sistemas:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"La importancia de y (actividades preventivas relacionadas con la fiabilidad del sistema) no se reconoce siempre en ciertas actividades (como por ejemplo la formación), sin duda por causa de las tradiciones artesanas; se forma a los operadores para determinado puesto, es decir, para desempeñar la función *x* (actividades productivas), y no para un sistema; la experiencia profesional les permite poco a poco hacerse cargo de *y*. El contacto con la industria (que, como es sabido, experimenta hoy en día la evolución técnica acelerada) ha revelado un problema que se plantea constantemente: los operadores o encargados de cierta antigüedad quedan atrás por no haber participado en dicha evolución; en realidad, han participado en ella en lo que respecta a *x*, pero no en lo que atañe a *y*; el resto de la empresa les resulta progresivamente extraño a consecuencia de la sucesión de cambios acerca de los cuales no se les ha informado porque, aparentemente, no les interesaba de modo directo".

IV.3.- Práctica de la Ergonomía.

IV.3.1.- Criterios de Eficacia.

La interpretación ergonómica ha de concluir por un estudio de validación. ¿Qué criterios es preciso adoptar?

La ergonomía debe "venderse", figurada o literalmente. No ha sido concebida para ergónomos, sino para aquellos que utilizan los sistemas hombres-máquinas: industriales, administradores, militares y otros. El interlocutor natural del ergónomo no es el ergónomo, sino el director de producción, el jefe del departamento de métodos o el encargado de ingeniería. Pertenezca o no a la empresa, el ergónomo ha de probar la eficacia de su intervención y, de una forma u otra, valorar dicha eficacia.

Luchando contra su tendencia natural, que le induce a ofrecer técnicas, habrá de esforzarse por ofrecer soluciones a aquellos que lleven a la práctica sus investigaciones. Como observo Finan (1962), hay que adoptar la actitud del ingeniero (que trata de realizar), y no tan solo la de científico (que trata de comprender).

No supone esta afirmación en donde hay que tomar una actitud contraria a la ciencia. Significa sencillamente que, como el ingeniero, el ergónomo deberá hacer figurar ciertos criterios de eficacia entre las variables dependientes.

Cabe distinguir dos posturas respecto a la elección de tales criterios.



 TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En primer lugar una postura negativa, que por desgracia se halla aún bastante difundida en Europa, tal vez influida por la medicina del trabajo. Consiste en asignar a la ergonomía una función defensiva, que se limitaría exclusivamente a "reducir las molestias de los trabajadores" (Murrell), protegiéndolos contra la fatiga producida por el exceso de trabajo¹⁰ y contra los accidentes, a los que los empresarios y patronos no prestan la debida atención. Se trata de una actitud humanitaria, que no reconoce a la ergonomía un papel positivo a la producción.

Sólo una postura positiva va unida al progreso. No es esta una afirmación política, sino técnica, y se aplica a todos los sistemas productivos, cualesquiera que sea el País en que se desarrollen y la ideología a que vayan unidos. La ergonomía será eficaz si considera el sistema total de producción; de no ser así, corre el riesgo de despreciar aspectos esenciales de este y de perder todo valor (sobre todo, en lo que se refiere a la lucha contra el accidente y a la prevención del agotamiento).

Por lo tanto, los criterios de eficacia de que dependerá la validación final han de pertenecer al nivel del sistema hombres-máquinas más amplio y concreto posible. Este sistema puede ser la empresa. Se expresara caso siempre los criterios de ejecución en términos de costos, ya que los objetivos finales del sistema constituido por la empresa se reduce a variables económicas¹¹. Aunque ello pueda extrañar, diremos que la finalidad última de la ergonomía es la reducción de costos.

La ergonomía no trata sin embargo, de conseguirla a toda costa. Hay que buscar siempre un equilibrio entre ese objetivo final económico y ciertas consideraciones imperativas que, en fin de cuentas, son así mismo económicas (ver Goode y Machol, 1963).

Tales consideraciones se expresan en términos económicos. La fatiga tiene un precio, y lo mismo cabe decir de los accidentes y de la vida humana. El precio de los automóviles que se conducen a diario tiene en cuenta los riesgos de accidentes mortales (si no, no podríamos comprenderlos). Lo mismo ocurre con los trenes y aviones.

Para aumentar la seguridad, se deben respetar diversos factores. Si bien esta constituye un criterio esencial, no puede nunca ser el único criterio; y, por otra parte, hay que valorarla cuantitativamente.

¹⁰ En lo que atañe a la fatiga, Murrell (1965 b) ha mostrado, sin embargo, que se trata de un concepto ambiguo y difícil de utilizar.

¹¹ La utilización de los beneficios de la empresa es un problema muy distinto, que aquí no cabe abordar.

IV.3.2.- Desarrollo Previsible.

Como conclusión, se evocará, según exige la tradición. Algunos progresos realizables o, al menos deseables.

En lo que se refiere a los puntos de trabajo, irán perdiendo interés las investigaciones acerca de la detección y discriminación de la señal, y sobre la adaptación de la respuesta. Por el contrario, cabe esperar que se multipliquen los estudios relativos a la interpretación de la señal, ya que la semiología y la semántica ayudan a analizar los lenguajes, códigos y significados del trabajo.

Al nivel del sistema hombres-máquinas, queda por hacer casi todo. La ergonomía coincidirá con algunos aspectos de la psicología social y la sociología, puesto que es difícil el paso del sistema hombres-máquinas al sistema hombres-hombres. Se podrán hallar nuevas soluciones a ciertos problemas de organización, sobre todo los que atañen a la estructura y a las comunicaciones.

Si se consideran los distintos sectores de actividad, cabe prever que la ergonomía progrese rápidamente en aquellos en que se desarrolle la automatización, y de modo general en aquellos en que predomine la labor "intelectual" (actividades administrativas y de decisión). Está aún por crear la ergonomía de los Directivos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES.

A manera de conclusiones se establecen las siguientes:

Como elemento de juicio para una mejor evaluación de la actuación del personal, se canalizan los resultados de la formación del individuo a través de su actuación y rendimiento dentro del proceso de producción y en el conjunto de la Organización. Dicha evaluación puede hacerse a nivel de resultados, considerando aspectos específicos y globales, así como a nivel de responsabilidades tanto a los encargados de la formación como del propio trabajador.

La política de formación es el punto de partida del control formativo. Mediante el análisis y la supervisión de su desarrollo y alcances se pueden determinar los puntos débiles de la misma. Los resultados negativos no acordes con la política general se miden a través de la comparación de hechos y rendimientos directamente ligados a los programas de formación. Una mala política de formación se traduce en una mala planificación de programas con resultados deficientes. El costo de formación no estará acorde con los resultados y su rentabilidad será nula.

La actuación de los directivos permite realizar el control formativo como método de análisis de resultados del personal y del trabajo. Una asignación de puestos diferente a la formación recibida, o una formación impartida distinta al puesto que se ocupa, al igual que la falta de dotación de los medios necesarios para el cumplimiento de la tarea de acuerdo con las técnicas formativas impartidas, o la inflexibilidad para intercambiar elementos o aplicar principios formativos, son causa del empeoramiento funcional del puesto de trabajo y del bajo rendimiento obtenido, de cuyos resultados es responsable el directivo.

La evaluación de los resultados formativos del trabajador se realizar mediante su propia comprobación permanente, lo que determina la mayor o menor asimilación de los conocimientos adquiridos tanto en la instrucción programada como en el puesto mismo de trabajo. Por otra parte, las deficiencias de operación darán un índice de las necesidades de formación o reciclaje.

En general, los resultados de la formación que se mide a través de un bajo rendimiento, poca o ninguna aplicación del método y, poca iniciativa y flexibilidad en la decisiones, sirve de valoración del personal en su actuación frente a la tarea. Así como se realiza el análisis y la revisión de la política de formación, es conveniente controlar los programas de formación, con objeto de determinar si están planificados de acuerdo con los objetivos de la política empresarial y si abarcan los conceptos básicos para satisfacer las necesidades de formación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sus resultados se miden y comparan con los previstos originalmente, y su efectividad quedará determinada por la actuación de los individuos en el trabajo. A través del estudio, desarrollo y control de un programa de formación se puede evaluar la actuación del personal más fácilmente que sin la existencia del mismo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE.

Introducción	01
Objetivo General	03
Objetivos Particulares	03
Capítulo I.- La Ergonomía y los Sistemas Hombre-Máquina.....	04
I.1.- Definiciones.....	04
I.2.- Historia Geográfica.....	07
1.2.1.- Del Util al Sistema.....	07
1.2.2.- Características Locales.....	08
I.3.- Distinciones.....	10
1.3.1.- Sistema Hombre-Máquina y Sistemas Hombres-Máquinas.....	10
1.3.2.- Otras Distinciones.....	11
I.4.- Ergonomía y Psicología.....	13
Capítulo II.- Ergonomía del Puesto de Trabajo.....	14
II.1.- Introducción.....	14
II.1.1.- Dos Fase Principales.....	15
II.1.2.- Modelos.....	15
II.2.- Análisis de Tareas.....	18
II.2.1.- Modelos de Análisis de Tareas.....	18
II.2.2.- Técnicas de Análisis de Tareas.....	29
II.2.3.- Medida de Carga Perceptiva.....	36
II.3.- Experimentación.....	39
II.3.1.- Experiencias de Laboratorio.....	41
II.3.2.- Experiencias sobre el Terreno y Validación.....	42
Capítulo III.- Ergonomía de los Sistemas. Perfeccionamiento de los Sistemas Hombres-Máquina.....	43
III.1.- División de las Funciones entre el Hombre y la Máquina.....	43
III.1.1.- Métodos.....	43
III.1.2.- Listas de Funciones.....	46
III.1.3.- División de las Funciones entre el Hombre y la Calculadora.....	46
III.2.- Equilibrio de las Tareas de Vigilancia.....	51
III.2.1.- Planteamiento del Problema.....	51
III.2.2.- Una Solución Sencilla.....	51
III.2.3.- Métodos más Rigurosos.....	70
III.3.- Elaboración de las Consignas.....	73
III.4.- Fiabilidad del Sistema Hombres-Máquinas.....	75
III.4.1.- Fiabilidad del Sistema.....	75
III.4.2.- Fiabilidad del Operador Humano.....	76
III.5.- Actividades Reguladoras en los S.H.M.....	86
III.5.1.- Los S.H.M. como Organismos.....	86

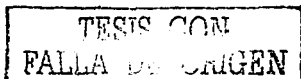
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.5.2.- Algunos Ejemplos de Actividades Regulatoras en Los S.H.M.....	87
Capítulo IV.- Modalidades de Aplicación de la Ergonomía.....	90
IV.1.- Adaptación de la Máquina al Hombre.....	90
IV.2.- Adaptación del Hombre a la Máquina.....	91
IV.2.1.- Selección.....	91
IV.2.2.- Formación.....	92
IV.3.- Práctica de la Ergonomía.....	94
IV.3.1.- Criterios de Eficacia.....	94
IV.3.2.- Desarrollo Previsible.....	96
Conclusiones.....	97
Índice.....	99
Bibliografía.....	101

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA.

- Adams, J. (1961). Human Tracking Behavior. New Jersey: Psychologist Press.
- Altman, J. (1964). Improvements Needed in a Central Store of Human Performance Data. California: Addison-Wesley.
- Attneave, F. (1960). Applications of Information Theory to Psychology. New York: Holt Editions.
- Ronco, P. and Devoe, D. (1963). Documentations of Human Factors Engineering Data. New York: Mc Graw-Hill.
- Chapanis, A. (1960). Engineering Psychology. New Jersey: Mc Graw-Hill.
- Chapanis, A. (1966). Research Techniques in Human Engineering. Baltimore: John Hopkins Press.
- Chapanis, A. (1961). Men, Machines and Models. New York: American Psychologist Association.
- Chapanis, A. (1965a). Man-Machine Engineering. Belmont: Wadsworth Edition.
- Chapanis, A. (1965b). On the Allocation of Functions between Men and Machines. New York: Mc Graw-Hill.
- Chapanis, A. (1965c). Words, Words, Words. New Jersey: Wadsworth Edition.
- Chapanis, A. (1960). L' Automation: Aspects Psychologiques et Sociaux. Lovaina. Publications Universitaires.
- Chapanis, A. and Lohead, G. (1965). A Test of the Effectiveness of Sensor Lines showing Linkages between Displays and Controls. New York: Addison Wesley.
- McCormick, E. (1964). Human Factors Engineering. New York: Mc Graw-Hill.
- De Montmollin, Maurice. (2000). Introducción a la Ergonomía: Los Sistemas Hombres-Máquinas. México: Limusa Noriega Editores.



Morgan, C. T. *et al.* (1963). Human Engineering Guide to Equipment Design. New York: Mc Graw-Hill.

Bennet, E., Degan, J. and Spiegel, J. (1963). Human Factors in Technology. New York: Mc Graw-Hill.

Woodson, W. (1956). L' Adaptation de la Machine à l' Homme. Paris: France Press.

Ombredane, A. et Faverge J. (1955). L' Analyse du Travail. Paris: Presses Universitaires de France.

Faverge, J., Leplat, J., et Guiguet, B. (1958). L' Adaptation de la Machine à l' Homme. Paris: Presses Universitaires de France.

Crossman, E. (1964). Automation et Performance Humaine. Belgique: Deuxième Congrès d' Ergonomie de Langue Française à Bruxelles, Belgique.

Crossman, E. (1964b). Information Processes in Human Skill. London: British Medical Bulletin.

Crossman, E. (1962). Manual Control of Slow Response Systems. New York: Mc Graw-Hill.

Faverge, J. (1964). Esquisse d' une Théorie de l' Accident. Paris: Press Universitaires.

Faverge, J. (1965a). Méthodes Statistiques en Psychologie Appliquée. Paris: Press Universitaires de France.

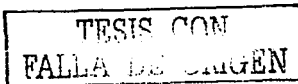
Faverge, J. (1965b). L' Ergonomie des Systèmes. Paris: Press Universitaires de France.

Faverge, J. (1967b). Une Analyse Fonctionnelle Dualiste des Activités des Cellules d' un Système. Paris: Revue Philosophique.

Faverge, J. (1967a). Ergonomie des Processus Industriels. Belgique: Université de Bruxelles.

Fitts, P. and Jones, R. (1947a). Analysis of Factors Contributing to 460 Pilot Error Experiences in Operating Aircraft Controls. Dayton: USAF.

Fitts, P. and Jones, R. (1947b). Psychological Aspects of Instruments Display I: Analysis of 270 Pilot Error Experiences in Reading and Interpreting Aircrafts Instruments. Dayton: USAF.



Fraisse, P. (1964a). Le Temp de Réaction Verbale I: Dénomination et Lecture. Paris: Anné Psychologique Press.

Fraisse, P. (1964b). Relations entre le Seuil de Reconnaissance Perceptive et le Temps de Réaction Verbale. Paris: Psychologique Française.

Leplat, J. (1965a). Codage et Couplages des Systèmes de Signalisation et de Commandes. Paris: C.E.R.P.

Leplat, J. (1965b). Formation et Vitess. Paris: C.E.R.P.

Leplat, J. (1965c). L' Organisation Temporelle de la Transmission de l' Information. Paris: C.E.R.P.

Leplat, J. (1965d). Quelques Aspects Psychologiques des Travaux d' Inspection. Paris: C.E.R.P.

Leplat, J. (1965e). Rapport Interne sur la Sécurité dans la Sidérurgie. Paris: C.E.C.A.

Leplat, J. et Bisseret, A. (1965). Analyse des Processus de Traitement de l' Information Chez le Contrôleur de la Navigation Aérienne. Paris: C.E.R.P.

Leplat, J. et Browaeys, R. (1965). Analyse et Mesure de la Charge de Travail du Contrôleur de Trafic Aérienne. Paris: C.E.R.P.

Murrell, K. (1965a). Ergonomics. Man in his Working Environment. London: Chapman and Hall.

Murrell, K. (1965b). Le Concept de Fatigue, une Réalité ou une Gène? Paris: C.E.R.P.

