

66
2E1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ARAGON"

FALLA DE ORIGEN

DESARROLLO Y PERSPECTIVAS DE LA
CIBERNETICA EN LA INGENIERIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A N :

JOEL ARTURO RODRIGUEZ PINTO
JESUS FERNANDO HERNANDEZ TELLEZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. SILVIA VEGA MUYTOY





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 está 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.



AGRADECIMIENTOS

**A MI MADRE Y A GABRIEL
LES DEDICO EL SIGUENTE
TRABAJO POR SU APOYO
INCONDICIONAL**

A : MARK, SHARON Y ARGENTINA

**A: MIS HERMANOS MAYORES,
TIOS, PRIMOS Y SOBRINOS**



INDICE

INDICE

CAPITULO	PAG
CAPITULO I HISTORIA DE LA CIBERNETICA	
1.1.- ETIMOLOGIA Y USO DE LA PALABRA CIBERNETICA.....	5
1.2.- NACIMIENTO DE LA CIBERNETICA COMO CIENCIA.....	6
1.3.- INTERPRETACION CONTEMPORANEA.....	12
1.4.- DIVISIONES DE LA CIBERNETICA.....	14
CAPITULO II SISTEMAS	
2.1.- SISTEMAS DE CONTROL.....	17
2.2.- CAJA NEGRA.....	20
2.3.- CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ATENDIENDO A SU ESTRUCTURA Y AL CARACTER DE SUS ENLACES.....	21
2.4.- CLASIFICACION DE SISTEMAS RETROALIMENTADOS DE ACUERDO A LA TEORIA DEL CONTROL.....	24
2.5.- SISTEMAS DE CONTROL LINEALES Y NO LINEALES.....	25
2.6.- SISTEMAS INVARIANTES Y VARIANTES CON EL TIEMPO.	26
2.7.- SISTEMAS DE CONTROL CONTINUO.....	27
2.8.- SISTEMAS DE CONTROL DE DATOS MUESTREADOS.....	28
CAPITULO III RETROALIMENTACION	
3.1.- DEFINICION.....	32
3.2.- TIPOS DE RETROALIMENTACION.....	36
3.3.- DIFERENCIA BASICAS DE LOS SISTEMAS RETROALIMEADOS Y LOS SISTEMAS DE CICLO ABIERTO.	39
CAPITULO IV TEORIA DE LA INFORMACION	
4.1.- ¿QUE ES LA TEORIA DE LA INFORMACION?.....	43
4.2.- SISTEMAS DE COMUNICACION.....	46
4.3.- MEDIDA DE LA INFORMACION.....	49

CAPITULO	PAG
4.4.- ENTROPIA.....	54
CAPITULO V LAS MATEMATICAS EN LA CIBERNETICA	
5.1.- TABLAS DE VERDAD DE UNA FUNCION LOGICA.....	69
5.2.- FUNCIONES BASICA BOOLEANAS.....	70
5.3.- FUNCION IGUALDAD.....	71
5.4.- FUNCION UNION.....	71
5.5.- FUNCION INTERSECCION.....	72
5.6.- FUNCION NEGACION.....	73
5.7.- OTRAS FUNCIONES BASICAS.....	73
5.8.- POSTULADOS.....	75
5.9.- PROPIEDADES DEL ALGEBRA DE BOOLE.....	75
5.10.- TEOREMAS.....	79
5.11.- OBTENCION DE UNA FUNCION LOGICA A PARTIR DE UNA TABLA DE VERDAD.....	81
5.12.- SIMPLIFICACION DE FUNCIONES.....	82
CAPITULO VI APLICACIONES	
6.1.- EL DIAGNOSTICO MEDICO Y LA CIBERNETICA.....	96
6.2.- SISTEMA CIBERNETICO MEDICO PACIENTE.....	97
6.3.- RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACION....	99
6.4.- ANALISIS DE LA INFORMACION.....	108
6.5.- VALORACION DE LA INFORMACION.....	111
6.6.- ALGORITMOS DE DIAGNOSTICO.....	112
CONCLUSIONES.....	118
BIBLIOGRAFIA.....	120



CAPITULO I

CAPITULO I

De un tiempo a la fecha se a dado en llamar a esta época "la era de la comunicación " o bien "la era de la computadora" dando como hecho que pasamos por una segunda revolución industrial, caracterizada por la mecanización y automatización de los procesos de producción de las diversas esferas de la actividad humana. En esta segunda revolución industrial tiene un lugar importante: La comunicación hombre-máquina , la teoría de la información, la teoría del control, las máquinas calculadoras electrónicas en general lo referente a la creación de complejos dispositivos automáticos de control, elementos que conforman la ciencia de la Cibernética.

En la actualidad la palabra Cibernética aparece con regular frecuencia en revistas tanto a nivel de divulgación como de nivel científico, existen muchos libros sobre el tema y se habla de sus múltiples aplicaciones en la medicina, industria, economía, etc. ¿Pero qué es lo que sabemos realmente acerca de la Cibernética?. La Cibernética, tal como la entendemos en la actualidad es una ciencia joven que surgió a finales de la segunda guerra mundial y se ha desarrollado tanto que sus principios encuentran vasta aplicación en teoría de la comunicación, teoría de las máquinas, economía, sociología, biología y medicina.

A finales de la segunda guerra mundial se presentó el problema de crear un sistema automático de baterías antiaéreas, el cuál pudiera detectar un avión, realizar cálculos sobre su trayectoria apuntar los cañones y disparar sin la intervención directa del hombre, todo esto realizado en un mínimo de tiempo. Para esto fue necesario crear dispositivos de comunicación automáticos entre la máquina y el medio ambiente, así como dispositivo de procesamiento de datos y control. Antes de surgir la Cibernética se tenían ciertos dispositivos mecánicos los cuales el hombre tenía que controlar directamente por lo que debía obtener la información requerida directamente de sus órganos sensitivos. Con la aparición de esta nueva ciencia, la Cibernética se trató de acelerar y mejorar la realización de la mayoría de los trabajos mecánicos introduciendo la automatización.

¿Que tan nueva es esta ciencia?, nos lo puede indicar el hecho de que el matemático norteamericano Norbert Wiener, fue quién dio las bases para su formulación como disciplina científica y es considerado como el padre de la Cibernética murió en 1964.

1.1.- ETIMOLOGIA Y USO DE LA PALABRA CIBERNETICA

La palabra cibernética se deriva de la palabra griega kybernetes que significa arte de dirigir o arte del piloto. Sin embargo la palabra Cibernética ha tenido diferentes interpretaciones a través del tiempo, hasta llegar a su concepción actual propuesta por Wiener.

El término Cibernética fue utilizado por los antiguos griegos para designar el arte de gobernar las naves. Hace más de dos mil años Platón habló de la Cibernética como el arte de pilotar las naves, y dijo "El piloto es el elemento fundamental de ese arte". Después el término fue empleado por otros filósofos de la antigüedad quienes lo utilizaron para definir el arte de gobernar a los hombres y la sociedad. Sócrates tomó de Platón la palabra y decía: "La Cibernética salva de los mayores peligros no sólo a las almas, sino también a los cuerpos y a los bienes".

Paso mucho tiempo para que los científicos volvieran a emplear el término Cibernética, fue en 1948 cuando Wiener propuso emplear la palabra Cibernética para denominar "La rama de la ciencia encargada de los problemas de la comunicación entre los organismos vivos y las máquinas."

1.2.- NACIMIENTO DE LA CIBERNETICA COMO CIENCIA

Durante siglos, gracias al esfuerzo de varios matemáticos, físicos, ingenieros, médicos y fisiólogos de diferentes nacionalidades, se fueron colocando los cimientos y las bases para la creación de la Cibernética, que abrió el camino para la creación del análisis científico exacto para la solución de los problemas de dirección de los medios técnicos modernos.

La historia de la técnica nos dice que ya en el siglo IV antes de nuestra era se realizaron intentos de construir sistemas automáticos que reprodujeran los movimientos de los seres vivos. Arquitas de Tarento (siglo V-IV), por ejemplo, construyó una paloma voladora. Demetrio de Faleria (siglo V-IV), un caracol que se arrastraba. Uno de los pupilos de Platón monto un señalizador automático, con la ayuda del cual llamaba a sus discípulos a clases, que tenían lugar en la academia (siglo IV a.n.e.). La historia recuerda el androide de Ptolomeo Filadelfo, mecanismo que imitaba los movimientos humanos (siglo III a.n.e.).

En la edad media la tendencia a reproducir los movimientos de los organismos vivos, con la ayuda de procedimientos técnicos, continua desarrollándose. Durante el renacimiento aumento el interés por la creación de autómatas que imitasen los movimientos de los animales y del hombre. Así J. Muller

(1436-1476) conocido astrónomo, matemático y constructor alemán creó una serie de autómatas, entre los cuales figura una mosca que corría alrededor de una mesa y una águila que fue colocada en las puertas de Nuremberg, para desde ahí saludar agitando las alas y la cabeza, al emperador Maximiliano, cuando este hiciera su entrada en la ciudad.

El comienzo de la verdadera historia de los componentes de la cibernética se puede considerar a partir del siglo XVII, que se caracteriza en fisiología por el descubrimiento del sistema de circulación de la sangre realizado por el médico inglés W. Harvey, en la técnica por la creación de mecanismos capaces de reproducir las facultades mentales del hombre : Entre 1641-1642 el matemático francés Blas Pascal construyó la primera sumadora automática, después en 1673-1674 Leibnitz creó el primer mecanismo de multiplicar. Pascal y Leibnitz abrieron una nueva página en la historia de los mecanismos automáticos. Más tarde en 1896 Chebyshev construiría una máquina capaz de multiplicar y dividir.

En el siglo XVII aparece una nueva ciencia matemática, el cálculo de probabilidades cuyos iniciadores fueron Pascal, Fermat y Huygen.

Este siglo fue de mucha trascendencia para la historia de la automatización, J. Vaucanson, mecánico francés construyó una serie de telares y devanadoras de seda automáticos, también fue

conocido como creador de aparatos automáticos que imitaban los movimientos de los animales y del hombre. Después el inventor francés Jacquard en 1808 construyó su famosa máquina para tejer. En Rusia realizó una gran aportación al desarrollo de la automatización, Lomonosov el cual creó una serie de mecanismos registradores en 1748 un anemómetro, y en 1759 una brújula ambos de registro automático.

Polzunov construyó en 1765 el primer regulador automático industrial de nivel de agua en la caldera de la máquina de vapor creada por él. El fisiólogo T. Young (1773-1829) descubrió a fines del siglo XVIII el quimógrafo, aparato que permite la grabación automática de las oscilaciones. El fisiólogo C. Ludwin, lo adaptó para registrar las oscilaciones de la presión de la sangre en los vasos sanguíneos, lo que realizó importantes descubrimientos en la regulación de la tensión en la presión sanguínea en los organismos vivos.

El fisiólogo H. de Helmholtz con ayuda del quimógrafo y de un aparato de su invención logró en 1851-1852 determinar la velocidad con que se propagan las excitaciones a lo largo de los nervios. En la década de 1840 el matemático y lógico inglés George Boole desarrolló un sistema de lógica-matemática, al que después se le llamó álgebra de Boole.

Este siglo es esencialmente de grandes avances en las comunicaciones. En 1903 la ciencia de la comunicación recibió

un gran impulso con el envío de señales de radio a través del Atlántico, realizado por Marconi.

El nacimiento de la Cibernética guarda relación con el trabajo conjunto de biólogos, matemáticos y físicos, fisiólogos y especialistas en electrónica. En E.U.A. de 1936 a 1937 en torno a Norbert Wiener conocido matemático profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts, se reunió un grupo de investigadores de las diferentes especialidades para estudiar los problemas comunes a sus especialidades, dedicando especial atención a las analogías entre los organismos vivos y las máquinas. Esta reunión se originó para plantear el problema, que había sido asignado a Wiener y a Julian H. Bigelow, de la elaboración de un aparato de control de fuego para la artillería antiaérea que fuera capaz de seguir el curso de un avión y de predecir su posición futura.

Simultáneamente en otros países surgieron asociaciones semejantes de investigadores. Como en la antigua Unión Soviética se creó la de automática y telemecánica, uno de sus miembros fue el biofísico P.P.Lazarev. En Inglaterra, el matemático A. M. Turing que publicó un artículo sobre los principios generales de las máquinas computadoras. En Francia, el Fisiólogo Lapique organizó un grupo de investigadores para analizar los problemas afines a la Cibernética moderna.

De 1940 a 1946 aparecieron importantes trabajos de A. N. Kolmogorov, Claude Shannon desarrolla la teoría de la información, después John Von Neuman desarrolla las bases de la teoría de la automática hasta que en 1948 Norbet Wiener pública su obra "CIBERNETYCS AND COMUNICATION IN THE ANIMAL AND THE MACHINE " donde se fundamento finalmente la existencia de la Cibernética como ciencia independiente.

La Cibernética plantea la tarea de facilitar al hombre el proceso de la toma de decisiones de importancia, encomendando a los dispositivos automáticos la recolección y elaboración de grandes cantidades de información, así como su manejo y la obtención de una conclusión final. Estos dispositivos automáticos que ejecutan tales operaciones se denominan sistemas automáticos de control. La Cibernética intenta encontrar los elementos comunes en el funcionamiento de las máquinas y del sistema nervioso humano y desarrollar una teoría que cubra el campo entero del control y comunicación en las máquinas y los seres vivos. Así la Cibernética debe sus éxitos, al descubrimiento de una serie de analogías entre el funcionamiento de los dispositivos técnicos, la actividad vital de los organismos y el desarrollo de las colectividades de seres vivos. Se basa en los éxitos de diversas ramas de la ciencia y la técnica moderna, y a su vez influye favorablemente en su desarrollo.

En el desarrollo de la Cibernética han participado numerosas ramas del saber: Teoría de conjuntos, Lógica-matemática, La estadística de transformación de la información, La termodinámica, ciencias biológicas, etc. Sin embargo en la Cibernética han tenido un lugar muy importante en su desarrollo las computadoras y en general todos los dispositivos automáticos de control.

1.3.- INTERPRETACIÓN CONTEMPORÁNEA

Wiener empleo el término de Cibernética para nombrar a "la discusión de los problemas de comunicación y de control que se presentan en ingeniería eléctrica, en la fisiología y en la tecnología de la computadora ". Y la definió como "La ciencia del control y de la comunicación en el animal y en la máquina".

En la actualidad se tienen diferentes opiniones acerca del significado correcto de la palabra Cibernética, por ejemplo: Raymon Ruyes, discípulo de Wiener, considera a la "Cibernética como una ciencia que analiza el diseño, composición y manejo de las máquinas de información."

A. I. BERG la define "como la ciencia del control planteado con vista a un propósito de sistemas dinámicos complejos". En el II congreso internacional de su especialidad, Louis Couffignal uno de los más ilustres investigadores de Cibernética En Francia la define como " El arte de asegurar la eficiencia a la acción." Para el científico soviético Kolmogorov "La Cibernética se ocupa de estudiar los sistemas de cualquier naturaleza capaz de percibir, conservar y transformar información y utilizarla para la dirección y la regulación."

Otra definición es la del cibernético polaco G. Greniewski: "Cibernética es la ciencia de los sistemas informados,

informativos y de información." F. H. George, profesor de cibernética y director del departamento de cibernética de Brunell University, la define "como el estudio de los sistemas de control y de comunicación, en equipos (hardware) y en teoría". En obras de reciente aparición es muy común encontrarnos con la definición de que "Cibernética es la ciencia del control y la comunicación, así como de la inteligencia artificial".

Podemos decir que en su interpretación contemporánea, se entiende por Cibernética a "La ciencia del control y de la comunicación". Como se observa existen muchas definiciones de esta ciencia y la mayoría giran alrededor de la expuesta por Wiener. Podíamos haberla concebido a la Cibernética como "La ciencia de la información, o tecnología de la información".

1.4.- DIVISIONES DE LA CIBERNÉTICA

La Cibernética se divide en tres grandes ramas:

- a) Cibernética teórica
- b) Cibernética técnica
- c) Cibernética aplicada

La Cibernética teórica: se ocupa de sus fundamentos matemáticos y lógicos, de la descripción matemática de todos los procesos de control, así como de las cuestiones filosóficas que le incumben.

Se aplica en el desarrollo de modelos teóricos de información, diversos modelos matemáticos y en problemas generales de automatización.

La Cibernética técnica: se ocupa de la tecnología relativa a la construcción de sistemas cibernéticos de control e información. Es aplicada a la construcción de modelos de sentidos animales o humanos como son memoria, aprendizaje, sistema nervioso, etc. Así en los últimos años ha surgido una nueva rama de la Cibernética técnica, la biónica que se ocupa de estudiar los sistemas de dirección y los órganos sensoriales

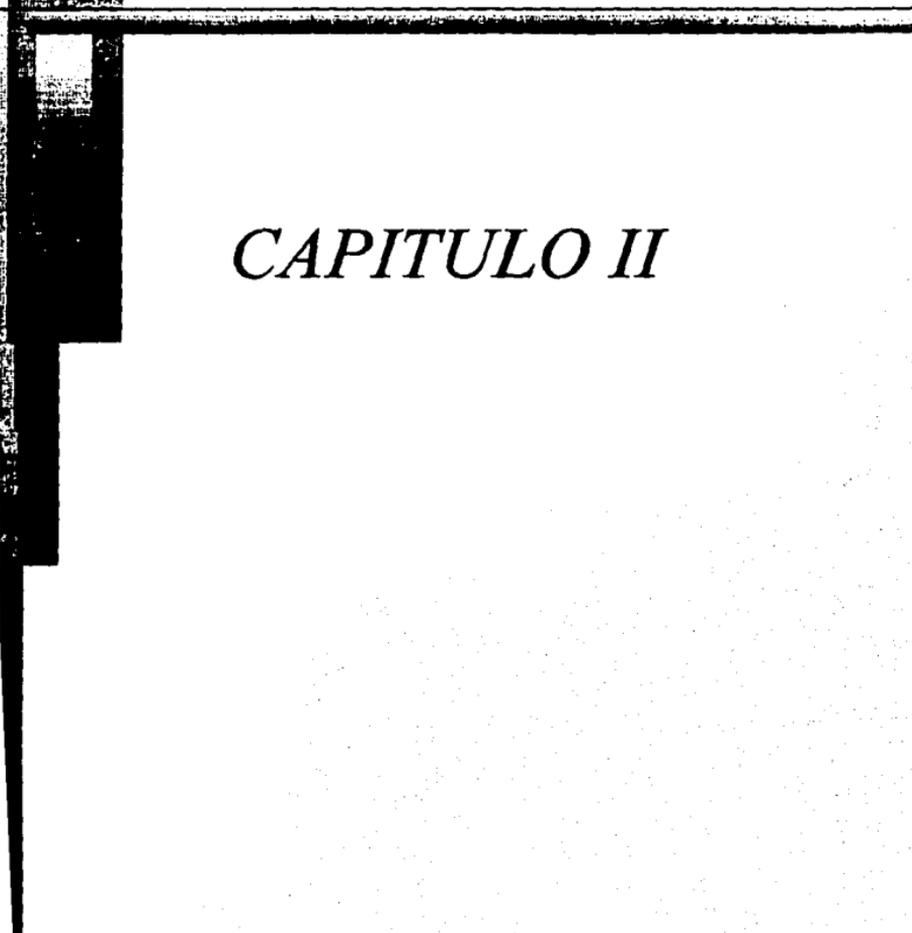
de los organismos vivos, con el fin de utilizar sus principios para crear equipos técnicos.

La cibernética aplicada: se ocupa de la aplicación de los conceptos cibernéticos, estudiados por las dos anteriores, en la interpretación de los fenómenos en cualquier campo del conocimiento y actividad humana como son, la industrial, el transporte las comunicaciones, la medicina, etc.

Una de las virtudes principales de la Cibernética es la introducción de la automatización tanto para acelerar y mejorar la solución de problemas de diversa índole, como para aumentar la productividad. La aplicación de la Cibernética se observa en la mayoría de ramas del conocimiento humano.

En la aplicación de la Cibernética a la técnica, se puede señalar dos esferas principales:

- 1.- La relacionada con la dirección de máquinas y complejos de máquinas en la industria, los transportes, etc.
- 2.- La que se ocupa de aplicar los medios que brinda la cibernética especialmente las calculadoras, para efectuar cálculos laboriosos y modelar diferentes procesos dinámicos.



CAPITULO II

CAPITULO II

Uno de los conceptos más importantes de la Cibernética es el de sistemas, además del de control. Con ellos a menudo nos encontramos en la técnica, en el mundo animal, vegetal y en la sociedad humana.

Desde el punto de vista cibernético, los constituyentes de los sistemas presentan una posibilidad de reducción a principios generales expresable en términos lógicos y matemáticos, principios y leyes que se refieren a las relaciones dinámicas, de causa y efecto, entre los diferentes componentes del sistema. Estas leyes son el objeto de estudio e investigación de la Cibernética, en definitiva, ésta tiende a un estado sintetizable en la realidad o al menos a un equilibrio con iguales características de estabilidad.

El sistema tanto si se trata de una simple máquina como de un complejo social, se representa por medio de un modelo que evoluciona a través de los cambios de estado (Este proceso se desarrolla por medio de operaciones lógicas constantes en la definición del modelo y de una serie de reglas de transformación que permiten describir los cambios de estado, es decir la evolución).

2.1.- SISTEMAS DE CONTROL

La teoría del control empieza a ser integrada a partir de los trabajos de Laplace , Fourier y Cauchy sobre variable compleja.

Un detalle importante es la aparición de la palabra "servomecanismo" en el trabajo "Teory of servomechanims" de Hazen. en 1934 en el "Journal of the Franklin Institute" marcando así de hecho, el inició del interés en este nuevo campo. La palabra fue acuñada a partir de Servant (Sirviente) y mechanism (mecanismo), es decir la ciencia de los sirvientes mecánicos.

En la actualidad la palabra Servomecanismo (servosistema) se usa para designar a cualquier sistema automático sea o no mecánico.

Definiremos a continuación la palabra "sistema".

Un sistema es un arreglo, conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas de manera que constituyen un todo.

Diremos entonces que un sistema es un arreglo, conjunto, o colección de objetos, entidades o conceptos relacionados de tal manera que forman un todo o actúan como una unidad completa. La interrelación entre los componentes de un sistema puede ser muy simple o muy compleja.

Ahora definiremos lo que entendemos por "proceso" necesario para hacer la definición formal de "sistema de control".

PROCESO :

Es la acción que rige a un sistema, dicho en otras palabras son los objetivos o necesidades que se desean desarrollar. Es decir, la sucesión o funcionamiento de un sistema.

Finalmente la palabra control tiene varios significados afines, tales como mando, gobierno, dirección, regulación.

Entonces de las definiciones anteriores tendremos que: Un sistema de control es un sistema conectado o interconectado de tal manera que es capaz de gobernar, regular, dirigir, de acuerdo a un cierto criterio, el funcionamiento de otros sistemas o bien el suyo propio.

cualquiera que sea el sistema de control considerado los componentes básicos del sistema pueden describirse en términos de:

- 1.- OBJETIVOS DE CONTROL
- 2.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL
- 3.- RESULTADOS

En términos más científicos, estos tres componentes básicos pueden identificarse como entradas, componentes del sistema y salidas respectivamente.



COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

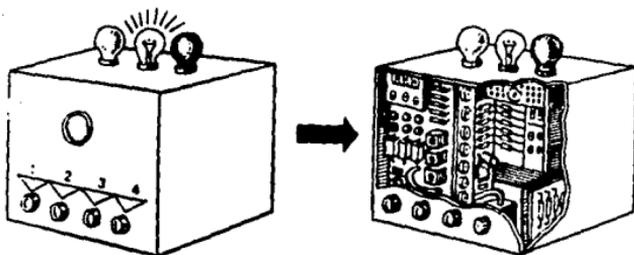
Por ejemplo un atleta que corre los 100 mts. planos tiene por objetivo recorrer ésta distancia en el menor tiempo posible. Un corredor de maratón no sólo debe recorrer la distancia con la

mayor rapidez posible sino que además, para lograrlo, debe controlar el consumo de energía y obtener un resultado óptimo. Por consiguiente se puede decir en forma general que la vida impone el logro de muchos objetivos y los medios para alcanzarlos casi siempre dependen de sistemas de control.

2.2.- CAJA NEGRA

Frecuentemente recurrimos a este concepto, que es un objeto de investigación, cuya estructura interna no se toma en cuenta o bien desconocemos.

Un sistema cibernético extraordinariamente complejo no se puede seguir en todos los detalles del funcionamiento de sus mecanismos interiores de regulación y control (entendiéndose en el sentido más amplio). El modelo de caja negra reproduce exactamente esta situación. Es difícil conocer con detalle su funcionamiento interior, pero se puede estudiar su comportamiento investigando las relaciones lógicas entre los conjuntos de entes que constituyen la (información de) entrada y la (información de) salida

**EJEMPLO DE CAJA NEGRA**

La caja negra representa esencialmente todo lo que no se puede saber, la incertidumbre, la carencia de información respecto al sistema representado. A su entrada se aplica la información no elaborada y en su salida se obtiene la información ya elaborada.

2.3.- CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ATENDIENDO A SU ESTRUCTURA Y AL CARACTER DE SUS ENLACES

Los sistemas que se encuentran en la práctica se dividen, atendiendo a la estructura y al carácter de sus enlaces en:

- a) Determinados ó Determinísticos
- b) No determinados
- c) Probabilísticos

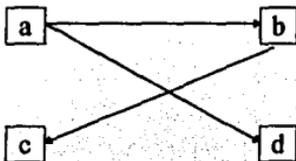
Se denomina sistema determinado ó determinístico: el sistema cuyas leyes de movimiento se conocen con exactitud y su comportamiento futuro se puede predecir. Para un sistema probabilístico es imprescindible hacer un pronóstico preciso de su comportamiento futuro.

Sistema determinístico :

Una definición más formal es utilizando el concepto de función. Un sistema es determinístico si cada elemento se relaciona a lo más con otro elemento; por ejemplo:

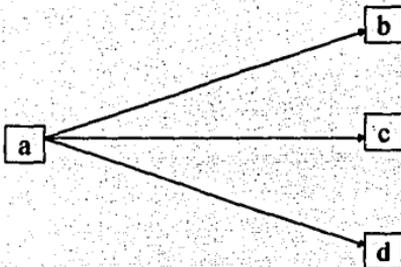


o sea si R es una función, entonces se dice que el sistema $[A,R]$, es un sistema determinístico. En el caso contrario (que sea una relación pero no una función) es un sistema no determinístico; por ejemplo



donde $A=\{a,b,c,d\}$ y $R=\{a-b,b-c,a-d\}$

En particular si a un sistema no determinístico se le asigna probabilidades a las diferentes relaciones que se puedan aplicar se le llama sistema probabilístico. por ejemplo:



que se denota por $[A,R,P]$; donde

$A=\{a,b,c,d\}$ es el conjunto de elementos del sistema,

$R=\{a-b, a-c, a-d\}$ es el conjunto de relaciones y

$P=\{p_1, p_2, p_3\}$ es el conjunto de probabilidades asociadas a esas relaciones.

La notación anterior es muy utilizada en la teoría de los autómatas. El objeto fundamental que investiga esta teoría es el autómata, sus propiedades, su estructura, su diseño, así

como los procedimientos de la transformación de la información valiéndose de máquinas automáticas. Un autómata se puede entender, como un sistema de mecanismos y dispositivo (mecánicos, electrónicos, eléctricos, hidráulicos, etc.), en el cual los procesos de obtención, transformación, transmisión y empleo de la energía del material o de la información están totalmente mecanizados, esto es, se realizan sin la participación directa del hombre. Por supuesto que existen más clasificaciones de lo que es un autómata dependiendo del contexto de lo que se esté estudiando; por ejemplo en Cibernética Teórica en particular en lenguaje formal se dice que un autómata es una forma de representar un lenguaje. La teoría de los autómatas está íntimamente ligada con la de los algoritmos y el mismo concepto de autómata se basa en el concepto matemático de algoritmo.

2.4.-CLASIFICACION DE SISTEMAS RETROALIMENTADOS DE ACUERDO A LA TEORIA DEL CONTROL

Los sistemas de control realimentados pueden clasificarse de varias maneras dependiendo del propósito de la clasificación. Por ejemplo de acuerdo con el método de análisis y diseño, los sistemas de control realimentados se clasifican en lineales y no lineales, variantes e invariantes con el tiempo. de acuerdo con los tipos de señales incorporadas al sistema se hace referencia a sistemas continuos y sistemas discretos, sistemas

modulados, y sistemas sin modulación. Además con respecto al tipo de componentes del sistema, se pueden encontrar descripciones tales como sistema de control electromecánico, sistema de control hidráulico, sistema neumático y sistema de control biológico. Los sistemas de control también pueden clasificarse de acuerdo con su propósito principal. Un sistema de control de posición y un sistema de control de velocidad, controlan las variables de salida en que sus propios nombres lo indican.

2.5.-SISTEMAS DE CONTROL LINEALES Y NO LINEALES

Esta clasificación se basa en los métodos de análisis y diseño. En su concepto estricto, los sistemas lineales no existen en la práctica, por que todos ellos tienen un cierto grado de no linealidad. Los sistemas de control lineales realimentados son modelos idealizados que sólo existen como concepto en la mente del analista y para simplificar el análisis y diseño. Cuando las magnitudes de la señal de un sistema de control están limitadas a un intervalo en el que los componentes exhiben características lineales, el sistema es esencialmente lineal. No obstante, cuando las magnitudes de las señales se extienden más allá del intervalo de la operación lineal, el sistema deja de ser considerado como tal dependiendo de la magnitud de la no linealidad. Por ejemplo, los amplificadores que se usan en los sistemas de control, suelen

exhibir un efecto de saturación cuando sus señales de entrada son muy grandes, el campo magnético de un motor casi siempre tiene propiedades de saturación. Otros efectos no lineales comunes de los sistemas de control son la asimetría o desajuste mecánico de los miembros acoplados con engranes, las características no lineales de los resortes, las fuerzas de fricción o torsión no lineales entre miembros móviles, etc. Con frecuencia, las características no lineales se introducen a propósito en los sistemas de control para mejorar su desempeño o lograr un control más efectivo. Por ejemplo, para obtener un control de tiempo mínimo se usa un controlador de tiempo cierre-apertura. Este tipo de control es frecuente en muchos sistemas de control de proyectiles o vehículos espaciales.

2.6.-SISTEMAS INVARIANTES Y VARIANTES CON EL TIEMPO

Cuando los parámetros de un sistema de control son estacionarios con respecto al tiempo durante la operación del mismo, se trata de un sistema invariante con el tiempo. En la práctica la mayor parte de los sistemas físicos contienen elementos que fluctúan o varían con el tiempo. Por ejemplo, la resistencia del devanado de un motor eléctrico variará cuando éste sea excitado y se eleve su temperatura. Otro ejemplo de un sistema variable con el tiempo es el control de un proyectil dirigido en el que la masa del proyectil disminuye a medida que el combustible se consume durante el vuelo. Aunque un sistema variable con el tiempo sin linealidad es todavía un sistema

lineal, el análisis y diseño de esta clase de sistemas suelen ser mucho más complejos que los de los lineales invariantes con el tiempo.

2.7.-SISTEMAS DE CONTROL CONTINUOS

Un sistema continuo es aquel en el que las señales de diferentes partes del sistema son todas funciones de la variable continua de tiempo "t". Entre los sistemas de control continuos las señales pueden clasificarse como de c.a. o c.d. a diferencia de las clasificaciones generales de señales de c.a. y c.d. que se usan en la ingeniería eléctrica, los sistemas de control de c.a. y c.d. tienen una importancia especial. Cuando se habla de un sistema de control de c.a., casi siempre se está haciendo referencia a señales del sistema que se han modulado de alguna manera. por otra parte, cuando se trata de un sistema de control de c.d., ello no significa que todas las señales del sistema sean de corriente directa; si así fuera, no habría movimiento de control. Un sistema de control de c.d. simplemente significa que las señales no están moduladas, pero que siguen siendo señales de c.a. de acuerdo con la definición convencional.

En la práctica, no todos los sistemas de control son estrictamente del tipo de c.a. o c.d. Un sistema puede incorporar una mezcla de componentes de c.a. o c.d. usando

moduladores y demoduladores para igualar las señales en diferentes puntos del sistema.

2.8.-SISTEMAS DE CONTROL DE DATOS MUESTREADOS

Los sistemas de control de datos muestreados y digitales difieren de los continuos en cuanto a que las señales en uno o en más puntos del sistema aparecen en forma de un tren de impulsos o en código digital. Por lo general, los sistemas de datos muestreados se refieren a una categoría más general en la que las señales se encuentran en forma de impulsos, mientras que en un sistema de control digital se refiere al uso de una computadora digital o controlador en el sistema.

En general un sistema de datos muestreados recibe datos o información únicamente en forma intermitente en tiempos específicos. Por ejemplo, la señal de error de un sistema de control sólo puede suministrarse de manera intermitente en forma de impulsos, en cuyo caso, el sistema de control no recibe información acerca de la señal de error durante los periodos entre dos impulsos consecutivos.

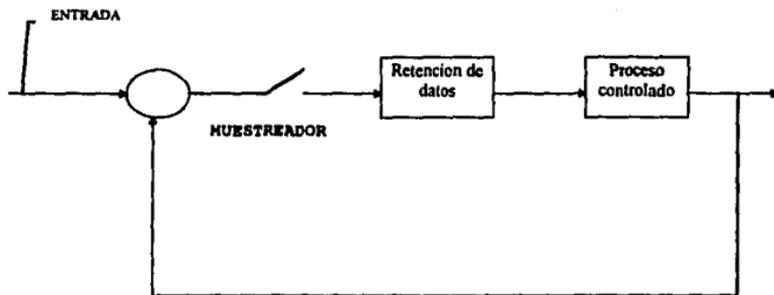
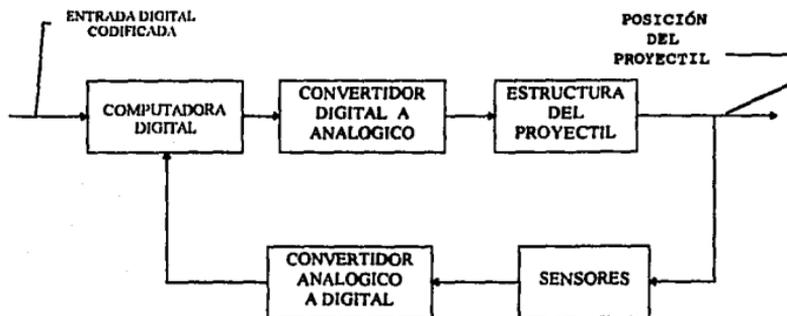
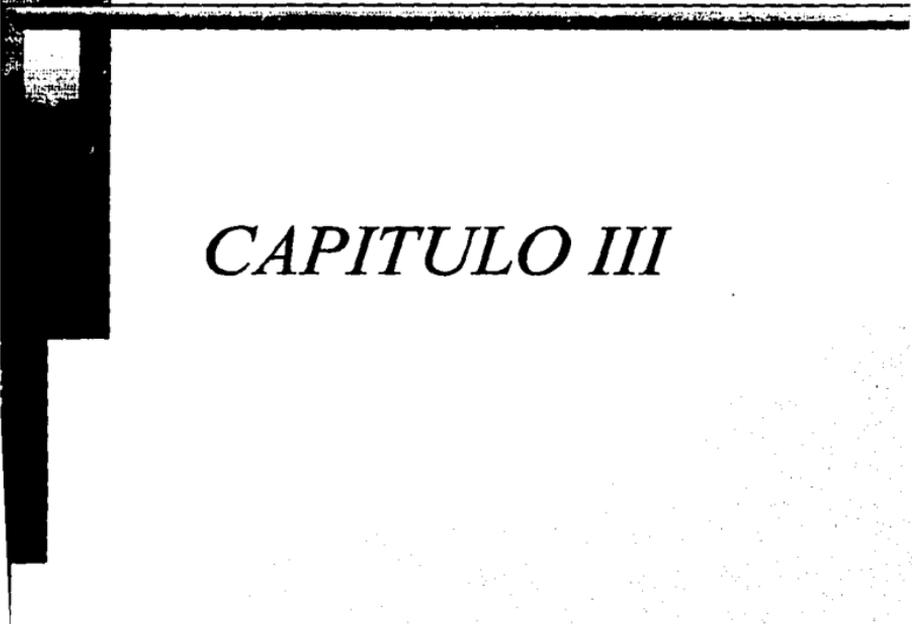


DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE DATOS MUESTREADOS



SISTEMA DIGITAL DE PILOTO AUTOMATICO DE UN PROYECTIL TELEDIRIGIDO



CAPITULO III

CAPITULO III

Retroalimentación esta idea fundamental de la Cibernética en palabras de Nobert Wiener "Retroalimentación es el método de controlar un sistema reinsertando en él, los resultados de un comportamiento anterior". Desde un punto de vista ligeramente más restrictivo, diremos que un sistema de control retroalimentado es aquel que tiende a mantener un proceso, a pesar de las posibles perturbaciones exteriores, una relación prevista entre dos variables del mismo". Para conseguir esto, compara funciones de las variables relacionadas y usa la diferencia como medio de control, es decir, como estímulo que actúa sobre el proceso y lo lleva hacia el punto de operación deseado.

Existe una leyenda que ilustra el descubrimiento de la retroalimentación y es la siguiente:

Humphry Potter tenía un carácter muy activo. Precisamente por eso al muchacho le aburría el trabajo que hacía en una de las minas inglesas, cuando allí extraían agua: tenía que abrir y cerrar las llaves de la caldera de vapor.

¿Por qué hacía esto? Hace dos siglos y medio (cuando vivió Potter) la caldera de vapor funcionaba de un modo distinto del actual.

El vapor de la caldera levantaba el pistón en el cilindro. Potter cerraba la llave del vapor y en seguida abría otra llave, por la cual entraba en el cilindro agua fría. El vapor se condensaba, se formaba el vacío, bajo la presión atmosférica el pistón bajaba, transmitiendo su movimiento a la bomba. Luego Potter volvía a abrir y cerrar alternativamente las llaves y así día tras día.

El trabajo no resultaba de lo más interesantes. El ingenioso muchacho decidió librarse de él. Con unas cuerdas unió las llaves con el vástago del pistón. Al moverse el vástago hacia arriba o hacia abajo las cuerdas se tensaban y cerraban o abrían en la sucesión necesaria.

En la técnica existen conceptos específicos convencionales, de "entrada" y "salida" en la máquina. En la máquina a vapor la entrada es el suministro del vapor, y la salida, el movimiento del pistón. Cuando la entrada y la salida están enlazadas se realiza el vínculo retroactivo que también recibe el nombre de retroalimentación.

Según la leyenda, el muchacho inglés Humphry Potter descubrió la retroalimentación, adivinando el sistema de regulación automática.

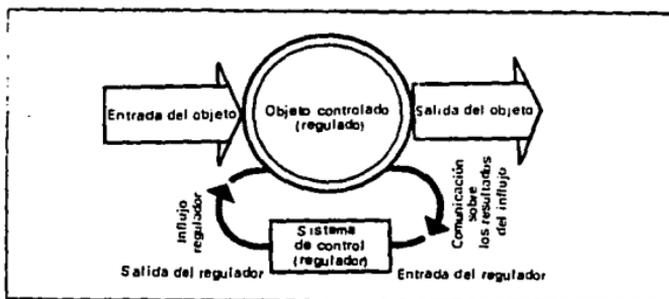
La retroalimentación es la base, el fundamento, de la técnica moderna. Es difícil mencionar un campo en el que no encuentre aplicación. Los reguladores de temperatura mantienen la temperatura necesaria. Los reguladores de presión, la presión necesaria, Los reguladores de velocidad, el número de revoluciones del eje. Los reguladores de tensión, el voltaje constante en la red eléctrica.

El regulador con retroalimentación es extraordinariamente "atento" y "puntual". Este dispositivo cumple todas las operaciones con gran precisión. Se pueden citar muchos ejemplos de diversos sistemas de regulación automática. Son diferentes por su construcción, su principio de acción y designación, pero la acción recíproca entre el dispositivo de control (el regulador) y el objeto controlado es del mismo tipo.

3.1.- DEFINICION:

Se conoce así a la acción que se efectúa en el proceso de un sistema y que consiste en comparar una variable de salida del

sistema con una variable de entrada y realizar una acción dentro del proceso en función de esta comparación

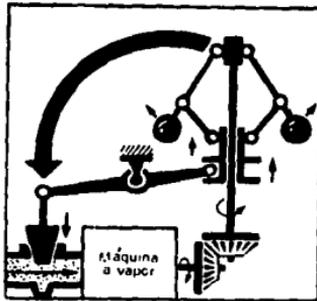


ESQUEMA GENERALIZADO DE UN SISTEMA RETROALIMENTADO

En un sistema de control con retroalimentación, la variable controlada (también llamada salida o respuesta) es comparada con la variable de referencia (también llamada entrada, mando u orden) y cualquier diferencia que exista entre ambas (el error) es, usada para reducir esta última. En otras palabras un sistema de control retroalimentado compara lo que estamos obteniendo con lo que necesitamos y usa cualquier diferencia a fin de poner en correspondencia la entrada con la salida. la característica más importante de un sistema de control

retroalimentado es que establece una comparación, y esto hace que el sistema sea tan efectivo para propósitos de control.

Para ilustrar el funcionamiento de los sistemas de control realimentados, consideremos el regulador de Watt. que en el transcurso de casi docientos años este mecanismo sirve de ejemplo de belleza y sencillez de retroalimentación.



ESQUEMA DEL REGULADOR DE DE WATT

Recordemos la máquina de vapor de James Watt con el regulador centrífugo de velocidad, que se ponía en acción por el funcionamiento del eje de la máquina, en dependencia del número de revoluciones del eje, las esferas del regulador se separan en mayor o menor grado por la acción de la fuerza centrífuga. A éstas está unido un acoplamiento móvil. A través del sistema de palancas este acoplamiento desplaza el cierre del tubo.

revoluciones aumenta, las esferas se separan, empujan el acoplamiento hacia arriba y el cierre baja. En la máquina comienza a entrar menos vapor y el número de revoluciones del eje se reduce hasta la normal.

Si por el contrario, el eje comienza a girar más lentamente de lo necesario, el regulador levanta el cierre y la entrada de vapor en la máquina aumenta, aumentando también hasta la normal el número de revoluciones del eje.

En el ejemplo de la máquina de watt se muestra el esquema de control con retroalimentación. Aquí, en el sistema de regulación automática, la máquina de vapor es el objeto controlado. A través del sistema de palancas y el cierre (que es la alimentación directa) el regulador envía al objeto controlado la señal de mando: la salida del regulador actúa sobre la entrada del objeto. A través del rodillo vertical (que realiza la retroalimentación) el regulador recibe la señal de la máquina sobre el resultado de su acción de mando: ahora la salida del objeto controlado "informa sobre su conducta" a la entrada del regulador. Resulta una especie de círculo cerrado, una especie de "anillo de comunicación".

Algunos especialistas comparan metafóricamente la retroalimentación con dos perros enfurecidos uno del otro. uno de ellos, digamos, el negro muerde por la cola al perro blanco. El perro blanco, no queriendo retroceder, muerde a su vez al negro por la cola. Es el mismo proceso circular, en el cual un perro representa la cadena de retroalimentación con relación al otro.

3.2.-TIPOS DE RETROALIMENTACION

En el proceso de realimentación y en su representación esquemática se tienen los siguientes tipos de realimentación.

REALIMENTACION POSITIVA:

La retroalimentación se llama positiva si su acción origina la amplificación de la señal de salida ante una señal invariable a la entrada.

Empezaremos con un ejemplo, supongamos que dos personas se encuentran conversando, sin que ninguna de ellas sea particularmente flemática. El tema de la conversación resulta enojoso para ambos interlocutores. La conversación empieza en un tono más bien bajo. La primera frase es dicha por la persona I en forma completamente serena, pero irrita a la persona II, la cual responde en un tono un poco más alto. A su vez, la persona I contesta con un tono de voz todavía más alto y, por

último, la conversación termina a gritos, ya que cada uno de los interlocutores trata de acallar al otro.

De otro ejemplo pueden servir los sistemas de frenado con fuente de energía externa. En ellos se utilizan dispositivos especiales que reaccionan ante pequeños desplazamientos producidos a mano. Estos desplazamientos continúan hasta que el esfuerzo de frenado sea suficiente para detener la máquina.

-RETROALIMENTACION NEGATIVA:

La retroalimentación que provoca una disminución de la señal de salida se llama negativa. Precisamente ésta es la que se utiliza con frecuencia en los reguladores automáticos: en los reguladores de nivel de temperatura, en los reguladores de revoluciones, en los reguladores de presión, etc.

Supongamos que en un horno eléctrico inesperadamente ha aumentado la temperatura, a un valor mayor que el necesario para la fundición del metal. El regulador automático reacciona "negativamente" :disminuye el suministro de energía eléctrica. Y si, por el contrario, la temperatura en el horno disminuye, el regulador de nuevo actúa "negativamente" :inmediatamente aumenta el suministro de energía eléctrica.

Con la aparición de la cibernética los límites del concepto "retroalimentación" se ampliaron enormemente, abarcando hasta las ciencias "no técnicas", como la biología o la economía.

La retroalimentación permite, compensar las desviaciones que se producen en el sistema. Toda regulación tiende a oponerse a lo que el sistema está ya haciendo, y es, por tanto una realimentación negativa, dice Wiener en su libro "Cibernética o control y comunicación en el animal y en la máquina" "La retroalimentación es necesariamente negativa. De ser positiva acentuaría los efectos de las desviaciones que actúan sobre el sistema. Y éste sería entonces inestable y evolucionaría hacia la inmovilidad o la destrucción".

3.3.-DIFERENCIAS BASICAS DE LOS SISTEMAS RETROALIMENTADOS Y LOS SISTEMAS DE CICLO ABIERTO

-SISTEMAS DE CICLO ABIERTO:

El control de circuito abierto, (no retroalimentado), se caracteriza por una relación fija entre la respuesta y la señal de mando sin observar dicha salida durante la operación normal. El control consiste en disponer la señal de mando para que la salida corresponda a una relación previamente establecida.

Un sistema de ciclo abierto se caracteriza por:

- 1.-Precisión moderada.
- 2.-Sensibilidad a las condiciones ambientales tales como temperatura, vibraciones, golpes, variaciones de voltaje envejecimiento y carga
- 3.- Respuesta lenta a los cambios de las señales de mando de entrada.

La precisión de un sistema de ciclo abierto depende de:

- 1.- La precisión con la que se disponga o calibre la relación entre la entrada y la salida.

- 2.- La estabilidad de calibración durante intervalos largos de tiempo.
- 3.- Las condiciones de las condiciones ambientales cambiantes

Las ventajas de los circuitos de lazo abiertos son:

- 1.- Simplicidad.
- 2.- Bajo costo (para aplicaciones apropiadas de poca precisión)

-RETROALIMENTACION:

Si las exigencias del sistema no pueden satisfacerse con un sistema de control de ciclo abierto, es deseable un ciclo cerrado o sistema retroalimentado.

Un sistema retroalimentado se caracteriza por:

- 1.- Alta precisión.
- 2.- Rapidez de respuesta.
- 3.- Independencia relativa de las condiciones de operación.

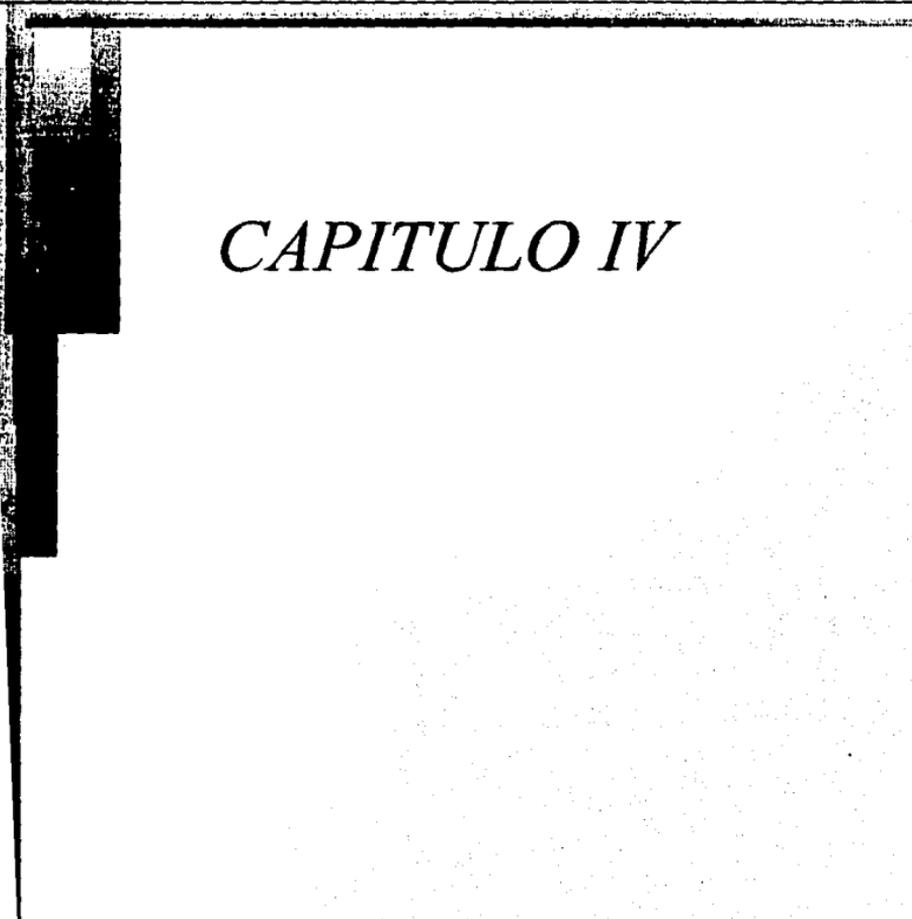
La realimentación depende de:

- 1.-La precisión del o de los dispositivos que controlan la salida.
- 2.-Los dispositivos que comparan la salida con la entrada.
- 3.-La sensibilidad y rapidez de los elementos de control que llevan a cabo la corrección automática del error.

Las ventajas de la realimentación son:

- 1.-Alta precisión
- 2.-Respuesta rápida.
- 3.-Presición no muy dependiente de las condiciones de operación
- 4.-flexibilidad.

Por estas diferencias los sistemas con realimentación son los que se usan con mayor frecuencia en los sistemas ciberneticos.



CAPITULO IV

CAPITULO IV

Los orígenes de la teoría de la información datan de la publicación por el Dr. Claude E. Shannon, de un artículo en el Bell System Technical Journal en 1948; año en el que publica su libro "A Mathematical Theory of Communication". En este libro, Shannon se refiere al significado de la información; tratando sus soportes, los símbolos y no el significado semántico o la información misma.

En el libro citado, Shannon analizó el problema de cómo representar los mensajes que una fuente puede producir para que lleven la información en un sistema de comunicación.

La palabra "información" se utiliza en el lenguaje común como sinónimo de noticia, conocimiento, inteligencia, etc. Así también en distintas áreas tienen diferentes concepciones; por ejemplo: no siempre se le ha dado el mismo significado en los llamados "sistemas de comunicación" que en los "sistemas de información". Aquí desarrollaremos las ideas fundamentales de la llamada teoría de la información, con relación a los sistemas de comunicación.

4.1.- ¿QUE ES LA TEORIA DE LA INFORMACION?

La teoría de la información podría definirse como la Ciencia de los mensajes, puesto que aspira a una formulación numérica de las leyes que gobiernan la generación, transmisión y recepción de los mensajes o "información".

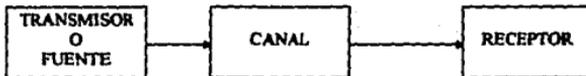
La teoría de la información no se ocupa del significado semántico de los mensajes, sino de las probabilidades que tienen en la fuente de información de ser seleccionados para la transmisión o la incertidumbre en el receptor de que los mensajes recibidos correspondan a determinados mensajes transmitidos

La información es una función estadística de las alteraciones dentro de un sistema de comunicación que incluye:

- a) Un emisor capaz de seleccionar un conjunto específico de estados de mensajes entre una serie de estados posibles.
- b) Un canal a través del cual pueda indicarse la selección del emisor.

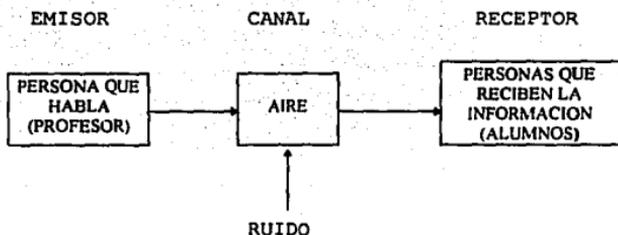
c) Un receptor capaz de descifrar esta indicación para determinar los estados de mensaje específicos seleccionados por el emisor.

Cualquier red de este tipo, no importa que sea un sistema de líneas telegráficas, telefónicas, de canales de radio y televisión o incluso una simple conversación de salón, se compone de tres partes principales que hemos mencionado anteriormente y que se sintetizan en la figura siguiente:



COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION

Examinemos el caso de la conversación de salón, pues es un hecho que nos sucede muy seguido y que no le prestamos ninguna importancia y por supuesto no le advertimos ninguna complejidad. La fuente o transmisor que genera mensajes hablados y escritos en el pizarrón u otros medios didácticos es la persona que habla, que puede ser nuestro profesor; a éste se le llama también emisor; a las personas que reciben los mensajes se le llama el receptor y el espacio atmosférico el canal de comunicación.



EJEMPLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION

Pero la teoría de la información vista ligada a un "sistema de comunicación" es una rama de la ingeniería de las comunicaciones no, muy sencilla que estudia principalmente los siguientes puntos:

- a) Medida de la información.
- b) La capacidad del canal de comunicación.
- c) La codificación.

Los tres conceptos anteriores se engloban en el teorema fundamental de la teoría de la información que dice:

"Si se tiene una fuente de información y un canal de comunicación, existe una técnica de codificación tal que la información puede transmitirse sobre el canal a cualquier velocidad menor que la capacidad del canal y con una frecuencia arbitrariamente pequeña de errores a despecho de la presencia de ruido"

4.2.- SISTEMA DE COMUNICACION.

Habíamos mencionado que los sistemas de comunicación constan de tres partes fundamentales:

- 1.- Transmisor o fuente
- 2.- Receptor.

3.- canal que lleva el comunicado desde el transmisor al receptor

Pero generalmente, los casos prácticos son mucho más elaborados ya que constan de varias fuentes y receptores dentro de un sistema complejo. A continuación se presenta el diagrama a bloques básico de un sistema de comunicación que es ubicado dentro de la teoría de la información por los estudiosos de ésta disciplina.

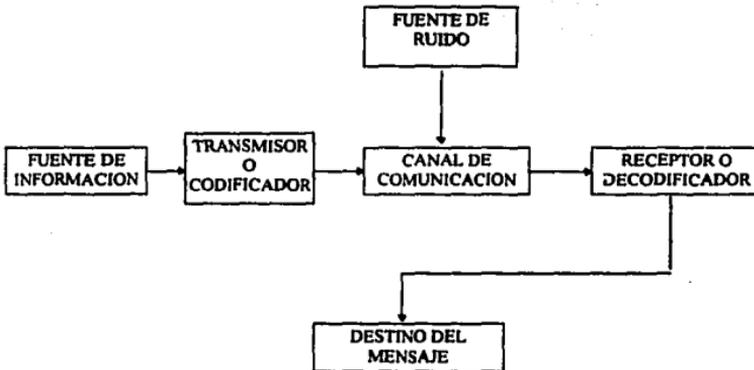


DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SISTEMA DE COMUNICACION DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA TEORIA DE LA INFORMACION

A) Fuente de información. Genera los mensajes o secuencia de mensajes, los cuales pueden ser palabras habladas o escritas, fotografías, dibujos, música, etc.

B) El transmisor o codificador. Adapta el mensaje al canal, por que regularmente tal cual sale de la fuente no es apropiado para la transmisión. Por ejemplo: un mensaje telegráfico necesita ser codificado por medio de una combinación de pulsos y no pulsos de corriente eléctrica para transmitirse por cable y posteriormente pasar por un proceso de modulación si se quiere transmitir por radiación electromagnética.

C) El canal de comunicación. Es el medio usado para transmitir la señal del transmisor hasta el receptor. Puede ser el espacio atmosférico o una guía de onda (donde se transmite las ondas electromagnéticas), un cable coaxial (como los que se utiliza teléfonos de México), etc. O simplemente pares de alambres.

D) El receptor o decodificador. Realiza ordinariamente la operación inversa hecha por el codificador, reconstruyendo el mensaje desde la señal; en otras palabras diremos que el receptor recupera el mensaje de la señal recibida ya sea

demodulando a la señal si ha sido modulada o bien decodificandolo si el mensaje ha sido codificado.

E) El destino. Es la persona o máquina para quien se envía el mensaje.

4.3.- MEDIDA DE LA INFORMACION

Para el estudio de la teoría de la información es importante la definición de una medida de la información e investigar sus propiedades.

DEFINICION: Sea E un evento que puede presentarse con probabilidad $P(E)$. Cuando E tiene un lugar, decimos que hemos recibido.

$$I(E) = \log_b(1/P(E)) \dots \dots \dots (a)$$

unidades de información

Donde b es la base del logaritmo y su elección equivale a elegir una determinada unidad.

El caso más sencillo de una fuente de información es aquel en el que sólo hay dos mensajes igualmente probables para seleccionar. Aquí sólo existen dos alternativas: sí ó no, uno ó cero, abierto ó cerrado, etc. La información asociada con la selección de uno de estos dos mensajes es la cantidad mínima de información que una fuente puede generar y se ha tomado como la unidad de medida de la información, designándola con el nombre de BIT (BInary digit). Resumiendo, si introducimos el logaritmo de base 2, la unidad correspondiente se denomina BIT; aplicandolo a la expresión (a) se tiene:

$$I(E) = \log_2 (1/P(E)) \text{ bits} \dots \dots \dots (b)$$

Si empleamos logaritmos naturales, la unidad de información recibe el nombre de NAT (contracción de NATural unit); quedando la expresión (a) de la siguiente manera:

$$I(E) = \ln(1/P(E)) \text{ nats} \dots \dots \dots (c)$$

En el caso de logaritmos de base diez, la unidad de información es el Hartley. R.V. Hartley fue quien primero sugirió la medida logarítmica de la información.

$$I(E) = \log_{10} [1/P(E)] \text{ Hartleys} \dots\dots\dots (d)$$

En general empleando logaritmos de base r tendremos:

$$I(E) = \log_r [1/P(E)] \text{ unidades de orden } r \dots\dots\dots (e)$$

La base de la medida de la información está en su definición. Mensajes que reducen en el receptor una gran cantidad de incertidumbre llevan mucha información; mensajes que reducen poca cantidad de incertidumbre llevan poca información, así, el grado de incertidumbre sobre un evento es una función inversa de su probabilidad de ocurrencia. Cuanto menor es la probabilidad de que un evento ocurra mayor es la incertidumbre que tenemos sobre esa situación.

Si la situación es un evento seguro, la probabilidad de que ocurra dicho evento es de 100% y no tendremos ninguna incertidumbre sobre su ocurrencia y por lo tanto, un mensaje comunicándonos que ese evento a ocurrido no reduce en nosotros ninguna incertidumbre y la información del mensaje es cero. Un

ejemplo de esto, es un mensaje comunicándonos que en México hablan español.

Por el contrario si la probabilidad de que un evento ocurra es muy pequeña, nuestra incertidumbre sobre su ocurrencia es muy grande y un mensaje comunicándonos que ese evento ha ocurrido reduce en nosotros una gran incertidumbre y por ende tal mensaje posee gran cantidad de información. Por ejemplo el presidente de los Estados Unidos, ha dicho que viajara a Cuba hasta que la junta de gobierno abandone las doctrinas "exportadas". La probabilidad de que eso ocurra es casi cero, luego la probabilidad de que el presidente de los Estados Unidos de Norte América viaje a Cuba uno de estos días es mínima. Así un mensaje informando que este mandatario viajó a Cuba, tendrá gran cantidad de información y será publicado por todos los diarios del mundo.

Ahora también, tomando como logaritmo de base dos, en la expresión $I(E) = \log_2 [1/P(E)]$, se tiene, que si $P(E) = 1/2$ será $I(E) = 1$ bit. Es decir, un bit es la cantidad de información obtenida al especificar una de dos posibles alternativas igualmente probables. Esta situación se presenta al lanzar una moneda al aire o al examinar la salida de un sistema de comunicación binario.

Para comprobar que la información asociada con la selección de uno de dos mensajes igualmente probables es la mínima que mensaje puede contener, basta decir que una fuente conteniendo un sólo mensaje no tiene alternativas de selección por lo que la probabilidad de que seleccione el mensaje que contiene es uno y de acuerdo con la expresión (a), la información asociada con esa selección será:

$$I(E) = \log_2 1 = 0$$

o, sea será un mensaje que no lleva información .

Con objeto de hacernos una idea de la cantidad de información transmitida por un moderno sistema de comunicación, consideremos una imagen de televisión. La pantalla, la podemos imaginar formada por una secuencia de puntos negros, blancos y grises, dispuestos en 500 filas y 600 columnas aproximadamente. Admitiremos que cada uno de estos $500 \times 600 = 300,000$ puntos puede adoptar uno de diez niveles de brillo diferentes, de manera que puede haber $10^{300,000}$ imágenes distintas de T.V. Si todas son igualmente probables, la probabilidad de una imagen cualquiera es igual a $1/10^{300,000}$ y la cantidad de información que contiene es:

$$I(E) = 300,000 \log_2 10 = 10^6 \text{ bits.}$$

4.4.-ENTROPIA

Para poder comprender qué es la entropía es necesario ante todo tener paciencia. Es difícil captar inmediatamente todos los matices de un concepto tan complicado. Los científicos todavía no han llegado a un pleno acuerdo en muchas cuestiones relacionadas con la entropía.

" El verdadero valor del concepto de entropía radica, en primer lugar, en que el "grado de indeterminación" de los experimentos expresados por éste se pone de manifiesto precisamente a través de aquella característica que tiene alguna importancia en los diversos procesos que se encuentran en la naturaleza y en la técnica y que están relacionados, de un modo u otro, con la transmisión o almacenamiento de ciertas informaciones"

Esa es una de las definiciones.

La otra afirma:

"Para poder comprender lo que es la entropía en la teoría de la información, mejor es olvidar todo lo que guarda relación alguna con el concepto de entropía utilizado en la física".

Una tercera opinión, se refiere a la dificultad del concepto de entropía y de los problemas de ésta (tanto en la física como en la teoría de la información): "El movimiento en estos campos nos recuerda el que se efectúa en una selva llena

de trampas. Los que más conocen esta materia toman generalmente mayor precaución al hablar de ella".

Observemos que los científicos, además de señalar la complejidad del concepto de entropía, recalcan la íntima vinculación de ésta con la teoría de la información.

La palabra "entropía" fue utilizada por vez primera, por el científico alemán Rudolf Clausius hace poco más de 100 años (1885), cuando explicaba la imposibilidad de traspasar el calor de un cuerpo más frío a uno más caliente. En su traducción del griego "entropía" significa "estoy dando vueltas adentro", o sea, "me voy ensimismando".

Esta "entrada en sí mismo", interesó mucho al científico austriaco Ludwig Boltzmann. Como resultado de profundos trabajos realizados por él, apareció, en 1872, la siguiente explicación de la entropía.

Imaginemos cualquier sistema, por ejemplo, el de un gas encerrado en un recipiente. ¿Qué es lo que caracteriza, en el caso dado, a tal sistema? Un determinado volumen, presión, temperatura, o sea, lo que generalmente se llama un macroestado. ¿Y qué lo provocó? Los microestados, o sea, la posición y velocidad de las partículas en tal o cual momento.

En cierto momento el estado es uno, en otro, distinto, en el tercero será otro, etc.

El macroestado de un sistema representa el conjunto (o sea, la suma) de todos sus microestados. Es obvio que un mismo macroestado puede resultar de una multitud de conjuntos de microestados, lo mismo que una suma puede ser formada por distintos sumandos.

¿Serán equivalentes todos los conjuntos de microestados que llevan a un mismo macroestado?. Fue el propio Boltzman quien contestó a esta pregunta.

Cualquier sistema dejado a si mismo tiende a la desorganización, tiende a aumentar su entropía. Por eso, según Boltzman, la entropía puede considerarse como una medida de probabilidad de un conjunto de microestados.

Es sabido que un sistema (mejor dicho su macroestado) tiende a un valor equilibrado. Pero, ¿estarán en equilibrio en cualquier momento de tiempo todos los microvolúmenes en que puede dividirse un sistema?.

No, indudablemente, la probabilidad de tal conjunto de microestados será muy reducida, además, cuanto mayor será la temperatura del sistema menor será la probabilidad. En promedio, un determinado número de microvolúmenes se encontrará a una determinada distancia del equilibrio.

De este modo, el macrosistema en su conjunto puede caracterizarse en cualquier momento por macroparámetros de equilibrio (para mayor precisión diremos que las desviaciones de estos valores a temperaturas superiores al cero absoluto serán relativamente pequeños aunque no iguales a cero)

Cada microvolumen tiene, en promedio de tiempo, valores de equilibrio de sus parámetros, pero en cualquier momento de tiempo los parámetros de cualquier microvolumen se distinguirán de los de equilibrio. Se puede decir que cada parámetro fluctúa alrededor de su valor de equilibrio. La amplitud de tales oscilaciones será mayor mientras más alta sea la temperatura del sistema y menor sea el microvolumen. Eso significa, según Boltzman, que la entropía está vinculada con la probabilidad del microestado del cuerpo.

Una ilustración del nuevo concepto nos la da el "diablillo" de Maxwell, en un ejemplo que se hizo clásico.

El "DIABLILLO" DEL FAMOSO CIENTIFICO INGLES MAXWELL se menciona en más de una decena de libros científicos. La esencia del "diablillo" en estos libros, indudablemente, es la misma aunque expresada con palabras distintas. Para no repetir el ejemplo, lo tomaremos en "forma definitiva", como fue descrito por "el padre de la Cibernética", Norbert Wiener: "Supongamos que en un recipiente hay un gas cuya temperatura, en cualquier lugar, es la misma y que ciertas moléculas de este gas se mueven más rápidamente que otras. También supongamos que en este recipiente existe una pequeña portezuela a través de la cual el gas entrará en una tubería que lo llevará a un motor térmico, y que el orificio de salida de este motor térmico está unido, mediante otro tubo, a través de otra portezuela con una cámara de gas. En cada portezuela se encuentra un pequeño ser, un "diablillo", que observa las moléculas que se acercan y cierra o abre las portezuelas en dependencia del movimiento de las moléculas.

Por la primera portezuela, el "diablillo" dejará pasar sólo aquellas moléculas que salen del recipiente con velocidad muy alta, impidiendo el paso a las de baja velocidad. En la segunda portezuela, el papel de este "diablillo" será completamente opuesto: únicamente abrirá la portezuela a aquellas moléculas que salen del recipiente con velocidad reducida y no dejará pasar aquellas cuya velocidad sea alta. En consecuencia, en uno

de los extremos del recipiente la temperatura aumentará, mientras que en el otro disminuirá".

Para simplificar la comprensión del ejemplo, Wiener propuso la analogía siguiente.

"quizás pueda explicar esta idea con el ejemplo de una muchedumbre que entra al tren subterráneo por dos torniquetes, uno de los cuales dejará pasar a la gente que se mueva con bastante rapidez mientras que el otro, solo a aquellos que van lentamente. El movimiento casual de la gente allí puede representarse como un flujo que se mueve rápidamente desde el primer torniquete, mientras que en el segundo sólo pasan personas que se mueven lentamente. Si se unen ambos torniquetes con una plataforma móvil común para los dos al mismo nivel del suelo, el flujo de gente de rápido caminar hará girar esta plataforma en cierta dirección con mayor rapidez que el flujo de la gente que se mueve lentamente la hará girar en sentido contrario, y de aquí obtendremos una fuente de energía útil de un movimiento casual".

En otras palabras, tanto el torniquete a la entrada del metro como el "diablillo" de Maxwell pueden disminuir la entropía en la "empresa que les fue confiada". Entonces, ¿cómo resolver esta contradicción: el "diablillo" disminuye la

entropía mientras que las leyes de la física afirman que sólo puede crecer? ¿Es una paradoja? Si, es una paradoja. Y todo permaneció igual durante un largo tiempo hasta la publicación hecha por el físico húngaro L. Szilard de su trabajo titulado: "Sobre la disminución de la entropía en un sistema termodinámico con interferencia de un ser pensante". Aquí otra vez el científico se refiere al "diablillo" de Maxwell.

¿Que tiene este "diablillo" de interesante? En primer lugar, el "diablillo" puede actuar únicamente en el caso de recibir una energía complementaria para su trabajo que consiste en abrir y cerrar las puertas bien para las moléculas rápidas, o bien para las lentas. Únicamente al recibir tal energía el "diablillo" mantendrá encerrado a sus "subordinados", las moléculas rápidas por una parte, y por la otra, las lentas. En otras palabras, sólo entonces el "diablillo" llegará a disminuir la entropía del sistema.

Así, hemos obtenido una conclusión sobre la vinculación de la información y de la entropía. Es una conclusión muy importante por dimanar de esta posición el hecho de que la información se encuentra en dependencia recíproca de la entropía. El científico norteamericano C. Shannon define así la información: "Es lo que elimina la indeterminación de la selección".

Recordemos los microestados y los macroestados del sistema de boltzmann. Allí la información nos puede decir por cuál canal se moverán las moléculas y como apreciar sus movimientos. De manera análoga podemos valorar cualquier otra categoría como, por ejemplo, las distintas dignificaciones de las letras. Sobre esta base Shannon introduce, para el registro de la información, la fórmula de la entropía: a la matemática le importa poco cuáles son los valores concretos que se encuentran detrás de las letras de sus fórmulas.

La deducción sobre la profunda analogía de la entropía y de la información es tan interesante que el famoso físico francés Luis de Broglie consideraba que era "la más importante y la más bella de las ideas sugeridas por la cibernética". A su vez, el destacado matemático contemporáneo A. N. Kolmogórov, gran especialista en el campo de la teoría de la información, dijo que "tales analogías matemáticas deben siempre recalcarse por que la concentración de la atención sobre éstas favorece el progreso de la ciencia".

Prestaremos atención a las referencias que hacen los científicos sobre las analogías.

La entropía física y la entropía informativa tienen "caracteres" muy distintos. Debido a esto, "se comportan" de modo diferente.

En efecto, si en la interacción de dos cuerpos uno de ellos aumenta la entropía, siempre lo hará a expensas del otro. Pero nada similar ocurre en la información. Luis de Broglie hizo, sobre este asunto, una observación muy sagaz: "Si le envío a Usted un telegrama en el cual le informo de la caída de un ministerio, le suministro una información, pero de ningún modo la pierdo yo".

Norbert Wiener sometió el contenido de la información y la entropía a un análisis profundo y minucioso. Le interesaba saber por qué estaban relacionadas la cantidad de información y la entropía. Este científico llegó a una conclusión de sencillez desconcertante: por caracterizar ambas la realidad desde posiciones peculiares, con un punto de vista propio: la entropía y la información consideran el mundo en correlación del caos y el ordenamiento. Wiener así mismo lo dice: la entropía es la medida del caos, la cantidad de información es la medida del ordenamiento.

Podemos decir que por fin se ha dado cierta claridad al concepto de entropía en la física y en la teoría de la

información. Separando uno del otro conocimos sus "particularidades individuales" y los "rasgos de su carácter"

Pero un análisis posterior de los fenómenos nos conduce a algo completamente incomprensible a primera vista. ¿Valía o no la pena hacer una "división" entre éstas y después ir otra vez a una unidad como lo hicimos ahora? ¿En qué consiste precisamente esta "marcha atrás", para qué era necesaria?

Nos referimos nuevamente al ejemplo conocido, el recipiente con gas. Pero ahora efectuaremos su análisis basándonos en las ideas expresadas por otro conocido científico, León Brillouin.

El gas contenido en el recipiente está compuesto de moléculas en movimiento continuo. No conocemos ni podemos conocer su exacta posición en el sistema ni tampoco su velocidad, pero tenemos las características macroscópicas del sistema: presión, volumen, temperatura y composición química. Aunque podemos medir estas magnitudes, sin embargo, éstas no nos darán ninguna descripción detallada de la "ubicación" de las moléculas. Para poder calcular la entropía, nos veremos en la obligación de tener en cuenta todos estos estados internos que corresponden, precisamente, a un estado dado de nuestro sistema, el gas en el recipiente. Por ello, es obvio que cuanto menos sepamos sobre cómo se comportan las moléculas, mayor será

la indeterminación y el número de posibles estados internos. Eso quiere decir que mayor será la probabilidad y mayor la entropía.

En realidad, no siempre nos hallamos ante una ausencia completa de datos sobre el sistema. A veces tendremos ciertas informaciones. Por ejemplo, cómo se formó el sistema y el momento de su surgimiento. Son datos muy importantes, por ser la clave de la obtención de otros como, por ejemplo, la distribución de la densidad y de las velocidades.

Tales informaciones complementarias son muy valiosas, pues ayudan a caracterizar más completamente el sistema, y por lo tanto, a disminuir la energía. Entonces ¿podemos considerar la entropía como una medida de la falta de información, y la información como un sumando negativo de entropía, "su negativo"? Eso es precisamente, lo que dice Brillouin al definir la información como negentropía.

Pero, ¿qué importancia tiene denominar la información simplemente información o negentropía? Sin embargo, tiene considerable importancia. El principio negentrópico de la información reúne en una nueva base la entropía y la información, señalando que no se las puede interpretar separadamente y que siempre deben ser investigadas en conjunto.

Esta tesis es correcta para distintos campos de aplicación sumamente lejanos uno del otro, desde la física teórica hasta los ejemplos de la vida cotidiana.



CAPITULO V

CAPITULO V

Las matemáticas han sido, junto con otras ciencias, el sustento teórico de la cibernética.

La teoría estadística de la información, estrechamente relacionada con la estadística y la probabilidad, cuya importancia consiste en medir la cantidad de información en las comunicaciones en función de la probabilidad de su aparición, ha tenido gran relevancia en el desarrollo y utilización de los métodos cibernéticos.

La teoría de las decisiones y la teoría de los juegos son otras ramas de las matemáticas que han sido muy utilizadas y que son importantes para obtener resultados óptimos, en algún sentido, respecto de un fin deseado.

Si en forma general, esta ciencia se encarga de encontrar los elementos comunes en el funcionamiento de las máquinas y el sistema nervioso; tenemos que los modelos matemáticos son de gran importancia, por ejemplo, en forma de un sistema de ecuaciones y de condiciones lógicas.

Desde el punto de vista de su aplicación, las matemáticas pueden tener distintos grados de complejidad, que van desde un simple planteamiento aritmético hasta complicados modelos matemáticos.

Como los métodos de la cibernética se utilizan en diversos campos tales como la Medicina, Sociología, Economía, etc., dependiendo de su uso podrán utilizarse técnicas más o menos avanzadas.

Las computadoras han sido esenciales en el desarrollo de esta ciencia. Son máquinas que procesan la información recibida y su función es realizar cálculos.

En este ejemplo de sistema de retroalimentación, la entrada son los datos del problema y la salida es el resultado al que se quiere llegar.

La entrada de información a la máquina sólo puede ser de dos formas: Por medio de un dispositivo que transforme los números en cantidades físicas, medidas en escalas continuas, por ejemplo, longitudes, rotaciones angulares, voltajes y fuerzas, o por medio de señales que son codificadas utilizando el sistema binario de numeración y el cálculo proposicional de la lógica matemática.

A las primeras se les denomina máquinas analógicas, mientras que a las segundas son digitales.

Una máquina analógica es el método mecánico del fenómeno que se va a estudiar, y si estamos de acuerdo en que cualquier cálculo numérico es básicamente, una serie de sumas, restas, multiplicaciones, realizadas en alguna forma determinada, entonces podemos, al menos en teoría, diseñar por analogía dispositivos capaces de realizar estas cuatro operaciones, en las que los datos serán cantidades físicas continuas. Por ejemplo, podemos sumar dos cantidades X e Y representándolas por corrientes de alambres, colocándolas en paralelo.

Las máquinas analógicas tienen limitaciones. Su exactitud depende de la precisión en que midan las cantidades. Existen, además, un límite físico en cuanto a la cantidad de componentes mecánicos que podemos hacer funcionar y, por último, son máquinas que en vez de construirse para realizar una función específica, como por ejemplo integrar, tendrán poca aplicación fuera de ésta.

Por otro lado, las máquinas digitales operan con números en forma discreta; no dependen de situaciones físicas específicas para simular operaciones matemáticas, y son mucho más precisas que las analógicas.

Las máquinas digitales, que están construidas sobre la escala binaria, sólo aceptan dos estados "prendido" y "apagado", que se representan con un "1" y "0", respectivamente.

Boole demostró que el razonamiento lógico se puede reducir a un cálculo algebraico, y a su vez Shannon confirmó que el álgebra de Boole podía expresarse en combinaciones de circuitos abiertos o cerrados.

5.1.-TABLAS DE VERDAD DE UNA FUNCION LOGICA

Toda función lógica puede ser representada mediante una tabla de verdad.

La tabla de verdad como la figura de abajo, es un cuadro formado por tantas columnas como variables contenga la función más la correspondiente a ésta y por tantas filas como combinaciones binarias sean posibles construir con dichas variables.

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabla de verdad de una
función
 $S = a + b$

El número de combinaciones posibles será 2^n , siendo n el número de variables. Es conveniente, para evitar repeticiones o confusiones, ordenar las combinaciones binarias de forma creciente.

Es posible construir tablas de verdad donde existan varias funciones de salida para una misma variable de entrada.

Entre la tabla de verdad y la función que representa existe una relación biunívoca, y aquella es tan importante que figura como uno de los datos más significativos dentro de las características que aparecen en los catálogos de los dispositivos digitales integrados. Su conocimiento es fundamental para analizar el funcionamiento y aplicación de cada bloque.

5.2.-FUNCIONES BASICAS BOOLEANAS

En esta parte describiremos las funciones booleanas o lógicas más elementales, como son: igualdad, unión, intersección y negación. Presentaremos su expresión matemática, su tabla de verdad y el circuito que materializa la función, por medio de contactos eléctricos.

5.3.-FUNCION IGUALDAD

La función igualdad es la más elemental de todas ellas. Interviniendo exclusivamente una variable. Su expresión matemática es la siguiente:

$$S = a$$

La tabla de verdad y su materialización mediante contactos es la siguiente:

a	S
0	0
1	1

En donde:

- a=1 (contacto cerrado)
- a=0 (contacto abierto)
- S=1 (lampara encendida)
- S=0 (lampara apagada)

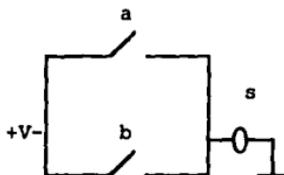
5.4.-FUNCION UNION

La función unión es conocida también, como función reunión, suma u OR. Su expresión matemática para dos variables será :

$$S = a + b$$

Su tabla de verdad y el circuito mediante contactos de la función OR son los siguientes:

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



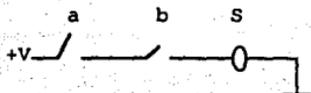
5.5.-FUNCION INTERSECCION

La función intersección se conoce también, como producto o función AND. Su expresión para dos variables es la siguiente:

$$S = a \cdot b$$

Su tabla de verdad y el circuito mediante contactos de la función AND son los siguientes.

a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



5.6.-FUNCION NEGACION

La función negación también es conocida como complemento o función NOT. Su expresión es la siguiente:

$$S = \bar{a}$$

Su tabla de verdad es la siguiente:

a	S
0	1
1	0

5.7.-OTRAS FUNCIONES BASICAS

Además de las funciones analizadas, existen otras que también ofrecen un gran interés, como son:

La función NAND, que es la función AND negada

La función NOR, que es la función OR negada

La función OR exclusiva

Cuyas tablas y función son las siguientes:

NOMBRE

TABLA

FUNCION

NAND

a	b	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$S = \overline{a \cdot b}$$

NOR

a	b	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$$S = \overline{a + b}$$

OR exclusiva

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$S = a \cdot \overline{b} + \overline{a} \cdot b$$

Los circuitos más complejos como microprocesadores provienen de combinaciones de las anteriores funciones, es por ello que se les considera a estas como las compuertas básicas.

5.8.-POSTULADOS

El álgebra booleana contiene una serie de postulados que para su mejor entendimiento los representaremos por medio de circuitos eléctricos con contactos.

Postulado 1

La suma lógica de una variable más un 1 lógico equivale a un 1 lógico.



Postulado 2

La suma lógica de una variable más un 0 lógico equivale al valor de la variable.



Postulado 3

El producto lógico de una variable por un 1 lógico es igual al valor de la variable.

$$a * 1 = a$$



Postulado 4

El producto lógico de una variable por un 0 lógico es igual a 0.

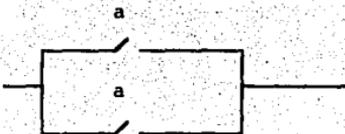
$$a * 0 = 0$$



Postulado 5

La suma lógica de dos variables iguales equivale al valor de dicha variable.

$$a + a = a$$



Postulado 6

El producto lógico de dos variables iguales equivale al valor de dicha variable.

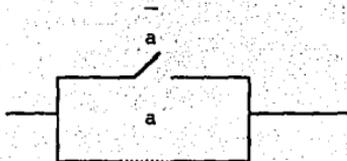
$$a * a = a$$



Postulado 7

La suma lógica de una variable más la misma variable negada equivale a un 1 lógico.

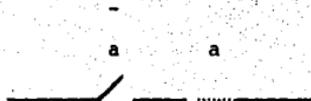
$$\bar{a} + a = 1$$



Postulado 8

El producto lógico de una variable por la misma variable negada equivale a un 0 lógico.

$$\overline{a} * a = 0$$



5.9.-PROPIEDADES

El álgebra de Boole también cumple con algunas propiedades, que indicaremos a continuación.

Propiedad conmutativa

$$a + b = b + a$$

$$a * b = b * a$$

Propiedad asociativa

$$a + b + c = a + (b + c)$$

$$a * b * c = a * (b * c)$$

Propiedad distributiva

$$a * (b + c) = (a * b) + (a * c)$$

$$a + (b * c) = (a + b) * (a + c)$$

5.10.-TEOREMAS

Apoyándonos en los postulados y propiedades anteriores demostraremos los siguientes teoremas.

Teorema 1. Ley de absorción

$$a) \quad a + a \cdot b = a$$

Demostración

$$a + a \cdot b = a \cdot (1 + b) = a \cdot 1 = a$$

$$b) \quad a \cdot (a + b) = a$$

Demostración

$$a \cdot (a + b) = a \cdot a + a \cdot b = a + a \cdot b = a$$

Teorema 2.

$$a) \quad a + a \cdot b = a + b$$

Demostración

$$a + a \cdot b = (a + a) \cdot (a + b) = 1 \cdot (a + b) = a + b$$

$$b) \quad b \cdot (a + b) = a \cdot b$$

Demostración

$$b \cdot (a + b) = b \cdot a + b \cdot b = b \cdot a + 0 = b \cdot a$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Teorema 3 Leyes de De Morgan

Este teorema es el más utilizado en los procesos de simplificación. La comprobación de estos teoremas se podrá realizar construyendo la tabla de verdad.

$$\text{a) } \overline{a + b} = \overline{a} * \overline{b}$$

$$\text{b) } \overline{a * b} = \overline{a} + \overline{b}$$

5.11.-OBTENCION DE LA FUNCION LOGICA A PARTIR DE LA TABLA DE VERDAD.

Por lo regular el proceso de diseño lógico comienza por representar la tabla de verdad, asignando a la función los valores deseados para cada combinación binaria de las variables de entrada, posteriormente para obtener la función lógica se suman todos los productos lógicos que den a la función el valor 1. El número de términos de la expresión será igual al número de unos que figuran en la columna correspondiente a la función de salida.

Para entender con mayor claridad obtendremos la función lógica de la siguiente tabla de verdad.

a	b	c	f
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

De la anterior tabla de verdad, su función lógica será:

$$f = \bar{a}\bar{b}c + a\bar{b}\bar{c} + abc$$

5.12.-SIMPLIFICACION DE FUNCIONES

En el diseño de circuitos digitales se busca simplificar lo más posible las funciones obtenidas de la tabla de verdad. Cuanto más simplificadas resulten, será menor el número de componentes necesarios para su materialización en forma de circuito lógico.

La simplificación se puede obtener de distintos métodos explicados a continuación

-Método Algebraico

Este método consiste en reducir una función lógica, recurriendo, en medida de lo posible de los postulados, las propiedades y los teoremas del álgebra de Boole, pero este sistema no es fácil de utilizar, y para hacerlo se requiere de una gran experiencia y suerte.

Para poder comprender mejor este sistema reduciremos la función siguiente:

$$f = a + b \cdot (\bar{a} \cdot \bar{c})$$

Primero aplicamos el teorema de De Morgan al término

$$(\bar{a} \cdot \bar{c}) = a + c$$

resulta

$$f = a + b \cdot (a + c)$$

aplicando la propiedad distributiva en $b \cdot (a + c) = (b \cdot a) + (b \cdot c)$
quitando paréntesis nos quedaría

$$f = a + b \cdot a + b \cdot c$$

aplicando ley de absorción ($a + b \cdot a = a$)
se obtiene el resultado final.

$$f = a + b \cdot c$$

-Método gráfico de Karnaugh

Este método es un sistema sencillo y corto para simplificar funciones de hasta cuatro variables. Aunque también es válido para cinco o seis, las dificultades que presenta son mayores que las ventajas por ello es aconsejable utilizar otro método.

Para su aplicación es necesario construir un cuadrilátero, que a su vez se divide en 2^n cuadrados elementales. El exponente n es el número de variables de la función.

	a	
b	0	1
0		
1		

	ab			
c	00	01	11	10
0				
1				

	ab			
cd	00	01	11	10
00				
01				
10				
11				

Los gráficos anteriores son los adecuados para reducir funciones de dos tres y cuatro variables respectivamente.

En los laterales superior e izquierdo, deben aparecer todas las combinaciones que se puedan construir al asignar los dos posibles valores que puedan tomar las variables binarias. El orden de colocación de las combinaciones debe ser tal que de una a la siguiente solamente cambie el valor de una variable. Se dice entonces que entre dos casillas consecutivas existe adyacencia algebraica. Por consiguiente, en los casos de dos, tres y cuatro variables se produce una total coincidencia entre las adyacencias gráfica y algebraica

El procedimiento a seguir para reducir una función es el siguiente. Partiendo que de un problema se obtiene la siguiente tabla de verdad

a	b	c	d	f
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

La función lógica inicial sería

$$f = \overline{abcd} + \overline{abcd}$$

Para poder simplificar esta función se realiza los siguientes pasos:

a) se coloca un 1 en cada casilla correspondiente a la posición de la función. La correspondencia de términos y casillas se muestra enseguida.

		a b			
		0 0	0 1	1 1	1 0
c d	0 0	1	1	1	1
	0 1			1	
	1 1		1	1	1
	1 0			1	

b) se agrupan los unos en bloques de 2, 4, 8, ó 16 casillas. Para formar los grupos es necesario que los unos se encuentren en casillas adyacentes.

Se pueden realizar distintas agrupaciones y todas estar bien. Pero el objetivo es el de construir el menor número de grupos posible y recoger el mayor número de unos en cada uno de ellos, siempre que se cumpla la condición expuesta en este mismo punto. Un mismo 1 puede pertenecer a varios grupos.

En nuestro caso se optó por el siguiente agrupamiento

c d		a b			
		0 0	0 1	1 1	1 0
c	d 0 0	1	1	1	1
	d 0 1			1	
	d 1 1		1	1	1
	d 1 0			1	

c) A cada grupo de unos le corresponde un término. De cada grupo se eliminan las variables que intervienen con su doble valor (0 y 1). En la gráfica de abajo podemos observar un grupo de unos aislado, en donde se eliminarán las variables a y b ya que en algunas casillas del grupo valen 0 y en otras valen 1. Sin embargo las variables c y d siempre valen lo mismo (cero en ambos casos).

	a b	a b	a b	a b
	0 0	0 1	1 1	1 0
c d				
0 0	1	1	1	1
			1	

En este caso el término cd lo podremos utilizar en lugar de 4 términos de la función original obteniéndose el mismo resultado. (En este caso son 4 pero pueden ser 2, 8, ó 16).

d) Siguiendo este criterio se van obteniendo los demás términos.

e) Para obtener la función reducida, representaremos las variables en forma negada, cuando el valor que le corresponda sea un 0. Cuando el valor sea un 1, aparecerán de forma directa.

Los resultados de nuestro ejemplo serán:

$$f = \overline{cd} + ab + bcd + acd$$

EL Método anterior tiene un problema que es el que al realizar gráficas para más de 4 variables las adyacencias algebraica y la adyacencia gráfica no coinciden, pudiéndose cometer errores con relativa facilidad.

Método numérico de Quine-McCluskey:

Este método implica un proceso largo que para funciones de menos de 4 variables, debido a que, los métodos anteriores son más ágiles es inadecuado. Pero sin embargo para procesos de 4 o más variables su sistematización lo hace el más adecuado de los procesos anteriores.

Para mostrar su proceso realizaremos un ejemplo .

Sea la función:

$$f = \overline{abcde} + \overline{abcde}$$

a) En primer lugar es recomendable colocar en sentido vertical los términos de la función, tal como se indica en la tabla siguiente. Y en una columna contigua se sustituirán las variables por unos o ceros, dependiendo de la forma que tenga la variable sea directa o negada.

Los términos y combinaciones se organizan en grupos de manera que en cada uno se encuentren todos aquellos que tengan el mismo número de unos.

El orden de colocación dentro de cada grupo debe ser de menor a mayor, siguiendo el valor numérico de las combinaciones binarias resultantes.

A cada grupo se le asignará un número de índice distinto que coincidirá con el número de unos de las combinaciones correspondientes.

\overline{abcde}	00000	índice 0
$\overline{abc}\overline{de}$	00010	índice 1
$\overline{ab}\overline{cde}$	01000	
$\overline{a}bcde$	00101	índice 2
$\overline{a}\overline{b}cde$	01010	
$\overline{a}bcde$	00111	índice 3
$\overline{a}bc\overline{de}$	01101	
$abcde$	11111	índice 4

b) Para facilitar la referencia, a cada término se le asignará el número decimal equivalente.

00000 0

00010 2

01000 8

00101 5

01010 10

00111 7

01101 13

11111 31

c) La reducción o eliminación de variables (igual que en método de Karnaugh) se basa en la siguiente propiedad:

$$a\bar{b} + a*b = a$$

Que nos indica, que una variable puede ser eliminada de dos términos de una función binaria, cuando en uno de ellos aparece en forma directa y en el otro en forma negada. El resto de las

variables de ambos términos no cambian y se puede reducir los dos términos en uno.

d) Deben de compararse todos los términos de cada uno de los grupos con todos los del grupo adyacente de índice superior.

Si al comparar las combinaciones binarias correspondientes a dos términos la diferencia entre ellas es solamente de un dígito, este se sustituirá por un guión y el resto quedara como estaba inicialmente.

Si al comparar dos términos no se produce reducción, diremos que esos términos no son reducibles.

00000 y 00010	000-0
00000 y 01000	0-000
00010 y 00101	no es reducible
00010 y 01010	0-010
01000 y 00101	no es reducible
01000 y 01010	010-0
00101 y 00111	001-1
00101 y 01101	0-101
01010 y 00111	no es reducible
01010 y 01101	no es reducible
00111 y 11111	no es reducible
01101 y 11111	no es reducible

Existen elementos que aparecen como no reducibles con ningún elemento de su índice antecesor pero si con alguno de los inmediato orden superior. Por ello podrán ser simplificados.

El único elemento que no pudo ser reducible fue el número 11111 por lo que se tendrá que mantener y poner tal cual en la función final reducida.

Los resultados de la comparación darán lugar a la tabla de reducción de primer orden.

índice 0	000-0	(0,2)
	0-000	(0,8)
índice 1	0-010	(2,10)
	010-0	(8,10)
índice 2	001-1	(5,7)
	0-101	(5,13)

e) Se efectúa una nueva reducción, denominada en este caso como de segundo orden.

000-0 y 0-010	no reducible
0-000 y 0-010	0-0-0 (0,8) (2,10)

000-0 y 010-0	0-0-0	(0,2) (8,10)
0-000 y 0:0-0		no reducible
0-010 y 001-1		no reducible
010-0 y 001-1		no reducible
0-010 y 0-101		no reducible
010-0 y 0-101		no reducible

La tabla de segundo orden queda:

índice 0	0-0-0	(0,8) (2,10)
	0-0-0	(0,2) (8,10)

Como ningún elemento del índice 2 pudo ser reducible por lo que los números de tal índice (001-1 y 0-101) se mantendrán tal cual en la función final reducida.

El proceso de reducción continuaría, si fuese posible, obteniéndose una nueva tabla de tercer orden, cuarto orden, etc. En este caso ya no es posible

f) Como se puede observar en el índice 0 aparecen dos términos reducidos iguales, se elimina uno de ellos.

índice 0 0-0-0 (0, 8, 2, 10)

g) Para terminar se construye una tabla, en la cual se coloca a la izquierda todas las variables de la función, en el mismo orden que la expresión primitiva.

En la derecha en forma decimal cada uno de los términos de la función .

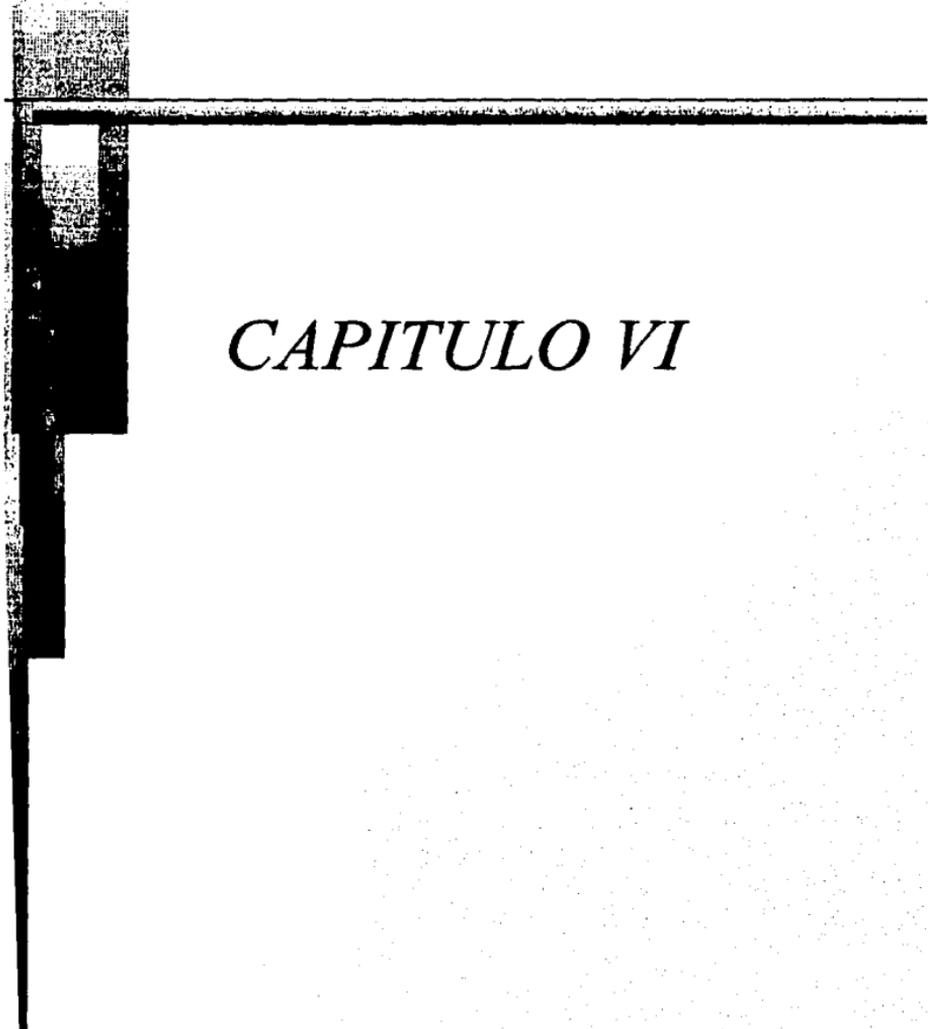
a	b	c	d	e	0	2	5	7	8	10	13	31
0	-	0	-	0	x	x			x	x		
0	0	1	-	1			x	x				
0	-	1	0	1			x				x	
1	1	1	1	1								x

La función resultante la construiremos partir de las combinaciones que aparecen en la columna izquierda de la tabla de arriba

Se observa que todos los elementos de la función primitiva son tocados.

En este ejemplo la función solución será:

$$f = \overline{ace} + \overline{abce} + \overline{acde} + abcd$$



CAPITULO VI

CAPITULO VI

La cibernética médica es, una de las secciones de la cibernética aplicada, cuya problemática radica en hacer uso de las concepciones y progresos de la cibernética para el efecto de profundizar los conocimientos de la medicina, mejorar la calidad de los servicios médicos, y hacer mayor la efectividad del trabajo científico y práctico de los médicos. El ser humano es el principal objeto de aplicación de la cibernética médica.

En el capítulo VI se justifica la actualidad de la aplicación de los métodos cibernéticos en el tratamiento de la información médica y crea el fundamento de un futuro desarrollo de la salud publica a un nuevo nivel, más elevado.

6.1.-EL DIAGNOSTICO MEDICO Y LA CIBERNETICA

El proceso diagnóstico no es otra cosa que el intercambio de información entre el paciente y el médico. En efecto, las quejas del paciente, los resultados de las investigaciones objetivas son información que ha de sujetarse a procesamiento en el cerebro del médico. A su vez, el diagnóstico es información necesaria para elegir la terapia adecuada. Y, finalmente, las indicaciones del médico son información que

instruye las acciones del personal médico que realizara la terapia indicada.

Por lo tanto se puede concluir que el diagnóstico es un proceso cibernético típico, relacionado con la colección, transmisión, almacenamiento y procesamiento de información. Consideremos el sistema cibernético "paciente-médico", el sistema en cuestión es considerablemente complejo, más de lo que a primera vista parece, pues incluye en sí innumerables medios de recolección de información y vías de retroalimentación (efectos terapéuticos).

6.2.-EL SISTEMA CIBERNETICO "PACIENTE-MEDICO"

Si se considera el proceso diagnóstico como un proceso de intercambio de información entre el paciente y el médico y, además, se tiene en cuenta que el diagnóstico formulado se verifica en términos de los efectos terapéuticos (retroalimentación), llegaremos a distinguir una nueva clase de sistema cibernético del tipo "paciente-médico". En forma general, dicho sistema consta de las partes siguientes:

-Una fuente de información y el objeto de los efectos (paciente).

- Medios de recolección de información.
- Médico que realiza el procesamiento y la transformación en efectos terapéuticos.
- Medios para realizar los efectos terapéuticos.

De la fuente de información (paciente) obtenemos una cantidad inmensa de señales que contienen la información relativa al estado del organismo.

No todas las señales presentan igual interés para el médico. Cuanto más se distinga una señal, será más valiosa, y contendrá mayor información.

En términos generales, el proceso diagnóstico solamente será posible en presencia de un volumen definido de información. En cada caso, el sistema debe lograr que el flujo de información sea máximo.

En estas circunstancias, la probabilidad de un diagnóstico acertado se hace máxima.

La recolección de información se realiza a través de diversos instrumentos y artefactos (electrocardiógrafos, aparatos de rayos X), y por el propio médico y personal médico en términos de preguntas al paciente, realización de diversas mediciones (estatura, peso) y observaciones. El sistema de

colección debe ser lo suficientemente dinámico como para asegurar, en el más corto tiempo posible, la obtención de la información en el volumen necesario.

La exactitud del diagnóstico y la rapidez con que se le establezca, es en función directa del volumen de la información que llegue al cerebro del médico

6.3.-RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACION

Los medios de recolección de información forman parte inseparable de todo sistema informativo de diagnóstico. En los últimos años se ha observado un desarrollo en verdad notable de los medios de recolección de información. Se elaboran nuevos métodos de investigación, nuevos captores o sensores, nuevos instrumentos de examen de pacientes y diagnósticos. Tal cosa ha producido un considerable incremento en la información que proviene del paciente y llega al médico. Si consideramos el canal de comunicación "paciente-médico"; se le puede representar como formado por cinco elementos:

- Fuente de información (paciente).
- Aparatos de recolección de información (captoreos o sensores).

- Aparatos para procesar información (unidades).
- Sistemas de representación de datos (aparatos de registro y medios para almacenar información).
- Destinatario de la información (médico).

Por aparatos para procesar información entendemos en el presente caso también los medios para transmitir información (telemetría, televisión, líneas telefónicas).

Por sistemas de representación de datos entendemos tanto la unidad de registro de un electrocardiógrafo o una pantalla de rayos X, como una cinta magnética o la hoja clínica de una enfermedad. La multiplicidad de medios y procedimientos de recolección de información médica es muy grande. Por ejemplo la primera comunicación del médico y el paciente es del tipo manuscrita relativa a las dolencias del segundo. Una segunda puede ser una investigación electrocardiográfica se practica por medio de electrodos colocados en determinados puntos de la superficie del cuerpo del paciente, un amplificador transforma los biopotenciales del corazón en señales eléctricas suficientes para desplazar las plumas registradoras y la información se manifiesta en forma de un oscilograma. El termómetro al registrar la temperatura es simultáneamente un instrumento de recolección, procesamiento y presentación de los datos. En general, no siempre es posible distinguir con

precisión todos los elementos componentes del sistema "paciente-médico".

Es de importancia hacer notar la presencia de un número inmenso de salidas de la fuente de información y de una sola entrada en el destinatario (el médico no puede a la vez leer y escuchar, palpar y escribir, los datos de la historia de la enfermedad).

De manera que se establece una contradicción entre el volumen de la información introducida en el canal de comunicación "pacientemédico" y su capacidad de paso. Además de existir una parte de la información recibida que no es utilizada. La recolección y procesamiento de información superflua e inútil al proceso de diagnóstico debe considerarse como ruido en el canal "paciente-médico". Los ruidos vienen a desmejorar la calidad del diagnóstico y requieren un mayor tiempo de circulación de la información

Existe también el plan de examen clínico que es un elemento pasivo del sistema, y debe corregirse en sus primeros pasos. Es necesaria la organización activa de la búsqueda de información para acelerar substancialmente el proceso diagnóstico y reducir al mínimo la información redundante.

Una forma de eliminar la redundancia de información con base en la técnica moderna, consiste en asegurar la óptima codificación de la información que se le presentará al médico.

Se dispone de una serie de instrumentos que aseguran la eliminación automática de la redundancia y que entregan la información en una forma adecuada a la rápida percepción y valoración de los datos. Entre estos se cuenta al cardiotacómetro que permite el registro de la frecuencia del pulso, los analizadores e integradores de las biocorrientes del cerebro. El termómetro clínico ordinario también es ejemplo de un instrumento que hace accesible al médico solamente aquella información que le es necesaria.

Los aparatos modernos de registro que se encuentran dentro del instrumental de una clínica arrojan, como regla, la información en la forma de oscilogramas que contienen mucha redundancia y que exigen de un tratamiento especial. El registro de esta información hace necesarios sistemas de registro de banda ancha (a saber, que dejen pasar una gama extensa de frecuencias), y el número de canales debe ser igual al número de parámetros por registrar.

La aplicación de los métodos de procesamiento automático de la información capaces de eliminar la redundancia permiten registrar los datos necesarios en la forma de un código simple "señales eléctricas de diferentes amplitudes o duraciones que se suceden a una frecuencia considerablemente menor que las señales de naturaleza primaria". El registro de tal código puede hacerse por medio de aparatos de registro con una banda de frecuencia muy estrecha; así mismo se puede utilizar un sólo canal en el registro de varios parámetros. Los principios básicos de la construcción de un código convencional deben elegirse en correspondencia con el nivel de conocimientos y tareas de investigación. Así por ejemplo, el tratamiento de un encefalograma puede realizarse apoyándose en los siguientes principios:

- Determinar la composición frecuencia-amplitud de las biocorrientes
- Determinar las relaciones de fase entre las derivaciones

El problema de la presentación de la información médica tiene muy significada importancia. Se han publicado muchos trabajos con relación a la estructura de las centrales de control, en los cuales la presentación de la información ocupa uno de los primeros lugares en orden de importancia. Sin embargo, la psicología técnica o industrial cuando enfrenta el

problema "hombre-máquina" lo hace atendiendo a los intereses de los representantes de muchas especialidades, y no sólo la médica. En el caso del médico, la presentación de la información no es de menor importancia que la que presenta el operador de una estación de radiolocalización o radar. En efecto, la habilidad para organizar los flujos de información médica y su presentación efectiva permite elevar la calidad del diagnóstico y la rapidez de su formulación.

En los últimos años se ha dedicado especial atención a la automatización del control médico en la clínica quirúrgica. En el proceso de intervenciones quirúrgicas complicadas sobre órganos de importancia vital, en primer término en el corazón, en vasos principales y en el cerebro, se hace uso amplio de una variedad de aparatos radioelectrónicos de control diagnóstico.

Sin embargo, pese a que las salas de operaciones modernas se encuentran saturadas de dichos aparatos, el cirujano no se encuentra en posición durante el proceso operatorio de percibir, sistematizar y analizar, la gran cantidad de información que le llega para determinar con rapidez el estado de los sistemas fisiológicos de importancia del organismo. Se ha propuesto la construcción de complejos radioelectrónicos de registro y de control de información, para el análisis automático de las desviaciones de las funciones fisiológicas, su valoración y la

presentación de información generalizada. Un punto importante en la construcción de unidades semejantes es el de la presentación visual de los datos. En el quirófano se instala una pantalla especial de información. Los parámetros que varían lentamente (frecuencia del pulso, temperatura del cuerpo y otros) se anuncian con números luminosos, en tanto que los procesos que varían rápidamente aparecen en los osciloscopios respectivos. También tenemos la presentación de señales visuales que indican que un parámetro ha salido de los límites de las normas establecidas, definidas en la central de control con anterioridad a la operación.

Todos los datos son introducidos posteriormente en computadoras digitales de manera que permitan la reproducción a voluntad de todo el cuadro de una operación

El procesamiento de datos en máquinas computadoras digitales solamente puede ser efectivo cuando se disponga de algoritmos y programas estándar que sean de uso común. La programación de la recolección de información médica permitirá, así mismo, organizar la observación de los pacientes y automatizar en gran escala este último proceso.

Un programa de investigaciones médicas registra una lista determinada de parámetros en la que se indica la sucesión y la naturaleza de las pruebas funcionales. Se pueden distinguir dos tipos de programas: de medicina general y de especialidades médicas.

El programa de medicina general imita el punto de vista diagnóstico del médico terapeuta que recibe al paciente. Su labor radica en prestar primeros auxilios, determinar la necesidad de observación especializada y formular el diagnóstico probable. De manera que el programa de medicina general debe incluir una lista de investigaciones lo bastante amplia como para obtener información respecto al funcionamiento de todos los sistemas básicos del organismo. La recolección programada de información no solamente implica los métodos instrumentales y el registro de los oscilogramas correspondientes, sino también los datos obtenidos por el paciente y las investigaciones del médico. En calidad de ejemplo sobre diagnóstico automático fundado tan sólo en los datos sobre las quejas del paciente (N. Brodman). En este caso se usó un cuestionario de 195 puntos, a cada uno de los cuales se requería dar una respuesta en la forma de un "sí" o un "no". La existencia del cuestionario estandariza la observación y permite elaborar un algoritmo de diagnóstico común. El modelar el proceso de la formulación de un diagnóstico en una máquina

digital, con posterioridad al necesario "aprendizaje", ha permitido obtener resultados muy interesantes.

Así, el análisis que un médico experimentado y una máquina han realizado simultáneamente de los datos provenientes de los cuestionarios de 350 pacientes, mostró que el número de diagnósticos correctos y el de los incorrectos fue aproximadamente igual en el caso de la maquina que en el del médico. El cuestionario al que se sometió el paciente no es de hecho otra cosa que un recolector programado de información.

Los programas de especialidades médicas difieren de los de medicina general en que imitan las operaciones diagnósticas realizadas por un médico especialista: neuropatólogo, endocrinólogo, oftalmólogo y otros.

La cibernética descubre nuevos caminos para mejorar los procesos de recolección de la información médica. La recolección automatizada y programada de información, la elaboración de los procedimientos para representar en la forma más expresiva los datos necesarios, y rescatar el tiempo que el médico emplea en la recolección de información.

6.4.-ANÁLISIS DE LA INFORMACION

El análisis de la información médica consiste en confrontar los índices del estado fisiológico con los datos que son característicos de la norma. De manera que el resultado del análisis comparado realizado por el médico, depende la exactitud y propiedad de las mediciones, así como de la corrección de los datos que se hayan elegido como norma. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el concepto de norma es dinámico. En el caso de un humano en reposo un número de 100 pulsaciones por minuto esta fuera de la norma. Si tal cifra se obtiene en el primer minuto con posterioridad de un esfuerzo físico, no es indicio de peligro. Por ello en el cerebro del médico han de reunirse en las circunstancias del caso, precisamente todas aquellas constantes que en mayor grado correspondan a la situación presente, para un análisis correcto de los datos y, por consiguiente, un diagnóstico eficaz.

La automatización de esta etapa del análisis es factible y aun deseable, pues la memoria de una máquina es más "digna de confianza" que la del ser humano y además, la velocidad de la máquina asegura un análisis comparado de la mayor eficacia, lo que permite elegir las constantes más apropiadas al caso y calcular rápidamente sus semejanzas y desemejanzas. Si en lo fundamental nos atenemos al uso, para los efectos de la

comparación , de una lógica de dos valores, a saber, si al problema de la semejanza de un índice y una constante responderemos con un "si" o un "no", el análisis por máquina permite la aplicación de los métodos más exactos.

Es de hacer notar que el análisis a base de tirar dos curvas (la preestablecida y la actual) se ha empleado en el procesamiento automático de un electrocardiograma. en este caso, el electrocardiograma del paciente (en forma digital o numérica) se compara con una colección de curvas normales y patológicas alojadas en la memoria de la máquina.

Como resultado del análisis comparado, los datos de mayor significación para el subsiguiente diagnóstico se separan del flujo general de información. Se aminora muy considerablemente el volumen de datos (se elimina la redundancia). En la práctica médica, sin embargo, la presencia de la norma en ocasiones resulta de tanta importancia como la patología puesta al descubierto. Por esta razón, el resultado de la comparación de los datos actuales con las constantes debe tenerse en cuenta en todos los casos . Un ejemplo de un instrumento simple que tiene por principio de operación el análisis comparado de la información actual, lo es el "Ritm-1". El instrumento en cuestión compara cada intervalo RR del electrocardiograma con el intervalo "normal convencional" que se calcula como el valor

medio en el curso de los 5-6 minutos previos. Si el intervalo actual se desvía de la norma en más de un 20%, se forma la señal K o D en función de si el intervalo en cuestión es más breve o mayor que la norma. En caso contrario, se forma la señal H (norma).

A base de las señales de las letras se forman palabras y cada una de éstas consta de tres letras. De manera que el instrumento realice una valoración de la información.

Las unidades automáticas de análisis comparado tienen por peculiaridad característica la de tener una "memoria". Por lo regular son memorias de larga duración en las que sean inscrito las diversas variantes de las constantes junto con el programa de su conmutación, se trata de una memoria operativa, tal como sucede en la unidad "Ritm-1", En la que se modifican las constantes de acuerdo con el estado actual del paciente.

Sin que importe el grado que llegue a alcanzar la automatización, el médico no se librará de la responsabilidad de elegir los criterios básicos necesario al análisis comparado, ni de la construcción del algoritmo apropiado.

6.5.-VALORACION DE LA INFORMACION

La etapa final del proceso diagnóstico consiste en la valoración de los datos recabados y analizados. La diagnosis es el resultado de tal valoración. La formulación de la diagnosis lleva aparejada una serie de procedimientos en la que participan:

a) los datos del paciente, librados de redundancia y presentados en una forma apropiada a la subsiguiente valoración lógica.

b) Las informaciones sobre las enfermedades más frecuentes, síntomas inequívocos que determinan de manera única la enfermedad.

c) Las leyes de la lógica médica desarrolladas como resultado del estudio de la experiencia médica y de la práctica individual.

Se pone de manifiesto las regularidades del proceso de formulación de la diagnosis como acto psicoanalítico. Desde el punto de vista de la cibernética se puede contemplar este proceso como un acto realizado por una "caja negra", debemos denotar los datos aportados del paciente y los conocimientos

del médico como "entradas" , en tanto que la diagnosis viene a ser la "salida" de la "caja negra".

De manera que el problema de la automatización del proceso diagnóstico puede reducirse a la construcción de un modelo de "caja negra". En este sentido, el problema fundamental consiste en la construcción de algoritmos que posean la efectividad necesaria.

6.6.-ALGORITMOS DE DIAGNOSTICO

Se llaman algoritmos de diagnóstico a un conjunto de reglas (o restricciones) que determinan el orden en que ha de procesarse la información médica (biológica) para resolver los problemas de la formulación del diagnóstico. El algoritmo de diagnóstico es combinación de algoritmos. Donde las operaciones lógicas desempeñan un papel fundamental.

Como es sabido, existen enfermedades que pueden diagnosticarse con relativa facilidad en términos de una colección simple de síntomas.

En la tabla siguiente se muestran los síntomas característicos de cuatro enfermedades.

Infarto del miocardio	shock	peritonitis perforante	insuficiencia circulatoria
Dolor en la region del corazon	Palidez	Dolor en el vientre	Debilidad
Nausea	Disminución de temperatura	Dolor en el abdomen	Disminución de respiración
Elevación de temperatura	Pulso débil	Elevación del vientre	Disminución de pulso
Disminución de Leucocitos	Descenso de presión arterial	Elevación de temperatura	Dolores en el pecho
Alteración del ritmo cardiaco	Respiración frecuente	Disminución del pulso	Dilatación del corazón
Elevación de presión arterial	Depresión de reflejos	Presión arterial baja	Tonos del corazón apagados
Atenuación de tonos de corazón	Disminución de hemoglobina	Palidez	Elevación de presión arterial
	Inhibición	Inhibición	Palidez

Aun para personas carente de instrucción médica no presenta dificultad la interpretación de estas tablas, pues los síntomas de las enfermedades es tan diferente que al parecer el diagnóstico diferencial es obvio. Supongamos para nuestras consideraciones tales enfermedades y elaboramos un método de automatización de diagnóstico, de la tabla anterior transformaremos algunos elementos en la siguientes tablas con las consideraciones de que la posición "1" corresponde a la presencia de un síntoma y la posición "0" la ausencia de un síntoma.

TABLA 1 ENFERMEDAD	DOLOR EN:			Presión baja
	Corazón	Vientre	Abdomen	
Insuficiencia Circulatoria	1	0	0	1
Peritonitis Perforante	0	1	1	1
Infarto	1	0	0	0
Shock	0	0	0	1

TABLA 2	AUMENTO DE:			
ENFERMEDAD	Temperatura	Presión	Vientre	Corazón
Insuficiencia Circulatoria	0	0	0	1
Peritonitis Perforante	1	0	1	0
Infarto	1	1	0	0
Shock	0	0	0	0

TABLA 3	SINTOMAS:			Alteración Cardíaca
ENFERMEDAD	Palidez	Inhibición	Debilidad	
Insuficiencia Circulatoria	1	1	0	0
Peritonitis Perforante	1	0	1	0
Infarto	0	0	0	1
Shock	1	0	1	0

Se observa que se le puede asignar un número (o clave) binario a cada enfermedad de acuerdo con sus síntomas con esto podríamos determinar que enfermedad sufre un paciente con la información de síntoma "1" y la de no síntoma "0".

Existen claves asignadas a una enfermedad en una tabla, que se repiten pero asignadas a otra enfermedad en otra tabla por

eso se debe tener cuidado en el orden en que se mete la información y que esta sea la adecuada para no confundir diagnósticos.

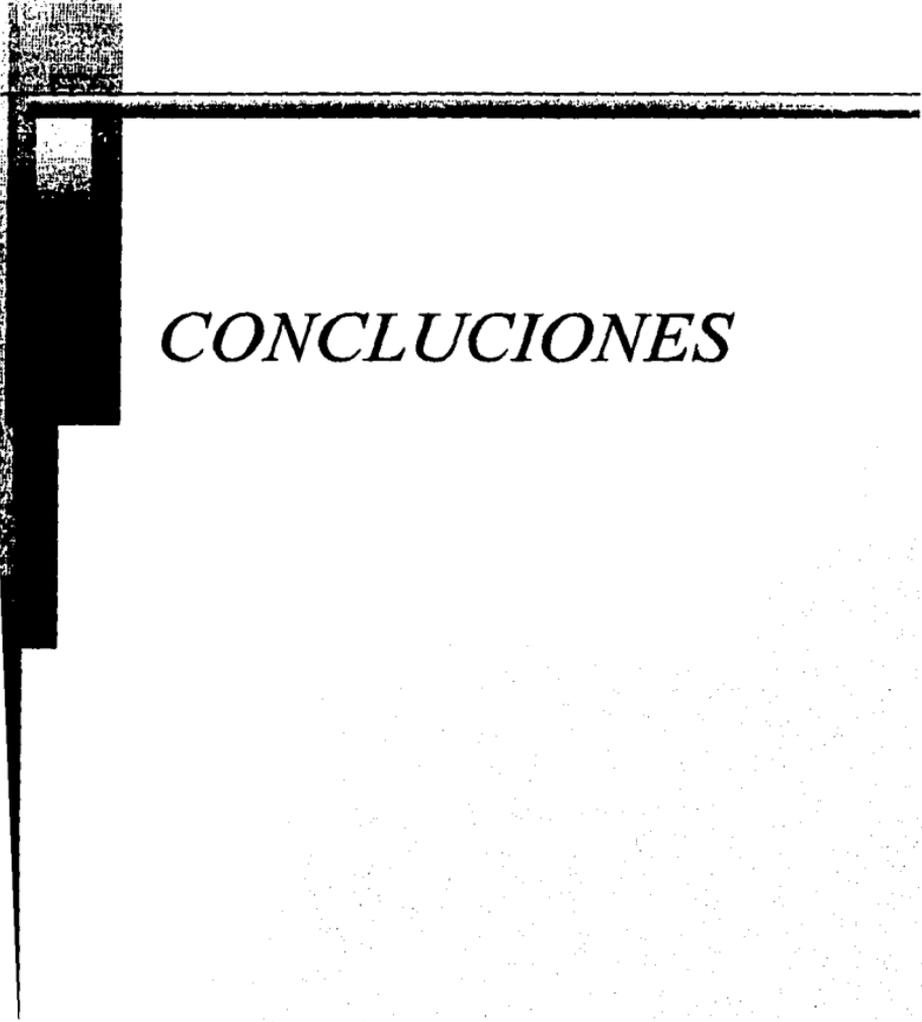
Pero también existen claves que se repiten en una misma como la clave 1010 (tabla 3) para la peritonitis perforante y para el shock. En estos casos es donde se utiliza la lógica determinista la cual permite eliminar todas las enfermedades incompatibles con un cierto síndrome, facilitando así elegir de entre las restantes aquella que es más probable. Tal proceder permite determinar el diagnóstico por medio de el número de coincidencias de los signos conocidos, apoyándose en las claves obtenidas de las demás tablas.

Para entender la lógica determinista realicemos un ejemplo: Se encuentra un paciente con los siguientes síntomas: palidez, debilidad, aumento de temperatura y vientre, con dolor en este último.

Si observamos la tabla 1 ninguna de las enfermedades cumple con toda la información, en la tabla 2 la enfermedad que cumple con los síntomas es la de Peritonitis perforante y por último en la tabla 3 existen 2 enfermedades que cumplen con los síntomas y son la Peritonitis perforante y el shock. En este caso utilizando la lógica determinística el diagnóstico sería de Peritonitis perforante. Aunque no cumplió con todos los síntomas esta fue la enfermedad más factible.

Sin lugar a dudas un médico experimentado ante 12 síntomas y 4 enfermedades puede averiguárselas sin ayuda de una máquina. Pero cuando el número de signos sea muy elevado y las enfermedades posibles se encuentren en un número considerable, la ayuda de un sistema automático, aunque trabaje en términos de la más simple de las lógicas deterministas, sería muy deseable. Tal unidad sería particularmente útil en los puestos de primeros auxilios, en las salas de recepción de los hospitales grandes, en las policlinicas.

No hay lugar a duda de que los autómatas simples de diagnóstico son de interés para las secciones de tratamiento que tienen privados con pacientes graves, para los cirujanos (control en el curso de una operación), para los fisiólogos que realizan un experimento o una investigación en la que peligre la vida.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

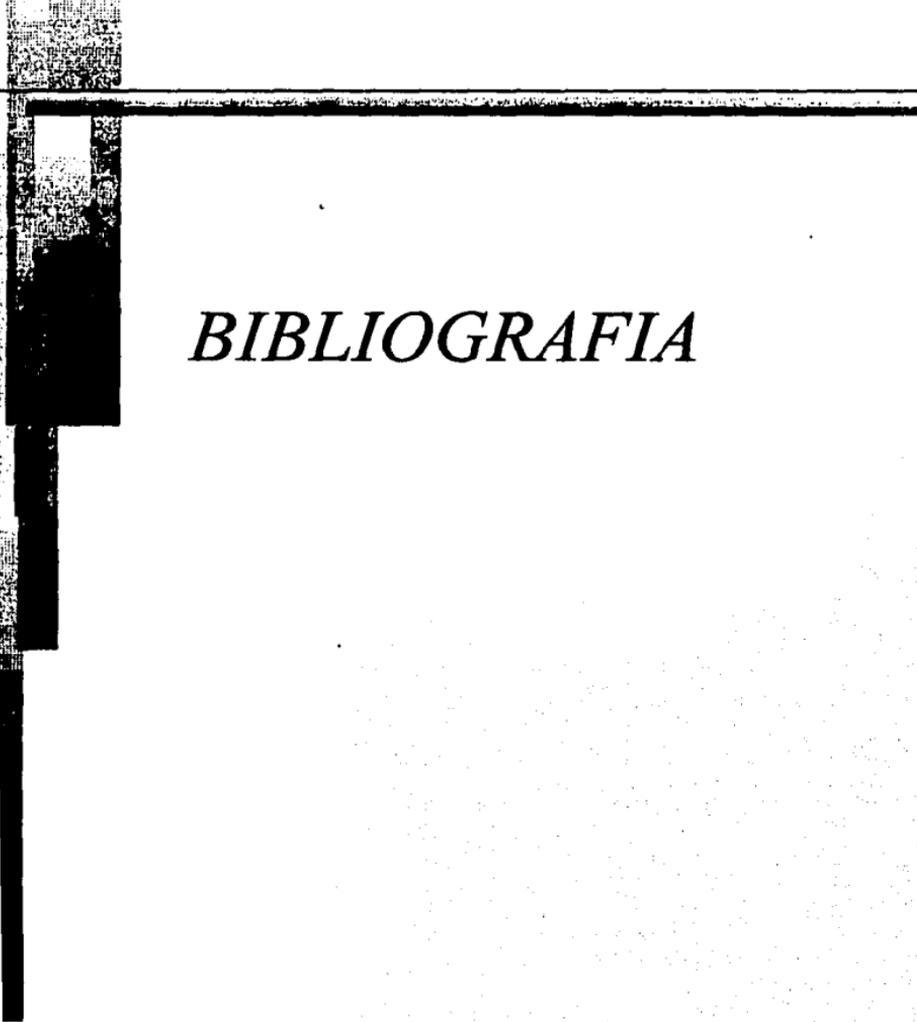
Nuestro siglo se puede llamar el siglo de la cibernética. Hoy ya no se puede pensar en la ciencia, la técnica, ni la industria sin computadoras electrónicas, sin autómatas, sin nuevos métodos que brinda al hombre la ciencia sobre la dirección.

El número de máquinas electrónicas crece día a día. Son, realmente, instrumentos insustituibles del hombre en el trabajo intelectual. Con su ayuda conocemos la naturaleza y la dominamos. En cada nueva máquina, ayudante del hombre, se encierra la idea del científico, el talento del ingeniero, la habilidad del obrero. Ayer, las máquinas "inteligentes" eran mágicas creaciones de los hombres, hoy, ya son tareas cotidianas. A dondequiera que vayamos, a una fábrica, a un instituto, a una oficina, siempre se encontrará con la máquina que ayuda al hombre en el trabajo, que no exige esfuerzos físicos, sino mentales. Las máquinas dirigen las fábricas automáticas, regulan el tráfico, realizan operaciones matemáticas, diagnostican, planifican, enseñan, registran, calculan.

Nosotros, como ingenieros, de un país en vías de desarrollo, tenemos por delante la tarea, no solo de entender y dominar dicha técnica compleja, si no, también, crear y construir nuevos dispositivos electrónicos aún más perfectos, que

faciliten las cotidianas actividades; economicas , fabriles, médicas, biológicas, físicas, matemáticas, etc.

se pretende con este modesto estudio, despertar el interes de los ingenieros y profecionales de otras áreas, para que juntos investiguemos y desarrollemos la base científica y tecnológica de la "Cibernetica", base que México necesita para alcanzar el desarrollo en un futuro próximo.



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- LA CIBERNETICA
AUTOR WLADYSLAW SLUCKIN
EDIT. NUEVA VISION

- 2.- TEORIA DE LA INFORMACION LENGUAJE Y CIBERNETICA
AUTOR JAGJIT SINGH
EDIT ALIANZA EDITORIAL

- 3.- FILOSOFIA Y CIBERNETICA
AUTOR FREDERICK J.
EDIT. F.C.E.

- 4.- TEORIA DE LA INFORMACION Y CODIFICACION
AUTOR NORMAN ABRAMSON
EDIT. PARANINFO

- 5.- EL ABC DE LA CIBERNETICA
AUTOR V. KASATKIN
EDIT. PARANINFO

- 6.- SISTEMAS DIGITALES (PRINCIPIOS Y APLICACIONES)
AUTOR RONALD J. TOCCI
EDIT. PRENTICE HALL

- 7.- MATEMATICAS PARA COMPUTACION
AUTOR SYMOUR LIPSCHUTZ
EDIT COLECCION SCHAUM

- 8.- ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS
AUTOR. MORRIS MANO
EDIT. PRENTICE HALL

- 9.- CIRCUITOS DE COMPUTACION PARA INGENIEROS
AUTOR MITCHELL P. MARCUS
EDIT. DIANA

- 10.- TEORIA DE LA CONMUTACION Y EL DISEÑO LOGICO
AUTOR FREDERICK J. HILL

EDIT. LIMUSA

11.- PRINCIPIOS DIGITALES

AUTOR ROGER L. TOKHEIM

EDIT. MCGRAW HILL SERIE SCHAUM

12.- PEQUEÑA ENCICLOPEDIA DE LA GRAN CIBERNETICA

AUTOR V. PEKELIS

EDIT MIR