

METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

Fecha	Duración	Tema	Profesor
		INTRODUCCION A LA NORMALIZACION. DESARROLLO HISTORICO DE LA NORMALIZACION.	Ing. Guillermo Hernández Angel
1° de Oct.	1:30 Hs.	Breve historia de la normalización. La normalización en el desarrollo industrial. Normalización y Agricultura. Normalización y Comercio. Normalización y Transporte. El papel del organismo nacional de normalización en la economía de un país en vías de desarrollo. La normalización en México.	
		NORMALIZACION BASICA	Ing. Manuel Marín González
1° y 3 Oct.	4:30 "	Concepto de desarrollo. La investigación científica y tecnológica. Concepto de dependencia. La investigación paramétrica. La metrología. Concepto de medida, teorías de la medida. Concepto de normalización. Especificación y norma, diseño de experimentos, ensayos y mediciones, cálculo de observaciones, distribución y dispersión, especificación y norma. La normalización, resultado riguroso de la investigación. La normalización como mecanismo de transferencia de los resultados de la ciencia y la tecnología a la actividad productiva. Areas de la normalización básica: investigación paramétrica, metrología y estadística de la normalización. Necesidad de capacitación metrológica en la investigación entre sí, tanto como entre éstas y la actividad productiva a lograr el desarrollo de ésta.	
8. y 10 Oct.	6 "	METROLOGIA	Ing. Manuel Marín González
		Concepto de medida Teoría de la medición, unidad de medida, prueba y ensayo, normalización de los resultados. Teoría de los errores. Teoría de la calibración, precisión y exactitud. Unidades fundamentales, definición, captura de prototipos, patrones primarios, secundarios, industriales, comerciales. Metrología científica, tecnológica e industrial. Metrología legal. Identificación y consolidación de las unidades metrológicas. Armonización de las unidades metrológicas. Armonización absoluta. Infraestructura científica y tecnológica de la metrología.	

Fecha	Duración	Tema	Profesor
15 de Oct.	3 Hs.	SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA Breve historia de los sistemas de pesar y medir. El sistema métrico. Otros sistemas. Las conferencias generales de unidades de medida. La metrificación en el mundo. El sistema internacional. Unidades fundamentales. Unidades derivadas. El sistema general de unidades de medida. Legislación nacional.	Ing. Raúl Vargas Cid del Pra
17 " "	3 "	CALIBRACION Y NORMALIZACION DE EQUIPO Características de los equipos e interpretación. Curvas de trabajo, graduación. Análisis estadístico de las medidas. Expresión de incertidumbres.	ING. ERNESTO HERRERA MEDINA ING. MANUEL SANCHEZ RUBIO
22 " "	3 "	TEORIA DE LA MEDICION Concepto abstracto de la medición. Integración. Sistemas lineales y no lineales. Galgas y comparadores. Análisis dimensional.	Dr. Rubén Mares Gallardo
24 " "	3 "	INVESTIGACION PARAMETRICA Concepto de calidad, conjunto de cualidades o características que definen el qué de las cosas. Condición multidisciplinaria de la investigación paramétrica: características mecánicas, físicas, eléctricas, químicas, de los materiales. Clasificación de las ciencias, su concurrencia en la definición de la calidad o normalización. Resultados rigurosos de la investigación especificaciones. La normalización única posibilidad de transferencia de los resultados de la investigación. El control de calidad como mecanismo de vinculación: identificación de los niveles de calidad; identificación de las deficiencias de calidad, orientación de la investigación para superar los niveles de calidad. Participación de la investigación en el desarrollo. Necesidad de su capacitación metrológica y de su participación conjunta y vinculación con la problemática del desarrollo. Necesidad de capacitación metrológica / estadística. Necesidad del comité que coordina la participación multidisciplinaria.	Dr. Santiago Cendejas Huerta

24 y 29  
de Oct. 4:30 Hs.

TECNOLOGIA DE LA MEDICION (INSTRUMENTACION)

- 1) Tipos de instrumentos transductores o elementos primarios de medición.
- 2) Laboratorios de normalización. Primarios y secundarios.
- 3) Instrumentos industriales de medición.

- 1) Ing. Mario Sesma Martínez
- 2) Ing. Ernesto Herrera Medina
- 3) Ing. Manuel Sanchez Rubio

31 de Oct. 3 Hs.

NORMALIZACION INDUSTRIAL

Ing. Raúl Vargas Cid del Prado

Conceptos básicos. Definiciones. Espacio de la normalización. Principios generales. Números normales. Normalización empresarial. Definiciones. Funciones. La política de normalización. Implantación de un servicio de normalización en una empresa. Normalización nacional. Organismos nacionales de normalización. Organización de la normalización en México. La Dirección General de Normas. Los Comités Consultivos de Normalización. Ley General de Normas y de Pesas y Medidas. los diferentes tipos de normas. Normas de Producto. Normas de métodos de prueba. Normas de Nomenclatura. Otras normas. El muestreo de aceptación. Fundamento del muestreo de aceptación. Conceptos básicos. Tablas de muestreo. Aplicación en las normas de productos. El sello oficial de garantía. Certificación de calidades. Normalización internacional. La comisión panamericana de normas técnicas (COPANT). La organización internacional de normalización (ISO). La comisión electrotécnica internacional (CEI). La comisión del Codex Alimentarius.

5 de Nov. 3 "

LA NORMALIZACION COMO FACTOR DE DESARROLLO

Ing. Manuel Marín, González

La normalización a nivel de empresa; investigación industrial, diseño, especificaciones y normas. El control de calidad. Ingeniería y transferencia de tecnología. Abordamiento integrado de la normalización. Concepto de Servomecanismo. La normalización como mecanismo de transferencia por el que la ciencia y la tecnología impulsan al desarrollo de la producción.

7 de Nov. 3 "

LA NORMALIZACION Y SUS IMPLICACIONES ECONOMICAS

Ing. Guillermo Fernández de Garza.

Ventajas de la normalización. Para la producción. Para el consumo. Para la economía nacional. Normalización y economía. El papel de la normalización en la transferencia de tecnología. Las normas y la promoción de las exportaciones.





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam

METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

NORMALIZACION BASICA

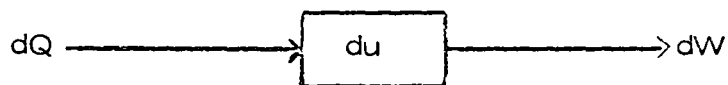
ING. MANUEL MARIN GONZALEZ

El desarrollo contemporáneo es tan espectacular y su relación con los avances científicos y tecnológicos tan evidente que la concomitancia entre ambos, desarrollo y avance, se antoja natural o automática, primero y, enseguida, hasta que se tratara de una relación de dependencia igualmente natural o automática: el desarrollo depende de los avances científicos y tecnológicos; en consecuencia, basta procurar, promover éstos para que el desarrollo se logre con entera seguridad. Es un dogma. Hasta relevantes líderes de la ciencia y la tecnología o del desarrollo incurrren en él: promover la ciencia y la tecnología que el desarrollo vendrá por añadidura. Su razonamiento: si en EU, la URSS, Europa Occidental, el Japón, etc., hay tantos más cuantos científicos y técnicos en relación al Producto Nacional, en México con tal o cual Producto Nacional debiera haber tantos más cuantos científicos y técnicos. El resultado, ya lo sabemos, la "fuga de talentos", esta si concomitante, quienes no se van del país de todas maneras se extravían, la ociosidad los hace "rebeldes sin causa", amén de otros resultados, aún más graves, como la frustración, el desaliento: nunca tendremos los recursos suficientes, estamos condenados a ser subdesarrollados. Este es el "desafío americano", según Servan-Schreiver, incluso, el "gran viraje del socialismo", según Roger Garandy, aunque ya en este último la concomitancia la pone en una segunda derivada: a mayor desarrollo tanto más este depende de los avances en ciencia y tecnología. Es bien sabido, sin embargo, que el verdadero desafío, la formulación, no dogmática, sino verdaderamente científica, y no de la concomitancia, sino de la dependencia rigurosa, corresponde a Von Neumann. El

desarrollo de la economía, como el de cualquier otro juego, es un asunto racional, lógico, susceptible de formulación matemática. A mayor avance tanto más complicada es la jugada siguiente; tanto más necesaria es su optimización, si bien la optimización misma también es tanto más complicada, difícil, matemática. Esta es tanto la teoría de juegos cuanto el comportamiento del desarrollo económico, si bien el inicio de disciplinas más generales, aunque también más específicas, como la cibernética, la ingeniería de sistemas, la normalización básica, la metrología. Un abordamiento de estas últimas requiere cierta precisión de algunos conceptos, entre otros, principalmente los de desarrollo, dependencia, investigación paramétrica, métrica y normalización. Es lo que hacemos en primer lugar.

1. Concepto de Desarrollo.— La razón no concibe un desarrollo absoluto. Ello implicaría principio y fin igualmente absolutos. Más bien concibe la conservación. La ciencia toda se fundamenta en el principio de la conservación. No concebimos ni la creación ni la destrucción; sí, la transformación, el proceso de desarrollo de una transformación. La ciencia formula la hipótesis de lo que las cosas son y del proceso del desarrollo de sus transformaciones. Se trata de los principios fundamentales de la física. El primero que introduce de manera axiomática los conceptos de sistema físico y de energía: todo sistema físico se define por una característica fundamental o parámetro de estado, su energía; esta se incrementa con la energía que el sistema toma del exterior,  $dQ$ , y se disminuye por el trabajo,  $dW$ , que el propio sistema efectúa sobre el medio. En otros términos, el parámetros fundamental de un sistema físico es la energía, la

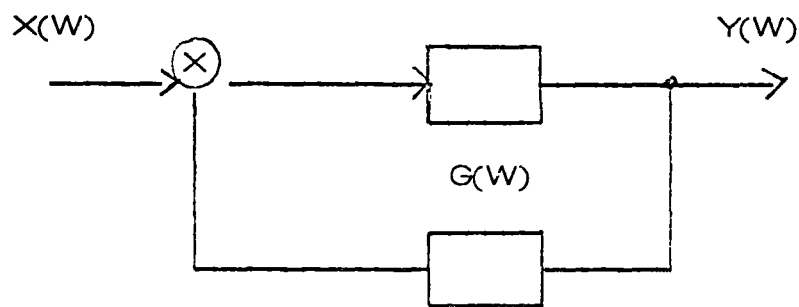
actividad, el trabajo. Si en un proceso determinado no toda la energía puesta en juego se transforma en trabajo, la diferencia no es energía perdida, es incremento de la energía interna, paramétrica del sistema. El incremento de energía del sistema es así la diferencia:  $du = dQ - dW$ . El primer principio define así el sistema físico como un objeto cualquiera en equilibrio, si bien en interacción dialéctica con su medio:



Nada nos dice del proceso de la interacción, solo del equilibrio, de la conservación: ni se destruye ni se crea energía. El segundo principio introduce el concepto de la transformabilidad, de la entropía. El desarrollo de todo proceso de transformación se consigue por la acumulación de los estados sucesivos de equilibrio,  $S_2 - S_1 = \Delta s = \int^2 \frac{dQ}{T}$ . La transformabilidad de un proceso radica en la posibilidad de que la energía adicional sea incorporada a la intensidad del sistema, a su propia energía interna, su parámetros de estado, con lo que el sistema incrementa su actividad, a partir de lo cual el propio sistema efectuará el trabajo concreto. Obviamente el segundo principio no es sino la integración de la ecuación diferencial que expresa al primero, siendo T, en general, el factor de integración. El paso de un estado a otro se consigue por la acumulación de los estados sucesivos de equilibrio intermedios. Eso es el desarrollo tal como lo define el segundo principio, si bien para este solo interesan los estados inicial y final,  $S_1$  y  $S_2$ , independientemente de la trayectoria. Un tercer principio define la trayectoria. Este principio lo introduce la moderna ingeniería de sistemas. Es el principio del servomecanismo, me



canismo que efectua la función de transferencia, que vigila el desarrollo del proceso siguiendo, ahora si, una trayectoria definida, vale decir, que define de manera rigurosa el concepto de dependencia. Por más aleatorio o estocástico que fuera el estímulo  $X(W)$  del sistema, por medio del servomecanismo la respuestas  $Y(W)$ , se ha de conformar a él:  $Y(W) = \mathcal{G}(W) X(W)$ , si bien ahora el sistema se configura:



la marcha del sistema seguirá fielmente el mandato de la norma, del estímulo normalizado. Solo ahora entendemos cabalmente los conceptos de desarrollo y de dependencia. Y también el significado del enunciado inicial: el desarrollo depende de los avances en ciencia y tecnología.

2. El Proceso de la Producción.— La producción es el proceso de transformación de los recursos en el sentido de las necesidades, proceso que ocurre a expensas de la energía liberada en el proceso, que éste absorbe y que se cuantifica en la confrontación del cambio; tal energía es el valor, la cantidad de trabajo social puesta en juego en el proceso, este es, si de una parte su liberación ocurre simultáneamente al proceso de transformación,  $\frac{dV}{dt} = A \frac{dq}{dt} = Ay$ , de otra, su medición ocurre en la confrontación del cambio, de manera que los productos adquieren valor no solo en la medida de la transformación, sino igualmente en la medida en la que alcanzan las exigencias de la necesidad. Por ello pueden cambiarse entre si los pro

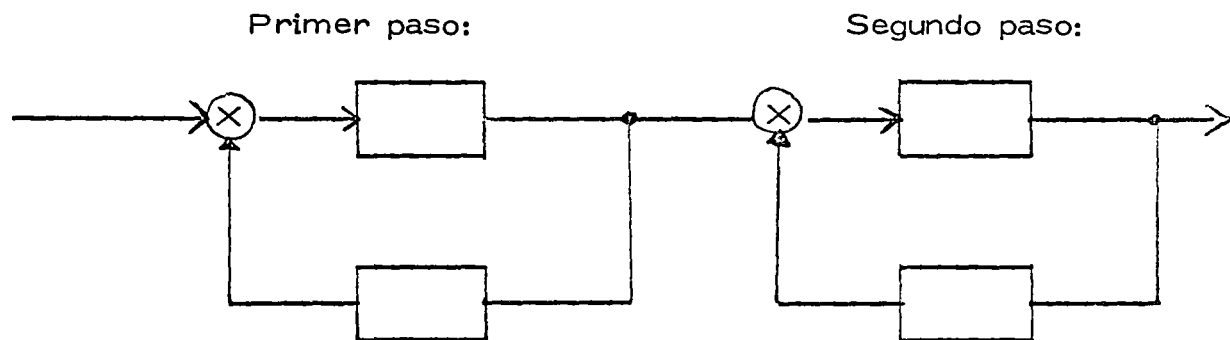
ductos en el mercado, porque representan cantidades equivalentes de trabajo social. El valor agregado, generado o liberado en el proceso no se gasta totalmente en resarcir el desgaste de la fuerza productiva, si bien la diferencia no es energía perdida, es energía que el sistema absorbe, incremento de su energía interna, el capital. Se trata claramente del mismo principio conservativo, todo sistema productivo se define por una característica fundamental o parámetro de estado, su capital, mismo que se incrementa con el valor agregado,  $dV$ , en el proceso de la producción y se disminuye por el consumido por la fuerza productiva,  $dT$ , esto es  $dC = dV - dT$ . El análisis de esta expresión nos permite transformarla en  $Ay = Ry^2 = By^1$ , o bien  $y + \frac{B}{R} y^1 = \frac{A}{R}$ , ecuación diferencial cuya integración nos da

$$y = \frac{A/R}{1 + \frac{AC}{R} e^{-\frac{R}{B}t}}$$

expresión que resume los tres principios mencionados, no solo la formulación diferencial, del principio conservativo y la integración correspondiente al segundo,  $Y_2 - Y_1 = \Delta Y = \int \frac{2dY}{F}$ , sino también la vigilancia de la trayectoria del proceso, el principio de la dependencia,  $R$  y  $B$  la precisan, el principio en virtud del cual el desarrollo del proceso ocurrirá en dependencia directa de la norma, por ejemplo el desarrollo en dependencia directa de los avances en la ciencia y la tecnología. ¿Cómo ocurre esto?.

3. La Normalización Básica..- La normalización básica es el servomecanismo que permite que el desarrollo se logre en dependencia directa de los

avances de la ciencia y la tecnología. Ello lo consigue en dos pasos primero, haciendo que la ciencia y la tecnología lleguen a resultados rigurosos, normas y especificaciones y, segundo, efectuando la función de transferencia de tales resultados a la actividad productiva. Lo primero es la introducción del metro a la investigación, esto es, hacer paramétrica la investigación y efectuar la métrica correspondiente; lo segundo, efectuar el control:



Introducción del Metro a la investigación

Transferencia de los resultados rigurosos, las normas, a la actividad productiva.

Esto es en apariencia tan elemental tiene, en realidad, una gran trascendencia. Cambia de hecho, de manera radical, la habitual concepción de la relación entre la ciencia y la tecnología, de una parte, y la actividad productiva, de otra; entre la teoría y la práctica. La teoría, en sus diferentes niveles, no es sino servomecanismo de la práctica. Esta es primero que aquella y no al revés, como dogmáticamente nos hemos acostumbrado a considerar. El conocimiento se realiza en una serie de niveles a partir de uno fundamental, básico, la actividad productiva, el trabajo, la naturaleza, el hacer de la práctica en la que nos hallamos incluidos. A par-

tir de este surge un primer nivel del conocimiento, el saber hacer de la técnica, del saber práctico, de la ciencia experimental. Enseguida somos impulsados a formular explicaciones, a ofrecer modelos de explicación - que permitan definiciones, control y desarrollo del simple saber práctico. Y ¿qué son esos modelos?, ¿realidad objetiva o hipótesis utilizables?, — ¿qué significa el ser de las cosas? Realidad objetiva o hipótesis utilizable de cualquier manera, potencia, mayor potencia. Es el significado de la vieja sentencia, saber es poder. El saber aumenta nuestra potencialidad, precisamente, el significado del primer enunciado, la ciencia impulsa el desarrollo, pero solo, y solo cuando el conocimiento es servomecanismo de la práctica. La práctica, la técnica, la ciencia, la metaciencia, — cada nivel superior regula al inferior, lo normaliza: define, controla y desarrolla. De Sto. Tomás a Marx, de Poincaré a Kleene, o de Maritain a Althusser, las más profundas teorías del conocimiento reconocen esto, si bien nosotros de hecho lo desconocemos. La ciencia y la tecnología impulsan el desarrollo solo, y solo cuando, son su servomecanismo. En todos los casos, en todos los niveles, investigación, medición y norma, esto es, en todos los niveles la investigación ha de ser paramétrica, para decir - que el ente (caliente, moviente, corriente, etc.) es tal o cual cosa, hemos de asignar parámetros de esa cualidad y enseguida medirlos y normalizarlos. Hecha norma el conocimiento nos permite enseguida definir, y con ellos controlar y desarrollar.

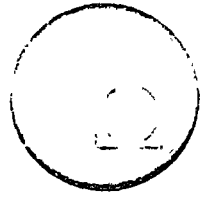
4. Investigación y Desarrollo.— Se requiere el metro, tanto como el parámetro, para decir lo que las cosas son, definir las, controlarlas y desa-

rollarlas. Desde Parménides se conoce esta fórmula, si bien no la hemos comprendido verdaderamente. Es el principio del conocimiento en todos sus niveles, y es también el principio del desarrollo, el principio de la investigación para el desarrollo. Y la clave de nuestra comprensión esta precisamente en el olvido del metro. "A menos que midamos, los conceptos quedarían imprecisos", dice Franck, y agrega "esto es lo que hace tan poderosa a la Física". Se requiere, pues, tanto el metro, como el parámetro, metro que se inicia desde la orientación de la investigación en ese sentido. En realidad ese es el verdadero significado de la fórmula de Parménides a Franck. Investigación no paramétrica no es verdadera investigación, es decir, no conduce a verdadero conocimiento, - más aún, no es poderosa, el poder del saber ("saber es poder") está en el metro. La experiencia sensible, tanto la directa de nuestros sentidos, como la incrementada por los poderosos instrumentos de observación, nada es hasta que asignados parámetros de calidad (esto es tal cual), a ellos la referimos, a ellos la relacionamos (la ratio, el logos de Euclides) y solo de esa manera la capturamos, la convertimos en conocimiento (en -logía). Más bien, solo de esa manera estamos en la posibilidad de capturarla, lo que hacemos, ahora sí, por el metro propiamente dicho, y todavía más, por la normalización básica. Por la investigación paramétrica, el metro y la normalización básica llegamos al conocimiento verdadero, a la especificación y la norma; al conocimiento poderoso, puesto que nos permite, enseguida, controlar y desarrollar la práctica en la que se inserta nuestra investigación.

Esto es lo que examinaremos en detalle durante el desarrollo de nuestra temática del Curso de Normalización Básica y Tecnología.



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

ING. RAUL VARGAS CID DEL PRADO

## I N D I C E

	Pág.
Introducción _____	1
El Sistema Métrico _____	2
La Convención del Metro _____	3
La Conferencia General de Pesas y Medidas _____	4
La Oficina Internacional de Pesas y Medidas _____	9
Extensión y Cooperación Mundiales _____	10
Organización Internacional de Metrología Legal _____	12
El Sistema Internacional de Unidades y la Necesidad de su Aplicación _____	19
Unidades Básicas _____	26
Unidades Derivadas _____	29
Unidades Suplementarias _____	29
Unidades Derivadas con nombres especiales _____	30
Síntesis Histórica de la Adopción del Sistema Métrico Decimal en México _____	32
El Sistema General de Unidades _____	36
Unidades fuera del Sistema SI _____	41
Múltiplos y Submúltiplos decimales de las Unidades SI _____	43
Legislación Nacional _____	46
Bibliografía _____	50



## EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

### INTRODUCCION

A manera de introducción puede decirse que la medición es esencialmente una función de la sociedad civilizada y que el hombre ha dado un gran paso hacia adelante al dominar los conceptos de los sistemas de medición. El lapso de tiempo cubierto por este proceso de aprendizaje ha sido enorme pues - los arqueólogos han establecido el período alrededor del año 6500 antes de Jesucristo como el comienzo de un cambio notable en la forma de existencia humana. Desde entonces hasta nuestros días se desarrolla toda una historia en lo relativo a la medición y sus sistemas y sería demasiado largo e innecesario para los propósitos que se persiguen en este curso ver esta historia, aún a grandes rasgos. No obstante, - para aquellas personas que deseen profundizar en el tema, - se incluye al final de este documento una bibliografía que ha servido como base del mismo y que puede satisfacer sus -- deseos, y sólo se tocara aquí el último capítulo de esta -- historia por ser obviamente el de mayor interés y se refiere al sistema métrico.

EL SISTEMA MÉTRICO

El sistema métrico fué concebido y desarrollado durante la década final del siglo XVIII por un equipo francés de científicos dirigidos por hombres como Delambre y Lavoisier. La principal motivación fué racionalizar la entonces existente variedad de sistemas de medición que prevalecían en los continentes americano y europeo. No parecía que alguno de los sistemas prevalentes tuviera alguna oportunidad de ser aceptado universalmente, de que pudieran promover un comercio más libre entre los diversos países o aún entre varias regiones de ciertos países. Así, científicos franceses animados por la revolución, se echaron auestas la tarea de idear un sistema, usando a la naturaleza como modelo y a los fenómenos naturales como guía, a los cuales no podía ligarse ninguna susceptibilidad nacional. En 1790 la Asamblea Constitucional Francesa tomó la iniciativa, para encargar a la Academia Francesa de Ciencias, la tarea de establecer un sistema de medición que pudiera ser aceptado en el mundo entero.

Fuó así como después de cuidadosas mediciones, con los medios con los que se contaba en aquella época, se adoptó como unidad de longitud el metro siendo la diezmilionesima parte del cuadrante del meridiano terrestre. La unidad de masa fué derivada de esta unidad de longitud, definiendo el kilogramo como igual a la masa de agua que tuviera un volumen, bajo ciertas condiciones de medición, igual a un decímetro cúbico.

Basados en estas mediciones se construyeron dos patrones físicos prototipo, ambos de platino; uno para el metro y el otro para el kilogramo, depositándose en los Archivos de la República Francesa en 1799.

Otro paso significativo que se dió al mismo tiempo, fue completamente nuevo en el dominio de los sistemas de unidades de medición.

Todos los múltiplos y submúltiplos de las unidades básicas eran potencias enteras de diez enlazando así las unidades con el sistema comumente usado de conteo decimal. Esta sola innovación era un gran paso adelante por sus cálculos simplificados, prometiendo ahorro de millones de horas-hombre de tiempo de los usuarios a todos los niveles de la sociedad.

Como dijo Lavoisier "Nunca ha salido de la mano del hombre algo tan grande, tan simple y tan coherente en todas sus partes como el sistema métrico".

#### LA CONVENSION DEL METRO

A pesar de las esperanzas de sus iniciadores sobre su incuestionable aceptación, de parte de todas las naciones avanzadas del mundo, el sistema métrico continuó latente durante varios años, y por cierto que su aceptación universal aún dentro de <sup>la propia</sup> Francia no era tan espontánea como era de esperarse. De tiempo en tiempo, se elevaron las voces de varias sociedades de sabios tanto de Francia como de otros países Europeos, en favor de la unificación en todo el mundo, de los sistemas de medición en base al sistema métrico. Se elevó el sentimiento general de que se requería un abordamiento internacional de acción colectiva. Fué así que el gobierno francés, en 1870 invitó a los representantes de varios países a reunirse en París. Respondieron a esta invitación 24 países de los cuales sólo 15 podrían enviar delegados debido al estallido de la Guerra Franco-Prusiana. Estos delegados constituyeron la "Comisión Internacional del Metro, aunque no pudieron tomar decisiones.

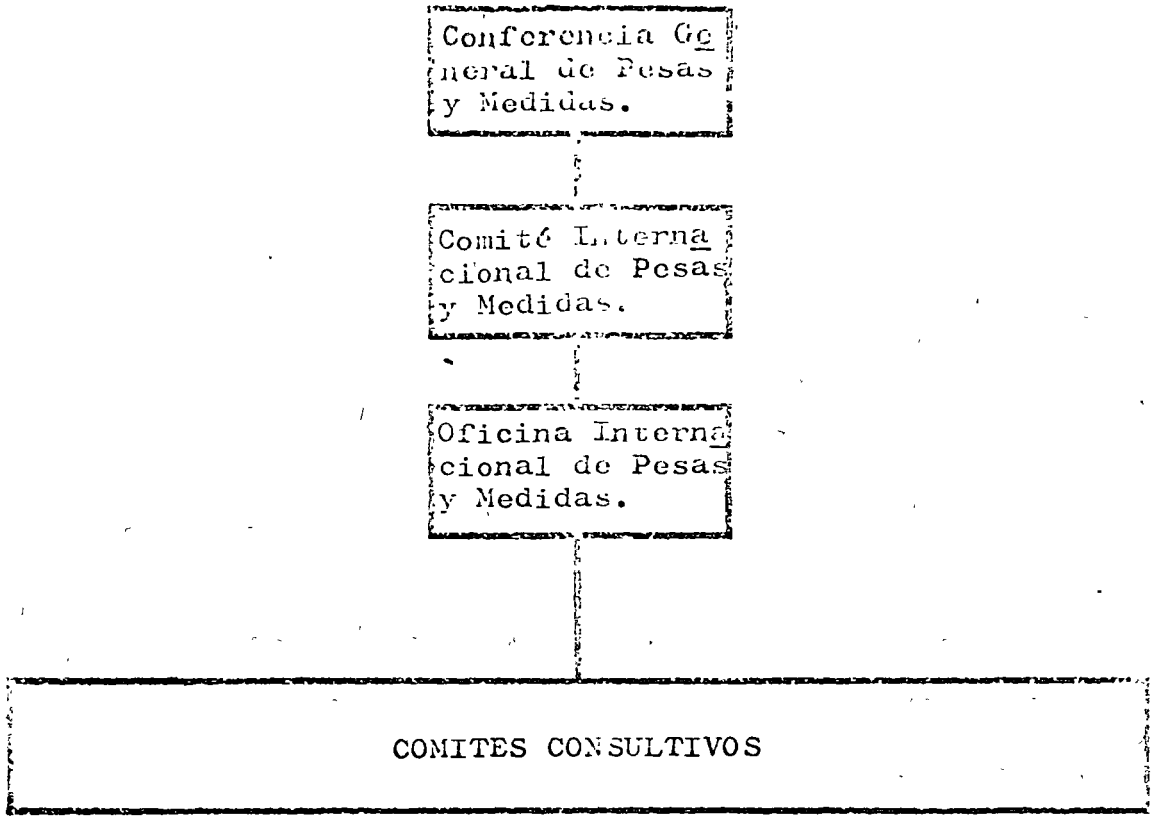
El trabajo de esta Comisión pudo, sin embargo, ser realizado en 1872 con la participación de los delegados de 30 países once de los cuales eran del Continente Americano. Se aprobaron aproximadamente 40 resoluciones que trataban de la preparación de nuevos prototipos del kilogramo y el metro y asuntos relacionados. Se recomendó asimismo a los gobiernos interesados, la creación de una Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

Pero los miembros de esta comisión internacional, quienes eran todos científicos, no tenían autoridad para obligar a sus gobiernos. De aquí que años más tarde, en 1875, tuvo lugar otra conferencia de nuevo en París concurrida por representantes de los gobiernos. Se le llamó "Conferencia Diplomática del Metro". En esta ocasión, se consiguieron resultados positivos. El 20 de mayo de 1875, 18 Estados firmaron una "Convención del Metro". Por esta convención, los Estados signatarios se comprometían a establecer y mantener, con gastos comunes, a un organismo permanente de Pesas y Medidas en París, al que se le dió el nombre de "OFICINA INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS" (BIPM)

#### LA CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS

La autoridad gobernante de la OFICINA, fué la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), compuesta por los delegados de todos los países miembros, que fueron signatarios de la "Convención del Metro" y por aquellos que pudieron unirse a la convención más tarde. Las obligaciones de la "Conferencia General de Pesas y Medidas" se definen como sigue:

- 1) Discutir y adoptar las medidas necesarias para la propagación y mejoramiento del sistema métrico.



Organización Internacional de Pesas y Medidas.

### ORGANIZACION DE PESAS Y MEDIDAS

La autoridad internacional reconocida en pesas y medidas es la Organización Internacional de Pesas y Medidas fundada en Paris en 1875 como resultado de la Convención del Metro. Este organismo consta de una Conferencia General, un Comité Internacional de Pesas y Medidas, la Oficina Internacional de Pesas y Medidas y los Comités Consultivos.

- 2) Sancionar los resultados de las nuevas determinaciones me  
trológicas fundamentales y de las varias resoluciones ci  
entíficas de importancia internacional.
- 3) Tomar decisiones importantes concernientes a la organiza-  
ción y el desarrollo de la Oficina Internacional de Pesas  
y Medidas

La Conferencia General de Pesas y Medidas que se reúne cada 6 años, siendo la autoridad suprema, toma las decisiones mayores con relación a las definiciones nuevas y revisadas de las normas o patrones me  
trológicos y con relación a todas las políticas in  
cluyendo financiamiento y programas para desarrollos futuros.

Asimismo designa a los miembros de un cuerpo ejecutivo llama-  
do el "Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), consis  
te de un máximo de 18 especialistas escogidos entre los países  
signatarios. El CIPM ha de reunirse cada dos años cuando menos  
o antes si es necesario; se encarga de poner en ejecución las  
decisiones de la Conferencia y de atender la operación y direc-  
ción de la Oficina. El CIPM designa a sus propios comités con-  
sultivos especializados cuyo número es de siete actualmente y -  
que tratan con las definiciones de metro, segundo, termometría,  
electricidad, fotometría, radiación ionizante y el Sistema Inter  
nacional de Unidades (SI) respectivamente.

A la fecha 40 países han firmado la Convención del Metro,  
que constituye ahora la membresía de la CGPM. La contribución  
de cada miembro se basa en el desarrollo económico del país y en  
su población y se calcula de acuerdo a los coeficientes adoptados  
por las Naciones Unidas para este fin. Pero en todo caso, las -  
cuotas se limitan para cualquier miembro a un mínimo de 0.5 y

## T A B L A I

MILIBROS DE LA CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y  
MEDIDAS HASTA FINALES DE 1968

No.	NOMBRE DEL PAIS	AÑO DE INGRESO.	COEFICIENTE UN	PORCENTAJE
1 (*)	<u>ALEMANIA</u> (Occ. y Oriental)	1875	- - -	10.00
2	<u>ARGENTINA</u>	1875	0.93	1.49
3	AUSTRALIA	1947	1.52	2.43
4	<u>AUSTRIA</u>	1875	0.57	0.91
5	<u>BELGICA</u>	1875	1.10	1.76
6	BRASIL	1954	0.89	1.42
7 (*)	BULGARIA	1911	0.18	0.50
8	CANADA	1907	3.02	4.83
9 (*)	COREA DEL SUR	1959	0.12	0.50
10 (*)	CHILE	1908	0.23	0.50
11	CHECOSLOVAQUIA	1922	0.92	1.47
12	<u>DINAMARCA</u>	1875	0.62	0.99
13	<u>ESPAÑA</u>	1875	0.92	1.47
14 (*)	<u>ESTADOS UNIDOS</u>	1875	31.57	10.00
15	FINLANDIA	1921	0.49	0.78
16	<u>FRANCIA</u>	1875	6.00	9.59
17	HOLANDA	1929	1.16	1.85
18	<u>HUNGRIA</u>	1875	0.52	0.83
19	INDIA	1957	1.74	2.78
20	INDONESIA	1960	0.34	0.54
21 (*)	IRLANDA	1926	0.17	0.50
22	<u>ITALIA</u>	1875	3.24	5.18
23	JAPON	1885	3.78	6.04
24	MEXICO	1890	0.87	1.39
25	<u>NORUEGA</u>	1875	0.43	0.69
26	POLONIA	1925	1.47	2.35
27 (*)	<u>PORTUGAL</u>	1875	0.16	0.50
28 (*)	REINO UNIDO	1884	6.62	10.00
29 (*)	REPUBLICA ARABE UNIDA	1962	0.20	0.50
30 (*)	REPUBLICA DOMINICANA	1954	0.04	0.50

No.	NOMBRE DEL PAIS	AÑO DE INGRESO.	CORFICIENTE	PORCENTAJE.
			TE UII	
31	RUMANIA	1881	0.36	0.58
32	SUD-ÁFRICA	1964	0.52	0.83
33	<u>SUECIA</u>	1875	1.25	2.00
34	<u>SUIZA</u>	1875	0.86	1.38
35 (*)	TAILANDIA	1912	0.13	0.50
36	TURQUÍA	1933	0.35	0.56
37 (*)	<u>UNION DE REPUBLICAS SOCIALISTAS SOVIETICAS</u>	1875	14.61	10.00
38 (*)	URUGUAY	1908	0.09	0.50
39	VENEZUELA	1960	0.45	0.72
40	YUGOSLAVIA	1879	0.40	0.64

NOTA.- Los nombres subrayados corresponden a los países signatarios de la Convención del Metro.

(\*) De los 13 países con el asterisco, 9 dan la contribución mínima y 4 la máxima.



a un máximo de 10.0% del total para la organización. En la Tabla I se ofrece una lista de los países miembros junto con los años de su ingreso y coeficientes y porcentajes de sus contribuciones. Es de mencionarse también que la organización ha recibido algunas donaciones de la Fundación Rockefeller.

#### LA OFICINA INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS

La Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) es conducida por un Director designado por el CIPM por voto secreto. Los laboratorios de la organización están alojados en el feudo del Pabellón de Brèteuil y otros edificios más recientes, localizados en una espaciosa área de más de 4 hectáreas rodeados por el parque nacional francés - Parque de Saint-Cloud en Sèvres cerca de París. En este laboratorio central, los patrones de pesas y medidas de la autoridad mundial se mantienen como también todos los otros patrones prototipos de varias cantidades físicas.

Una de las primeras tareas que la BIPM realizó luego de su creación fue eliminar las dificultades involucradas en la reproducción de la longitud de un metro en términos de una fracción del meridiano terrestre. Después de varios años de intenso trabajo por parte de la BIPM, se adoptaron las nuevas definiciones del metro y el kilogramo en 1889. El metro era ahora la longitud entre dos líneas grabadas en una barra especialmente diseñada para este fin y hecha de una aleación de platino iridiado, medida dicha longitud a cero grados centígrados (llamados ahora Celsius). El kilogramo era entonces la masa de un cilindro de platino iridiado. Ambos patrones se prepararon cuidadosamente, aproximándose tanto como fue posible a las definiciones originales. Estos patrones se depositaron en los laboratorios de la BIPM en bóvedas

especialmente construidas, para futuro uso periódico comparán-  
dolas con otras copias que la Oficina ha continuado poniendo  
a disposición de varios países miembros.

Además del mantenimiento de estos patrones, las funciones  
de la BIPM incluyen llevar a cabo investigación sobre poste-  
riores refinamientos de patrones y de métodos de medición de  
una exactitud cada vez mayor. La BIPM también sirve a los  
países miembros como la autoridad central para todos los asun-  
tos relacionados con la metrología científica, incluyendo tal  
verificación periódica de los patrones nacionales en términos  
de los prototipos internacionales, cuando se solicite. Estos -  
servicios son gratuitos para las naciones miembros; para otros  
países, se les cobra según el tipo de servicio.

#### EXTENSION Y COOPERACION MUNDIALES

El trabajo internacional sobre metrología física no está  
concentrado únicamente en la BIPM sino que se extiende a to-  
dos los laboratorios importantes que tratan con patrones y me-  
diciones; su número es de alrededor de 10 e incluyen:

National Standards Laboratory, CSIRO (Australia)

National Research Council (Canadá)

Conservatoire National des Arts et Métiers (Francia)

Physikalisch-Technisch Bundesanstalt (Alemania)

Deutsches Amt für Mass und Gewicht (Alemania)

National Research Laboratory of Metrology (Japón)

National Physical Laboratory (Reino Unido)

National Bureau of Standards (Estados Unidos)

D.I. Mendèleev Institute of Metrology (URSS)

Más recientemente, el "National Physical Laboratory" de la  
India se ha unido también a este grupo y se está equipando para

llevar a cabo un trabajo similar en los varios campos avanzados de la metrología.

Con el papel coordinador central de la BIPM y el esfuerzo cooperativo de los laboratorios nacionales, se han hecho considerables avances en la extensión y refinamiento del sistema métrico, de tal forma que actualmente se encuentra muy lejos de los patrones originales de longitud y masa. En su Onceava Sesión en 1960, la CGPM adoptó el llamado "Sistema Internacional de Unidades" (SI), basado en las seis unidades básicas; de longitud, masa, tiempo, temperatura, corriente eléctrica e intensidad luminosa que han sido, por ahora, definidos tan precisamente como la ciencia y tecnología actuales lo permiten. Incidentalmente, debe notarse que la longitud o patrón ya no es el metro prototipo; éste se define ahora en términos de un número dado de longitudes de onda de cierta luz. Similarmente, el patrón de tiempo, el segundo, ya no depende de los movimientos de cuerpos celestes que se han encontrado son algo variables. Ahora se le representa por la duración del tiempo de un número dado de ciclos de vibraciones de luz de una línea particular del espectro. Similarmente todos los otros patrones de medición están constantemente siendo definidos y re-definidos más y más exactamente a través del trabajo de la BIPM y de los laboratorios nacionales asociados. Nuevos campos en los cuales los patrones de medición se están ahora desarrollando incluyen radiación ionizante y física nuclear.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DE METROLOGIA LEGAL

Siempre se ha reconocido que en lo referente a los aspectos científicos de los patrones de medición, la Conferencia General, el Comité y la Oficina Internacionales de Pesas y Medidas junto con los laboratorios nacionales cooperativos están bien organizados, equipados y dotados para cubrir todas las necesidades nacionales e internacionales de medición. Pero los patrones metrológicos desarrollados por la ciencia finalmente tienen que ser aplicados a la actividad económica diaria del hombre relacionada a sus requerimientos industriales y comerciales, es decir, aquellos que se derivan del intercambio de bienes y servicios. Esto requiere de patrones científicos altamente precisos para ser traducidos a patrones de uso diario en el comercio y la industria y la maquinaria relativa - legal, tecnológica y administrativa para asegurar la disponibilidad y utilización de los patrones últimos a todos los niveles de la actividad humana. Este enlace es proporcionado por lo que ahora ha venido a conocerse como metrología legal. Hasta recientemente, los problemas de metrología legal a los que tenían que enfrentarse los países individualmente, lo hacían de acuerdo a su propio genio y sin tomar en cuenta las experiencias de otros países. Pero más recientemente, con el crecimiento sin precedentes del comercio mundial, se ha dejado sentir la necesidad de coordinación internacional para la formulación de reglas y reglamentos que gobiernen el uso de normas metrológicas. Para satisfacer esta necesidad, se creó en 1955 una organización in-

gubernamental para metrología legal bajo el título de "Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), cuya sede se localiza también en París.

Los 43 países que hasta ahora se han unido a esta organización en sus dos categorías, incluyen:

#### MIEMBROS COMPLETOS

- |                  |             |   |
|------------------|-------------|---|
| - Alemania       | - Guinea    | - Noruega                                     |
| - Australia      | - Holanda   | - Polonia                                     |
| - Austria        | - Hungría   | - Reino Unido                                 |
| - Bélgica        | - India     | - República Árabe Unida                       |
| - Bulgaria       | - Indonesia | - República Dominicana                        |
| - Ceylan         | - Irán      | - Rumania                                     |
| - Cuba           | - Israel    | - Suecia                                      |
| - Checoslovaquia | - Italia    | - Suiza                                       |
| - Dinamarca      | - Japón     | - Túnez                                       |
| - España         | - Líbano    | - Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. |
| - Finlandia      | - Marruecos | - Venezuela                                   |
| - Francia        | - Mónaco    | - Yugoslavia                                  |

#### MIEMBROS ASOCIADOS

- |            |                |         |
|------------|----------------|---------|
| Grecia     | Nepal          | Turquía |
| Jordania   | Nueva Zelandia |         |
| Luxemburgo | Pakistán       |         |

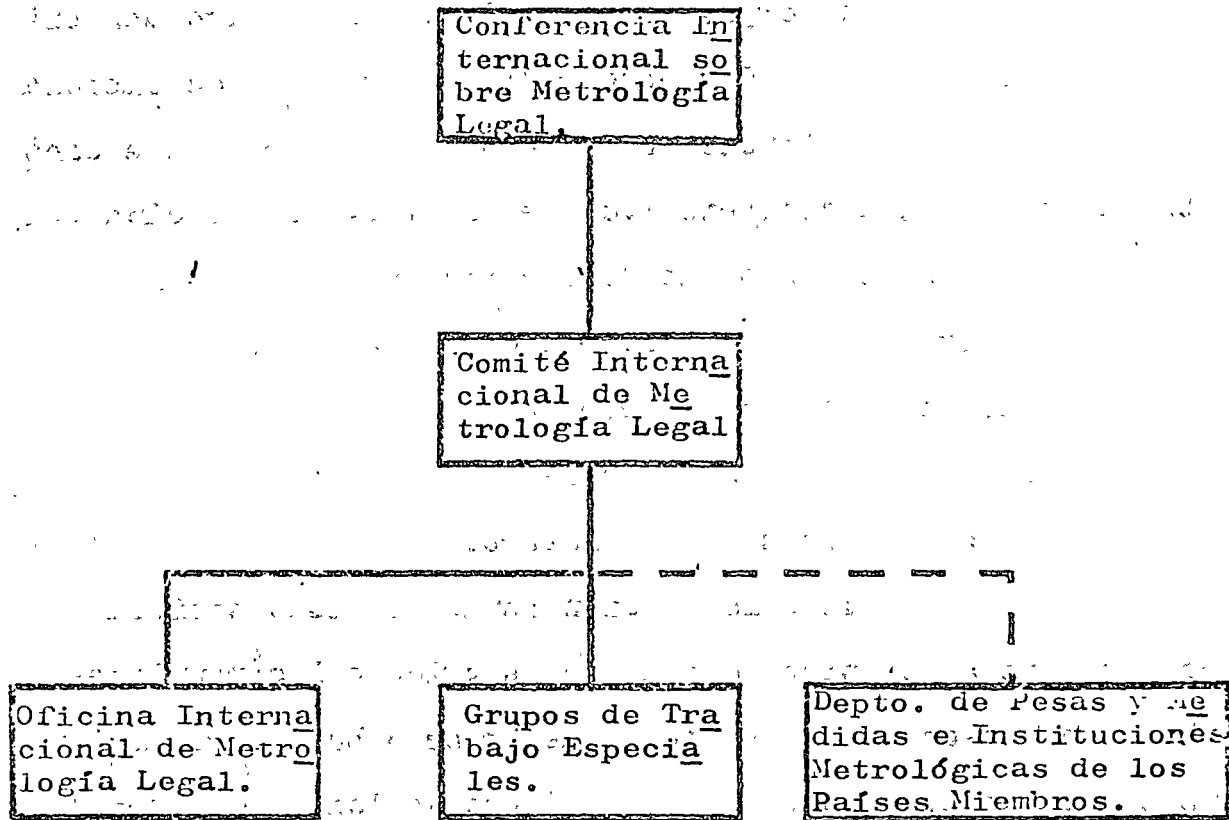
Las unidades de suscripción de membresía a niveles discretos de 1, 2, 4 u 8, se distribuyen a cada Gobierno miembro dependiendo de si su población es menor de 10, 40, 100 o mayor de 100 millones respectivamente siendo de 1133 dólares ameri-

canos el valor actual de la unidad. Con miras a facilitar a los países en vías de desarrollo que se unan a la Organización, se ha hecho la excepción de disminuir la suscripción a un nivel adecuado, dependiendo del grado de uso de las pesas y medidas e instrumentos relacionados en el país, lo que a su vez depende de su grado de desarrollo económico.

Entrando en el campo total de la metrología legal a nivel internacional, la OIML procura lograr una unificación y coordinación de las prácticas legales prevalecientes en los países miembros, a través de la publicación de recomendaciones sobre métodos y normas para los instrumentos usados en las mediciones sobre leyes sobre los modelos y reglamentaciones para el control de las pesas y medidas, sobre el patrón de servicios requeridos a organizarse para ejercer tales controles y así sucesivamente. Un aspecto importante de su trabajo es establecer un servicio central de documentación y traducción para coleccionar y difundir información sobre todos los aspectos legales metrológicos de los diferentes países.

Sobre todo promoviendo relaciones estrechas entre los departamentos responsables de la metrología legal en los varios países miembros, la OIML sirve a la causa de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios.

La organización de la OIML se ha copiado del modelo de la Convención del Metro y comprende tres unidades similares, es decir la Conferencia Internacional, el Comité Internacional y la Oficina Internacional de Metrología Legal, cada uno de los cuales tiene funciones similares y estado legal cara a cara uno del otro, como entre las unidades de la Convención del Metro. La



Organización Internacional de Metrología Legal.

### ORGANIZACIONES DE METROLOGIA LEGAL

La Metrología Legal es la reunión de asuntos metroológicos prescritos en las leyes. De hecho todas las naciones han promulgado legislación sobre asuntos relacionados con la metrología. Esta legislación generalmente ha establecido requisitos o procedimientos que asegurarían integridad y exactitud en el intercambio de artículos.

La autoridad internacional reconocida sobre metrología legal pertenece al Sistema Métrico es la Organización Internacional de Metrología Legal fundada en París en 1955 por los delegados de las naciones participantes.

principal diferencia es que la Oficina Internacional de Metrología Legal no es una organización - laboratorio sino más bien un secretariado central diseñado para servir a la Conferencia y al Comité así como también a sus Grupos de Trabajo que constituyen los órganos deliberativos de la OIML. La Oficina también atiende los servicios de documentación e información.

Actualmente hay unos 70 Grupos de Trabajo activos, cada uno encargado de la tarea de preparar recomendaciones sobre tópicos específicos: La membresía de estos Grupos de Trabajo está abierta a todos los miembros interesados, asignándose el Secretariado a uno de ellos, quien asume la responsabilidad de hacer progresar el trabajo y de dar servicios a las reuniones. Las deliberaciones de los Grupos de Trabajo buscan reconciliar las prácticas existentes que prevalecen en los diferentes países sin perder nunca de vista el trabajo relacionado llevado a cabo por otras organizaciones internacionales con las cuales la OIML mantiene estrechos enlaces, tales como la CGPM, UNESCO, ISO, IEC, etc. El objetivo siempre a la vista es llegar a decisiones que representen buena práctica internacional y promuevan el bienestar económico de todas las naciones. Esta es en el mejor de los casos una tarea difícil y que se lleva tiempo. No obstante, durante los 14 años anteriores de su existencia, la OIML ha sido capaz de publicar 18 recomendaciones sobre asuntos importantes, con unas cuarenta y tantas recomendaciones casi terminadas y aproximadamente unas cien que se encuentran en proceso de elaboración.

Algunas de las recomendaciones ya publicadas tratan con asuntos tan importantes como la ley modelo para la metrología legal, reglamentos modelo para las unidades legales de medida, equipo básico requerido para un departamento modelo que controle



pesas y medidas en un servicio nacional de metrología - - -  
legal y así sucesivamente. El material incorporado en estas recomendaciones representa el resultado del pensamiento colectivo de gente experimentada, que puede ser de gran valor, particularmente para los países en desarrollo, en donde la experiencia local en tales materias técnico legales es a menudo limitada o aún faltante y donde es frecuentemente necesario establecer nuevas instituciones y prácticas, que se consideran esenciales para la infraestructura requerida para el desarrollo industrial y comercial.

La política de la OIML hacia los países en desarrollo del mundo fué enfatizada en una reciente sesión de Conferencia General cuando se decidió que los países en desarrollo deberían ser alentados a asociarse entre ellos más estrechamente con trabajos a varios niveles y que los Grupos de Trabajo de la OIML se reunieran más seguido en tales países.

Aquella parte del trabajo de la OIML que concierne a las unidades de medición, patrones de pesas y medidas, sus tolerancias e instrumentación, esta naturalmente relacionada al sistema métrico de unidades, ya que éste es el sistema que prevalece en el mundo actualmente. También se espera que será el sistema, en un futuro no muy lejano, universalmente adoptado. No obstante, hay un aspecto importante del trabajo del OIML que es independiente de cualquier sistema de unidades y es la parte que trata de los asuntos legales, administrativos y de organización. Por consiguiente, sin considerar el sistema de medición que pueda regir en un país, el aparato regulador, si es guiado por las prácticas convenidas internacionalmente, puede ser de ventaja significativa. Así, resultará que si un país ha adop-

tado o intenta adoptar el sistema métrico, también se beneficiará con el trabajo del OIML sobre metrología legal en diversas formas diferentes.

Sin embargo, no puede decirse lo mismo del complejo convención métrica de las organizaciones, pues ellas representan una etapa altamente avanzada del trabajo de carácter científico, - del cual muchos países en desarrollo pueden no estar en situación de derivar un beneficio directo. No obstante, cualquier país que desee regular sus pesas y medidas, necesitaría establecer sus propias normas o patrones nacionales. Pero estos patrones no necesitarían ser tan extremadamente exactos como lo requieren los servicios de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Tales patrones y servicios relacionados podrían fácilmente obtenerse de un país vecino que bien podría haber desarrollado instituciones para tal fin.

## EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y LA NECESIDAD DE SU APLICACION.

Las unidades eléctricas, el amperio, el ohmio y las unidades fotométricas como la candela son de uso universal; para la electricidad como para la luz el mundo entero no conoce otras unidades.-Desafortunadamente no puede decirse lo mismo para las longitudes y para las masas, magnitudes cuya necesidad de medirlas se ha impuesto desde los inicios de la humanidad.

Esto se ha debido a que las medidas de las magnitudes eléctricas y fotométricas son relativamente recientes, cuando ya era imperativo el anhelo de unificación entre los países del mundo, no así las de las -- otras magnitudes cuya utilización en diversas unidades, hacen un hábito fuertemente arraigado y que se refleja en otros países debido a la potencialidad industrial y desarrollo tecnológico de los países que -- los utilizan.

Las relaciones internacionales no han sido tan estrechas como hoy en día y nunca la dualidad de las unidades (sistema métrico y sistema inglés) por la que atraviesa el mundo ha sido un tema de tanta preocupación como actualmente lo sentimos.

El cambio de un sistema a otro trae fuertes dificultades pero se sabe que las ventajas son superiores a esas dificultades no solamente para el comercio exterior sino también para las relaciones interiores.

Se comprende que las dificultades de aplicación son más grandes en los países de economías más desarrolladas como es el caso de la Gran Bretaña o de los Estados Unidos de América.- Pero creemos, que las ventajas serán netamente superiores a las dificultades que hayan que vencer puesto que se cambiaría de un sistema de unidades increíblemente complicado y sin uniformidad como es el sistema inglés, sistema complicado de pulgadas, pies, yardas, onzas, pintas y galones cuya aplicación se traduce en pérdidas de tiempo y en un sin fin de confusiones que repercuten en el avance de la ciencia, de la técnica y en la economía general, por otro sistema coherente, práctico, manual y fácil de aplicar como es el Sistema métrico actualmente conocido como Sistema Internacional.

**es**

Pero, qué es el Sistema Internacional? Cómo fué establecido? Cómo es tá integrado?

Para ello, indicaremos primero que un acontecimiento solo se conoce a partir del momento en que puede expresársele por medio de números es decir, medirlo.

Este principio, enunciado ya por Platón y precisado por Kelvin a fines del siglo XIX, domina toda la vida moderna.- En nuestra época -- hay que traducirlo todo en cifras, es decir, hay que medirlo todo.

Pero para medir bien, es necesario tener unidades fáciles y definidas con precisión; el Sistema Internacional (SI) viene a satisfacer esa necesidad.

El primer sistema de unidades de medida fué el Sistema Métrico, establecido en Francia a fines del siglo XVIII.- Presentaba un conjunto - de unidades coherentes para las medidas de longitud, volumen, capacidad y masa y cuya base reposaba sobre dos unidades fundamentales; el metro y el kilogramo y su variación es decimal.

Posteriormente hicieron su aparición varios sistemas de unidades, aplicables a algunas de las actividades que más se desarrollaron tales como el de los físicos, el de los mecánicos, etc., estos sistemas fueron el CGS (centímetro-gramo-segundo); el MK<sub>f</sub>S (metro-kilogramo fuerza segundo); el MKS (metro-kilogramo masa-segundo) y el MTS (metro-tonelada-segundo) pero, el empleo en la práctica de diversos sistemas de unidades, conduce a dificultades considerables por la conversión de un sistema a otro y por la utilización de un gran número de coeficientes de conversión.

En el seno del **Comité Consultivo de Unidades**, integrado -- por el Comité Internacional de Pesas y Medidas de la Conferencia General se estudiaron los problemas relacionados con la construcción de un sistema

tema único internacional y se propusieron y analizaron los sistemas tipo LT (longitud y tiempo); tipo LFT (longitud, fuerza y tiempo) y tipo LMT (longitud, masa y tiempo) aceptándose este último, cuyas unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo, como el más apropiado, por lo que las organizaciones de metrología y de normalización eligieron ese sistema cuyas siglas por las unidades que lo forman es el MKS.

Sin embargo, tres unidades fundamentales no son suficientes para las mediciones caloríficas por lo que se le agregó una cuarta magnitud; la temperatura y el sistema así formado fué el metro-kilogramo-segundo-kelvin.

Para las medidas eléctricas y magnéticas se puede construir un sistema de unidades partiendo de las de longitud, masa tiempo y una unidad de una magnitud eléctrica o magnética cualquiera.- Para los fines prácticos el sistema de cuatro unidades fundamentales: metro, kilogramo, segundo y amperio (Sistema MKSA) fué el elegido.

Las medidas acústicas no exigen unidades fundamentales suplementarias ya que todas las magnitudes pueden expresarse en el sistema MKS.

Para las medidas fotométricas, tres unidades fundamentales son suficientes y estas son: el de longitud, el de tiempo y una tercera unidad específica: la intensidad luminosa.- Prácticamente se eligió el sistema metro, segundo y candela.

Para las radiaciones ionizantes (radiaciones X ó  $\gamma$  se puede emplear el sistema MKSA.

Para englobar todo el campo de los fenómenos físicos en un sólo sistema de unidades de medir, el sistema más racional es el sistema basado en las seis unidades fundamentales: longitud, masa, tiempo, temperatura termodinámica, intensidad de corriente eléctrica e intensidad luminosa. Las dimensiones para las unidades fundamentales de este sis-

tema son las de las unidades: metro-kilogramo-segundo-Kelvin-amperio-candela.

El sistema así formado fué denominado por la Decimo primera Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en Paris, Francia, en 1960 con el nombre de SISTEMA INTERNACIONAL (SI).

En el sistema Internacional prevalece y se ha mejorado las condiciones científicas-técnicas que dieron origen al Sistema Métrico o sea que las unidades que lo integran no deberían tener alguna relación con ningún país, que se tomen de fenómenos físicos universales, que los patrones de esas unidades sean reproducibles, invariables y permanentes y que la obtención de un múltiplo o de un submúltiplo de cualquier unidad, fuera sencilla.

En el transcurso del tiempo, desde los orígenes del sistema métrico, han estado en continuo estudio las definiciones de las unidades a fin de apegarlo a las condiciones anteriores tomando en cuenta la dinámica de los avances científico y tecnológicos de la humanidad.- Ejemplo de ello, lo tenemos en la definición de la unidad de longitud, el metro, que desde sus albores fué la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, posteriormente pasó a la distancia entre dos trazos de un prototipo de platino iridio de sección transversal en "X" y finalmente, en 1960, fué definido como la longitud igual a  $1,650,763.73$  longitudes de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles  $2_{p10}$  y  $5_{d5}$  del átomo del kriptón 86.

De las unidades que dieron origen al Sistema métrico solamente el kg se mantiene fuera de esta evolución hacia patrones atómicos, aún cuando se han hecho tentativas para definirlo en función del peso de una partícula en reposo.

El segundo, que anteriormente estaba definido en términos astronómicos, actualmente su definición se refiere a la duración de un cierto número de períodos de una transición atómica del Cesio 133.

Curioso es de señalar que hasta antes de esta definición, los astrónomos habían estudiado el Universo para determinar el tiempo, magnitud indispensable para los físicos.

En lo sucesivo ellos utilizarán el tiempo de los físicos para determinar el movimiento de los cuerpos celestes.

Pero ahora, veamos cuál fué el origen de algunas unidades fundamentales que integran el poderoso cuanto complejo e incoherente sistema inglés:

La yarda fué definida en el siglo XIII como la distancia entre la punta de la nariz de Henrique I de Inglaterra y la punta de su pulgar con el brazo extendido.- La pulgada era la longitud de un "nudillo" -- real.

Posteriormente, en el siglo XIV se decretó que tres granos de cebada redondos y secos extraídos de enmedio de la espiga, constituyen una pulgada.

En el siglo XVI el "pie" fué fijado como la décima sexta parte de una longitud representada por los pies de 16 súbditos de la corona inglesa, colocados unos detrás del otro.- Los 16 pies formaban el valor de una pértiga y el "pie" medido en esta forma se subdividió en 12 partes constituyendo cada una, una pulgada.

Como se nota, las definiciones que se dan a las unidades inglesas, no obstante la minuciosidad de las explicaciones, a veces muy prolijas, son arbitrarias y pecan de una excesiva falta de precisión y si a ello agregamos que una misma denominación de unidad tiene diferentes valores como en el caso del bushel para no citar otros, que en los Estados Unidos de América tiene seis valores y que una misma magnitud tiene diferentes sistemas para medirlas tales como el peso que en los países anglosajones usan cinco como el kilogramo métrico, el avoirdupois, el troy, el peso medicinal y el pennyweight; que una misma unidad sirve para desig-

nar diferentes magnitudes tales como la libra que permite designar masas, pesos, precios y aún presiones y que la relación entre los múltiplos y submúltiplos no es fijo, así una pértiga es igual a 5.5 yardas, 1 yarda es igual a 3 pies y un pie es igual a 12 pulgadas, se comprenderá el caos y la confusión en que se debate el propio sistema inglés.

Alrededor de 80 países se han unido a la Convención Internacional del Metro y usan las unidades del Sistema Internacional como unidades-legales provenientes de un sistema coherente, porque ellas se deducen de las unidades fundamentales por medio de formulas sin coeficientes numericos que no sean los de la unidad, de fácil aplicación y sencillez - porque sus múltiplos y submúltiplos siguen una variación decimal.

Se reconoce ampliamente los méritos del Sistema Internacional pero también se reconoce que el obstáculo principal para la abolición del sistema inglés reside en dificultades de orden industrial y económica; sin embargo, éstas dificultades aumentan con el tiempo y hacen la conversión, que los propios países anglosajones consideran como inevitable, más costosa.

Estados Unidos de América adoptó el 28 de julio de 1966, con carácter facultativo el uso del Sistema Métrico y su aplicación efectiva lo realiza en las investigaciones científicas sin embargo, reconocidos organismos técnicos de normalización tales como la ASTM han decidido incluir en sus normas y publicaciones las equivalencias métricas en un esfuerzo por allanar el camino hacia la conversión.

En la Gran Bretaña, las propagandas, reportes, informes publicados por la BSI en favor de una decisión pro-métrica, se unen al esfuerzo - que está realizando el gobierno para una adopción general aduciendo razones principalmente económicas por su demanda de admisión al Mercado-Común Europeo y porque siendo la mayor parte de sus exportaciones de - artículos manufacturados a países donde se usa el Sistema Internacional, resultaría mas aceptable si los artículos se fabricaran y describieran



en términos métricos.- Este hecho está obligando a muchos fabricantes - de los países anglosajones a tener dos líneas de producción, una, en unidades métricas con el consabido problema antieconómico.

La expansión lenta pero continua del Sistema Internacional en el -- mundo, ha conducido a los países no métricos a estudiar las repercusio-- nes de esta expansión sobre su economía general y a tomar las medidas ne-- cesarias para la desaparición paulatina de su sistema.- El hecho significa-- tivo de que actualmente las unidades métricas, sirven para definir las -- unidades del Sistema Inglés, de que los patrones básicos del metro y del kilogramo se utilicen para establecer los patrones de la yarda y de la - libra y de que la decimalización de la moneda se haya adoptado en algunos países anglosajones, son índices favorables que permiten afirmar que la - vieja controversia entre estos sistemas está en su fase final.

Lo anterior se robustece también por el hecho de que la Gran Breta-- ña se ha fijado un plazo hasta el año de 1975 (coincidente con el Centena-- rio de la internacionalización del Sistema Métrico) para lograr el cambio total de su sistema e igualmente por lo significativo que representa el-- hecho de que la colaboración más alta que recibe la Conferencia General - de Pesas y Medidas es de los Estados Unidos de América siendo este país - quien mas gasta en investigaciones para el desarrollo y la aplicación del Sistema Internacional.

El Sistema Internacional de Unidades norma fundamental, es pues, el resultado actual de un trabajo largo comenzado en Francia pero continua-- do durante más de un siglo en un marco internacional para poner a la dispo-- sición de todos los hombres, un conjunto de unidades cómodas confiables - y uniformes.

La necesidad de su aplicación se hace imperante para que, aún cuan-- do sea al precio de un esfuerzo de adaptación, se tenga un lenguaje co-- mún, liso, llano, de fácil utilización, atributos indispensables para - el desarrollo de la técnica, la ciencia y el comercio y en general de - toda actividad humana.

SISTEMA INTERNACIONAL

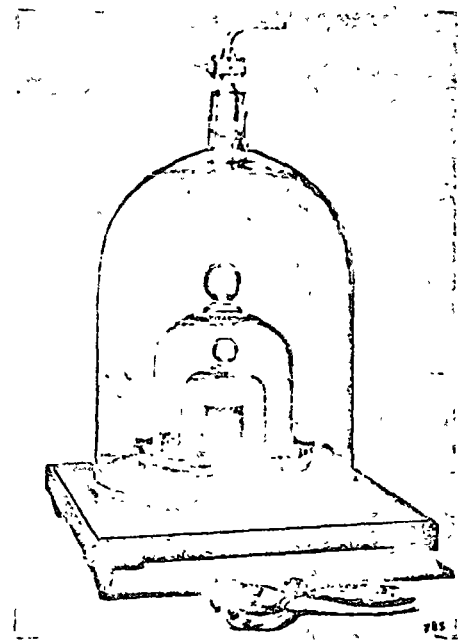
## UNIDADES BASICAS

Longitud-----	metro-----	m
Masa-----	kilogramo-----	kg
Tiempo-----	segundo-----	s
Intensidad de corriente eléctrica-----	amperio-(t)-----	A
Temperatura termodinámica-----	kelvin-----	K
Intensidad luminosa-----	candela-----	cd
Cantidad de materia-----	mol-----	mol

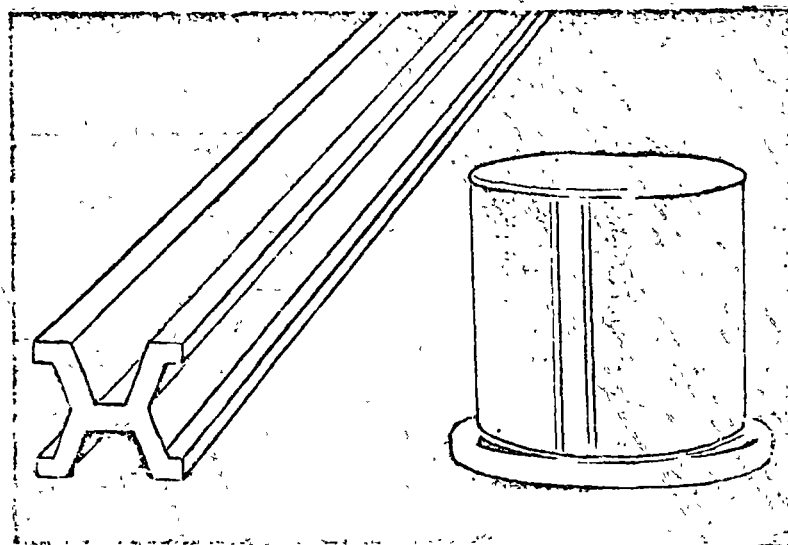
Los símbolos de las unidades se expresarán en caracteres romanos, en minúsculas, con excepción de los casos en que dichos símbolos se deriven de nombres propios, para lo cual se utilizará la mayúscula en la primera letra. (Resolución 7, 9a. - CCPI-1948)

Los símbolos no se pluralizan.

(+) De acuerdo con la "Academia Mexicana de la Lengua Española"



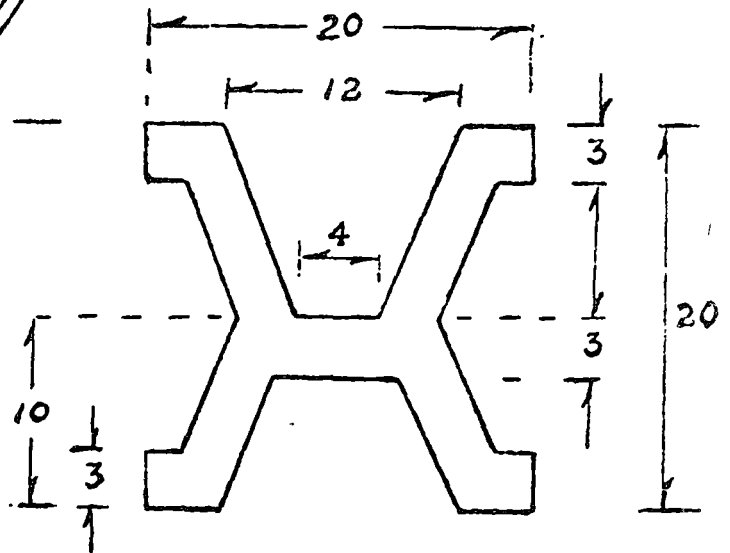
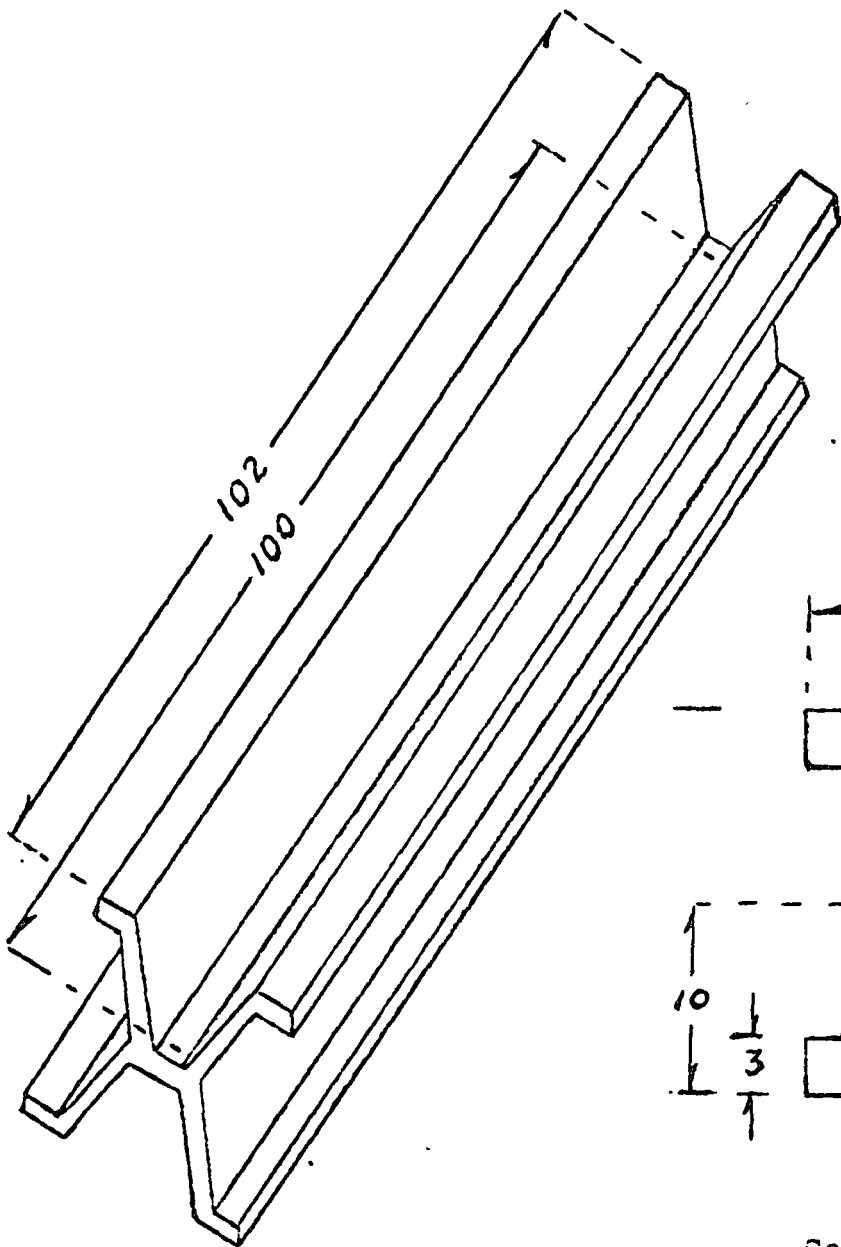
El kilogramo, patrón primario internacional  
hecho de aleación de platino e iridio.



Los patrones prototipo el metro y el kilogra  
mo, ambos hecho de aleación de platino e iri  
dio.

METRO PATRON.

(copia número 25 del prototipo internacional).



Seccion transversal:

Acot. en cm

Acot. en mm

SISTEMA INTERNACIONAL

## UNIDADES DERIVADAS

Superficie- - - - -	-metro cuadrado- - - - -	$m^2$
Volumen - - - - -	-metro cúbico- - - - -	$m^3$
Velocidad - - - - -	-metro por segundo - - - - -	$m/s$
aceleración - - - - -	-metro por segundo al cuadrado - - - - -	$m/s^2$
Número de ondas - - -	-Uno por metro - - - - -	$m^{-1}$
masa volúmica- - - -	-kilogramo por metro cúbico- - - - -	$kg/m^3$
Concentración (de cantidad de materia)-	-mol por metro cúbico- - - - -	$mol/m^3$
actividad (radioactiva)-	-Uno por segundo- - - - -	$s^{-1}$
volúmen másico- - - -	--metro cúbico - por kilogramo- - - - -	$m^3/kg$
Luminancia- - - - -	--candela por me tro cuadrado - - - - -	$cd/m^2$

UNIDADES SUPLEMENTARIAS

Angulo plano- - - - -	-radián - - - - -	rad
Angulo sólido - - - -	--esterradián- - - - -	sr

## SISTEMA INTERNACIONAL

UNIDADES DERIVADAS CON NOMBRES ESPECIALES

Frecuencia.....	hertz.....	Hz.....	$s^{-1}$
Fuerza.....	newton.....	N.....	$n.kg.s^{-2}$
Presión.....	pascal.....	Pa..	$N/m^2 .m^{-1}.kg.s^{-2}$
Energía, trabajo, cantidad de calor....	julio.....	J... N.m	$.m^2.kg.s^{-2}$
Potencia, flujo - energético.....	vatio.....	W....	$J/s... m^2.kg.s^{-3}$
Cantidad de elec- tricidad, carga - eléctrica.....	coulombio.....	C... A.s	$.s.A$
Tensión eléctrica potencial eléctri- co.....	voltio.....	V....	$W/A... m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Capacidad eléctri- ca.....	faradio.....	F....	$C/V... m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Resistencia eléc- trica.....	ohmio.....	$\Omega$ ....	$V/A... m^2.kg.s^{-3}.A^2$
Conductancia.....	siemens.....	S.....	$A/V... m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Flujo de induc- - ción magnética.....	weberio.....	Wb....	$V.s ... m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
Inducción magnéti- ca.....	tesla.....	T....	$Wb/m^2 ... kg.s^{-2}.A^{-1}$
Inductancia.....	henrio.....	H....	$Wb/A... m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Flujo luminoso.....	lúmen.....	lm.....	$cd.sr$
Luminosidad.....	lux.....	Lx.....	$m^{-2}.cd.sr$
Viscosidad di- námica.....	pascal-segundo..	Pa's	$m^{-1}.kg.s^{-1}$
Momento de una fuerza.....	metro-newton....	N.m	$m^2.kg.s^{-2}$
Tensión super- ficial.....	newton-por metro..	N/m	$kg.s^{-2}$

Densidad de flujo térmico, luminosidad energética.....	vatio por metro cuadrado....	$W/m^2$ .....	$kg.s^{-3}$
Capacidad térmica, entropía.....	julio por kelvin... $J/K$ .....	$m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}$	
Calor específico, en entropía, específico.....	julio por kilogramo kelvin.....	$J/(kg.K)$ .....	$m^2.s^{-2}.K^{-1}$
Energía específica.....	julio por kilogramo... $J/kg$ .....	$m^2.s^{-2}$	
Conductividad -- térmica.....	vatio por metro kelvin... $W/(m.K)$ .....	$m.kg.s^{-3}.K^{-1}$	
Energía volúmica.....	julio por metro cúbico.... $J/m^3$ .....	$m^{-1}.kg.s^{-2}$	
Campo eléctrico.....	voltio por metro.....	$V/m$ .....	$m.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Carga (eléctrica) volúmica.....	culombio por metro cúbico.....	$C/m^3$ .....	$m^{-3}.s.A$
Desplazamiento - eléctrico.....	culombio por metro cuadrado.....	$C/m^2$ .....	$m^{-2}.s.A$
Permitividad.....	faradio por metro.....	$F/m$ .....	$m^{-3}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Densidad de corriente.....	amperio por metro cuadrado.....	$A/m^2$	
Permeabilidad.....	henrio por metro.....	$H/m$ .....	$m.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Energía molar.....	julio por mol.....	$J/mol$ .....	$m^2.kg.s^{-2}.mol^{-1}$
Entropía molar, calor molar.....	julio por mol kelvin.....	$J/(mol.K)$ ..	$m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}.mol^{-1}$

## SINTESIS HISTORICA DE LA ADOPCION DEL SISTEMA METRICO DECIMAL EN MEXICO.

En la Nueva España, los sistemas de unidades fueron tomados de los sistemas que imperaban en España y así, según las ordenanzas del Virrey Antonio de Mendoza, del año de 1536, la unidad fundamental del sistema era la vara, tomada de la vara castellana del marco de Burgos. La equivalencia de esta vara con el Sistema Métrico Decimal es de 0.83808 m. La vara mexicana estaba dividida en tres pies o tercias y cada uno en doce pulgadas que a su vez se subdividía en doce líneas y la línea en doce puntos; igualmente se dividía en dos medias, tres tercias, cuatro cuartas o palmos, seis sesmas, ocho ochavas y cuarenta y ocho dedos y a su vez el dedo estaba formado por tres pajas o por cuatro granos.

Las medidas para el agua recibían los nombres de buey de agua o abreviadamente buey y seguían en orden decreciente, el surco, la naranja, el real o limón, el dedo, la paja y el grano, estas medidas se usaron durante el período virreinal y continuaron empleándose en el México independiente durante casi todo el siglo XIX hasta que fueron desplazadas por las unidades del Sistema Métrico Decimal.

Hasta antes de 1905, estuvieron en vigor unidades arbitrarias e imprecisas como el sitio de ganado mayor, la fanega de sembradura de maíz, la carga, etc., unidades que de acuerdo con la región en que se utilizaban tenían diferentes valores.

Mientras las relaciones entre los pueblos fueron escasas, no resultó grave el inconveniente de que existieran muchas unidades pa-



ra una misma magnitud, pero, a medida de que tales relaciones se ampliaron y los pueblos más lejanos hubieron de intercambiar sus productos, la tendencia a las unidades únicas para cada magnitud se hizo sentir.

Fué en Francia donde se inició el movimiento unificador del sistema de unidades desde el año de 1790.

En la Academia de Ciencias de París se presentaron tres proposiciones para deducir de ellas la unidad de longitud:

- a) La longitud del péndulo que efectúe una oscilación en un segundo en la latitud de  $45^\circ$ .
- b) La cuarta parte del círculo del Ecuador terrestre.
- c) La cuarta parte del Meridiano terrestre.

Las dos primeras proposiciones fueron desechadas (la primera porque lo afectaba diversos factores que tenía que controlarse de ellos la acción de la gravedad y, la segunda por la dificultad que presentaba en aquella época, para realizarse la medición).

Se adoptó por tal motivo, el cuadrante del meridiano terrestre entre el Polo y el Ecuador, cuya diezmillonésima parte es tomada como la unidad de longitud y adoptada por la Asamblea C o n . s . t . F r a n c e s a el 30 de marzo de 1791.

En esta época, se adopta la proposición del sabio francés Borda para designar a la unidad de longitud con la palabra metro ; se aceptan los prefijos: deca, hecto, kilo, etc., deci, centi, mili, etc., para designar los múltiplos y submúltiplos de las unidades.

Los sabios franceses que realizaron la medición de la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, entre Dunkerque en Francia y Barcelona en España fueron Delambre y Mechain, los cuales la finalizaron en el mes de noviembre de 1798 materializando esta unidad de longitud mediante dos reglas de platino, las cuales fueron una depositada en los archivos de Francia el 22 de junio de 1799 y la otra en el Observatorio de París.

Paralelamente a estos acontecimientos, se efectuó la materialización de la unidad de masa, el kilogramo, de acuerdo con la definición que al respecto se había adoptado y que era el de la masa del decímetro cúbico de agua destilada, pesada en el vacío a la temperatura de fusión del hielo.

A fin de sancionar los trabajos emprendidos por la Academia de Ciencias de París y con la finalidad de universalizar un sistema único de unidades, el 10. de marzo de 1875, se reunió una conferencia diplomática denominada "Convención del Metro" y en la cual asistieron 18 Ministros representantes de otros tantos países; en esta convención se decide la creación de una Oficina Internacional de Pesas y Medidas, bajo la autoridad de un Comité Internacional y este a su vez bajo la autoridad de una Conferencia General de Pesas y Medidas organismo máximo en los asuntos concernientes al sistema de unidades.

La primera Conferencia General que se reunió fué en 1889 la cual definió al metro como la longitud entre dos trazos comprendidos en el Prototipo de Platino Iridio depositado en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas en Sèvres, Francia, años después (1960) esta definición fué cambiada.

México se adhirió oficialmente a la convención del metro el 30 de diciembre de 1890 y en el año de 1891, recibió el prototipo nacional del kilogramo que es la copia No. 21 del prototipo internacional y en 1895 recibió el prototipo nacional del metro que es la copia No. 25 del prototipo internacional.

Desde el año de 1857 se iniciaron las legislaciones que tuvieron como finalidad la adopción de un sistema único de unidades ya que por decreto 4,904 del 15 de marzo de ese mismo año, expedido por Don Ignacio Comonfort, Presidente interino se establece el uso legal del Sistema Métrico Decimal Francés.- Posteriormente el 15 de marzo de 1861, confirma lo anterior Don Benito Juárez, Presidente interino, mediante el decreto 5,270 y finalmente Don Porfirio Díaz mediante el decreto 17,082 de 19 de junio de 1895 dicta la Ley, sobre Pesas y Medidas.

La Conferencia General de Pesas y Medidas, ha tenido a la fecha-

14 reuniones y en ellas se han establecido las nuevas definiciones - de las unidades fundamentales que integran el Sistema Internacional, el cual enriquecido con unidades fuera de sistema pero de uso común en nuestro país, forman el Sistema General de Unidades, único de uso legal y obligatorio, de acuerdo con lo dispuesto por la Ley General de Normas y de Pesas y Medidas.

EL SISTEMA GENERAL DE UNIDADES

El Sistema General de Unidades de Medida es el formado por el sistema de siete unidades fundamentales, con sus múltiplos y submúltiplos correspondientes, denominado por la Conferencia General de Pesas y Medidas, Sistema Internacional (SI) y por las unidades fuera de este sistema.

Las unidades básicas o fundamentales ya se han citado anteriormente, asimismo se definió el Metro. Ahora vamos a ver las definiciones del resto de las unidades básicas.

Kilogramo.- Es la masa del prototipo de platino iridiado sancionada por la Conferencia General de Pesas y Medidas en 1889 y depositada en el Pabellón de Breteuil en Sevres, Francia.

Segundo.- Es la duración de 9,192,631,770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles -- hiperfinos del estado fundamental del átomo del Cesio 133.- (Resolución 1, 13ava. Conferencia General 1967).

El Kelvin.- El Kelvin, unidad de temperatura termodinámica, es la fracción  $1/273.16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.- (Resolución 3, 13ava. Conferencia General 1967).

Amperio.- Es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable, colocados a una distancia de un metro el uno del otro, en el vacío, produce entre estos conductores, una fuerza de  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro de longitud.

**Candela.-** La candela es la intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie de  $1/600,000$  de metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino - bajo la presión de  $101,325$  newtons por metro cuadrado.- (Resolución 5, 13ava. Conferencia General 1967).

**Mol.-** Es la cantidad de materia de un sistema que contiene - tantas entidades elementales como átomos haya en  $0.012$  kilogramos de carbono  $^{12}$ .

Quando se emplea la mol, deben especificarse las entidades elementales que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o agrupamientos específicos de tales partículas.

Las unidades derivadas de las fundamentales se definen como se indica a continuación:

#### UNIDADES GEOMETRICAS:

De área o superficie: metro cuadrado ( $m^2$ )

Es el área de un cuadrado que tiene un metro de lado.

De volumen: metro cúbico ( $m^3$ )

Es el volumen de un cubo que tiene un metro de lado.

#### UNIDADES DE MASA:

De masa volúmica: kilogramo por metro cúbico ( $kg/m^3$ )

Es la masa volúmica de un cuerpo cuya masa es de un kilogramo y su volumen de un metro cúbico.

De título alcohométrico: grado alcohométrico centesimal ( $^{\circ}GL$ ).

Es el grado de la escala alcohométrica centesimal de Gay-Lussac en la cual el título alcohométrico del agua pura es de 0 (cero) y del alcohol absoluto de 100 (cien).

## UNIDADES DE TIEMPO.

De frecuencia: hertz ( Hz )

Es la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es de un segundo.

## UNIDADES MECANICAS.

De velocidad: metro por segundo ( m/s )

Es la velocidad de un móvil que, animado de un movimiento -- uniforme, recorre una distancia de un metro en un segundo.

De aceleración: metro por segundo por segundo ( m/s<sup>2</sup> ).

Es la aceleración de un móvil, animado de un movimiento uniformemente variado, cuya velocidad varía, en un segundo, un metro por segundo.

De fuerza: newton ( N ).

Es la fuerza que comunica a un cuerpo de una masa de un kilogramo, una aceleración de un metro por segundo por segundo.

De trabajo y energía: julio ( J ).

Es el trabajo producido por un newton cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza.

De cantidad de calor: julio.

De potencia: vatio ( W ).

Es la potencia de un julio por segundo.

De presión: pascal ( N/m<sup>2</sup> ) o ( Pa ).

Es la presión que, aplicada sobre una superficie plana de un metro cuadrado, ejerce sobre esta área una fuerza total de un newton.

De viscosidad dinámica: poiseuille (Ns/m<sup>2</sup>) o (Pl).

Es la viscosidad dinámica de un fluido en la cual el movimiento rectilíneo y uniforme, en su plano, de una superficie plana, sólida, indefinida, da lugar a una fuerza retardatriz de un newton por metro cuadrado de la superficie en contacto con el fluido en escurrimiento relativo permanente, cuando el gradiente de la velocidad del fluido a la superficie del sólido y por metro de separación normal a la mencionada superficie, es de un metro por segundo.

De viscosidad cinemática: ( $m^2/s$ ).

Es la viscosidad cinemática de un fluido cuya viscosidad dinámica es de un poiseuille y la masa volúmica un kilogramo por metro cúbico.

#### UNIDADES ELECTRICAS.

De fuerza electromotriz, diferencia de potencial ( o tensión): -- voltio ( V ).

Es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor recorrido por una corriente constante de un amperio, cuando la potencia disipada entre estos dos puntos es igual a un vatio.

De resistencia: ohmio ( $\Omega$ ).

Es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un hilo conductor cuando una diferencia de potencial constante de un voltio, aplicada entre estos dos puntos, produce en este conductor una corriente de un amperio, no siendo el conductor mencionado la sede de ninguna fuerza electromotriz.

De cantidad de electricidad: coulombio ( C ).

Es la cantidad de electricidad transportada en un segundo por una corriente de un amperio.

De capacidad eléctrica: faradio ( F ).

Es la capacidad de un condensador eléctrico entre cuyas armaduras aparece una diferencia de potencial de un voltio, cuando está cargado con una cantidad de electricidad igual a un coulombio.

De inductancia eléctrica: henrio ( H ).

Es la inductancia de un circuito cerrado en el cual, una fuerza electromotriz de un voltio es producida cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de un amperio por segundo.

De flujo magnético: weberio ( Wb ).

Es el flujo magnético que, atravesando un circuito de una sola espira, produce una fuerza electromotriz de un voltio, si se le lleva a cero, en un segundo, por decrecimiento uniforme.

De inducción magnética: tesla ( T ).

Es la inducción magnética uniforme que repartida normalmente sobre una superficie de un metro cuadrado, produce a través de esta superficie un flujo magnético total de un weberio.

#### UNIDADES OPTICAS.

De flujo luminoso: lumen ( lm ).

Es el flujo luminoso emitido en un esterradián por una fuente puntiforme situada en el vértice del ángulo sólido y teniendo una intensidad de una candela.

De iluminación: lux ( lx ).

Es la iluminación de una superficie que recibe normalmente, de una manera uniformemente repartida, un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado.

De luminosidad: candela por cuadrado (  $\text{cd}/\text{m}^2$  ).

Es la luminosidad de una fuente cuya intensidad luminosa es de una candela y la superficie de un metro cuadrado.

De vergencia de los sistemas ópticos: dioptría ( )

Es la vergencia de un sistema óptico cuya distancia focal es de un metro, en un medio cuyo índice de refracción es igual a uno.

La Resolución 6 de la Decimotercera Conferencia General de Pesas y Medidas ( 1967 ) ha decidido agregar a la lista de las unidades derivadas, las siguientes:

Número de ondas: l por metro (  $\text{m}^{-1}$  ).

Entropía: julio por kelvin ( J/K ).

Calor másico: julio por kilogramo kelvin ( J/kgK )

Conductividad térmica: vatio por metro kelvin ( W/mK )

Intensidad energética: vatio por esterradián ( W/sr )

Actividad (de una fuente radioactiva): l por segundo (  $\text{s}^{-1}$  ).



## UNIDADES SUPLEMENTARIAS.

Las unidades suplementarias del sistema, se definen como a continuación se indica:

De ángulo plano: radián ( rd )

Es el ángulo que, teniendo su vértice en el centro de un círculo, intercepta sobre la circunferencia de este círculo - un arco de una longitud igual a la del radio del círculo.

De ángulo sólido: esterradián ( sr )

Es el ángulo sólido que, teniendo su vértice en el centro de una esfera, corta sobre la superficie de esta esfera - una área equivalente a la de un cuadrado cuyo lado es igual - al radio de la esfera.

## UNIDADES FUERA DEL SISTEMA SI.

Las unidades fuera de sistema son definidas como a continuación se indica:

## UNIDADES GEOMETRICAS.

De ángulo plano: ángulo de una revolución.

Es el ángulo central que intercepta sobre la circunferencia un arco de una longitud igual a la de esta circunferencia.

De ángulo plano: grado.

Es el ángulo central que intercepta sobre la circunferencia un arco de una longitud igual a  $1/360$  de esta circunferencia. El minuto de ángulo vale  $1/60$  de grado.

El segundo de ángulo vale  $1/60$  de minuto.

De longitud:

Milla náutica.- Es la distancia media de dos puntos de la superficie de la tierra que tienen una misma longitud y cuyas latitudes difieren de un ángulo de un minuto. Su valor está fijado convencionalmente en 1 852 metros.

## UNIDADES DE MASA.

Quilate métrico (qm): Es la denominación dada al doble decigramo (200 mg)

Tonelada ( t ): es igual a 1000 kg o 1 Mg

## UNIDADES DE TIEMPO.

Minuto ( min): 60 segundos

Hora ( h ): 60 minutos.

Día ( d ): 24 horas.

## UNIDADES MECANICAS:

De velocidad: nudo.- Es la velocidad uniforme que corresponde a una milla náutica por hora.

De trabajo o energía: vatio-hora

Es la energía proporcionada en una hora por una potencia de un vatio.- Su valor es de 3 600 julios.

De trabajo o energía: electrón-voltio.

Es la energía adquirida por un electrón acelerado bajo una diferencia de potencial de un voltio.- Su valor es de ---  $1.59 \times 10^{-19}$  julios.

De cantidad de calor: caloría.

Es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado Celsius, la temperatura de un gramo de un cuerpo cuyo calor específico es igual a la del agua a 15 grados Celsius, bajo la presión atmosférica normal ( 101 325 pascales).- Equivale experimentalmente a 4.1855 julios.

## UNIDADES ELECTRICAS.

De cantidad de electricidad: amperio-hora.

Es la cantidad de electricidad transportada en una hora por una corriente de un amperio.- Su valor es de 3600 coulombios.

## UNIDADES DE RADIOACTIVIDAD.

De actividad nuclear: curie (Ci)

Es la actividad nuclear de una cantidad de radio elemento ( o nuclido radioactivo) para lo cual, el número de desintegraciones por segundo es de  $3.7 \times 10^{10}$

De cantidad de radiaciones X o  $\gamma$  : roentgen.

Es la cantidad de radiación X o  $\gamma$  tal que la emisión -- corpuscular que le es asociada, en 0.001293 gramos de -- aire, produce en el aire iones que transportan una cantidad de electricidad, de uno u otro signo, igual a ---  $1/3 \times 10^9$  coulombios.

## MULTIPLoS Y SUBMULTIPLoS DECIMALES DE LAS UNIDADES SI

Prefijos SI

La decimoprimerá C.G.P.M. ( 1960, Resolución 12) adoptó una serie de nombres y símbolos de prefijos para formar los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades SI. Los - prefijos para  $10^{-15}$  y  $10^{-18}$  fueron agregados por la decimo segunda C.G.P.M. (1964, Resolución 8).

## TABLA II

DENOMINACION, VALOR Y SIMBOLO DE LOS PREFIJOS PARA LA FORMACION DE MULTIPLoS Y SUBMULTIPLoS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA GENERAL.

## MULTIPLoS

PREFIJO	SIMBOLO	VALOR
tera . . .	T	1 000 000 000 000 = $10^{12}$
giga . . .	G	1 000 000 000 = $10^9$
mega . . .	M	1 000 000 = $10^6$
kilo . . .	k	1 000 = $10^3$

PREFIJO	SIMBOLO	VALOR
hecto. . .	h	100 = $10^2$
deca . . .	da	10 = $10^1$

## SUBMULTIPLoS

PREFIJO	SIMBOLO	VALOR
deci . . .	d	0.1 = $10^{-1}$
centi. . .	c	0.01 = $10^{-2}$
mili . . .	m	0.001 = $10^{-3}$
micro. . .	$\mu$	0.000 001 = $10^{-6}$
nano . . .	n	0.000 000 001 = $10^{-9}$
pico . . .	p	0.000 000 000 001 = $10^{-12}$
femto. . .	f	0.000 000 000 000 001 = $10^{-15}$
atto . . .	a	0.000 000 000 000 000 001 = $10^{-18}$

Recomendaciones

La Organización Internacional de Normalización ha recomendado que se observen las reglas siguientes en el empleo de los prefijos SI:

- 1.- Los símbolos de los prefijos deben expresarse en caracteres romanos, sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad.
- 2.- Si un símbolo que contiene un prefijo está afectado de un exponente, ello indica que el múltiplo o el submúltiplo de la unidad está elevado a la potencia expresada por el exponente,

por ejemplo:  $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$

$1 \text{ cm}^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$

3.- Los prefijos compuestos, formados por la yuxtaposición de varios prefijos SI, no se admiten,

por ejemplo:  $1 \text{ nm}$  pero nó:  $1 \text{ m} \cdot \text{m}$

#### 4.- El kilogramo

Entre las unidades de base del Sistema Internacional, la unidad de masa es la única cuyo nombre, por razones históricas, contiene un prefijo. Los nombres de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa se forman por la adición de los prefijos a la palabra "gramo" ( C.I.P.M. (1967), Recomendación 2).

Se debe procurar que la división decimal de las unidades sea la única admitida, excepto en las divisiones de las unidades de ángulo y de tiempo.

Los prototipos nacionales para representar las unidades fundamentales se encuentran depositados en la Dirección General de Normas, Departamento Técnico de Medidas, de la Secretaría de Industria y Comercio.

#### Correspondencia de los términos utilizados:

amperio	_____	ampere
voltio	_____	volt
julio	_____	joule
vatio	_____	watt
ohmio	_____	ohm
coulombio	_____	coulomb
faradio	_____	farad
henrio	_____	henry
veberio	_____	weber

LEGISLACION NACIONAL

La Ley General de Normas y de Pesas y Medidas publicada en el Diario Oficial del 7 de abril de 1961, en su título segundo y en sus artículos 9o, 10o y 11o establece que el Sistema General de Unidades de Medida es el único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, que este sistema se integra con las unidades fundamentales, suplementarias, derivadas de las fundamentales y los múltiplos y submúltiplos de todas éstas que consigne y defina el reglamento de la citada Ley.

Es de hacerse notar que en el artículo 11o se establecen seis unidades fundamentales y en el Sistema Internacional de Unidades se establecen siete, debido a la adición reciente en este último sistema de la unidad de cantidad de materia (mol).

El otro elemento importante de la legislación nacional referente a las unidades de medida, es el Reglamento de la Ley sobre Pesas y Medidas publicado en el Diario Oficial del 14 de diciembre de 1928. Huelga decir que a estas alturas, dicho reglamento es ya obsoleto y urge su revisión para ponerlo al día acorde con el Sistema Internacional de Unidades.

Este reglamento establece las unidades de longitud, masa, -- tiempo, etc. tanto las fundamentales como sus múltiplos y submúltiplos. En un capítulo II, el reglamento define a los prototipos y patrones nacionales. Se incluye en esta publicación, copia de este capítulo aclarándose que su estudio más a fondo en este Curso de Metrología y Normalización Básica es objeto de otro tema.

A continuación se transcribe el citado capítulo II.

## CAPITULO II

## Prototipos y patrones nacionales

ART. 4o.- Los "Prototipos Nacionales" de las unidades fundamentales serán:

I.- El de Longitud, constituido por el Metro de que habla el artículo 2o. de la Ley sobre Pesas y Medidas; y

II.- El de Masa, constituido por el Kilogramo de que habla el mismo artículo 2o. de la ley.

Estos "prototipos" se compararán con los correspondientes Internacionales.

ART. 5o.- Los "Patrones Nacionales" serán de tres clases:

I.- De "primer orden":

Constituidos por los instrumentos de precisión necesarios para obtener, directa o indirectamente, el valor de las unidades correspondientes a las diversas magnitudes que se mencionan en este reglamento.

Estos patrones se compararán con los "Prototipos Nacionales" cuando su naturaleza o los medios de que se disponga permitan hacerlo; en caso contrario, la comparación será llevada a cabo por la oficina que corresponda, con "Patrones Internacionales" de la misma índole, y, en caso de no existir éstos, con patrones pertenecientes a una corporación especialista reconocida mundialmente como autoridad en la materia.

II.- De "segundo orden":

Estos patrones estarán constituidos por instrumentos análogos a los de "primer orden" por lo que se refiere a la naturaleza de la magnitud cuya unidad proporcionen y se compararán directamente con ellos.

III.- De "tercer orden":

Constituidos por instrumentos análogos a los de "primero y segundo órdenes", por lo que se refiere a la naturaleza de la magnitud cuya unidad proporcionen. Se les comparará previa y directamente con los de "segundo orden" y estarán destinados para comparar con ellos, a-

su vez, los instrumentos de medir a que se hace referencia en el artículo 14.

ART. 60.- La comparación de los patrones de "primer orden" con los "prototipos" se hará dentro del mayor -- grado de precisión posible para la Oficina Nacional, y la de los de "segundo orden" con los de "primer orden", con un grado de precisión cuatro veces mayor, por lo menos, que el correspondiente a las tolerancias reglamentarias para instrumentos ordinarios de la misma índole. El ajuste o la determinación de los factores de corrección de los patrones de "tercer orden" se hará en forma que garantice un grado de precisión dos veces mayor, -- por lo menos, que el correspondiente a las tolerancias mencionadas.

ART. 70.- Para los fines indicados en el artículo 60 el resultado de la comparación de los patrones de "primer orden" con los "prototipos", y las discrepancias entre los de "segundo orden" y los de "primer orden", así como las características de dichos "prototipos" y patrones, se harán constar en un registro certificado por el jefe del Departamento de Pesas y Medidas, que se conservará en el Archivo del Gabinete de Patrones del propio Departamento; y por lo que hace a los factores de corrección de los patrones de "tercer orden", la anotación correspondiente se hará por duplicado, en formas especiales, un tanto de las cuales se conservará igualmente en el archivo indicado, debiendo obrar el otro tanto en poder del inspector que tenga a su cargo el manejo de los patrones correspondientes. En el propio archivo se conservarán todos los certificados extranjeros que se relacionen con los "prototipos".

ART. 80.- La comparación, el ajuste y la determinación de los factores de corrección a que se hace referencia en el artículo 60., se llevarán a cabo periódicamente y con la frecuencia que exijan la naturaleza y usos a que estén destinados los diferentes patrones, y -- además, siempre que haya certeza o simple presunción de que los propios patrones han dejado de llenar los requi



sitos especificados.

ART. 9º.- La comparación directa con los "prototipos" o con los patrones de "primer orden" de instrumentos distintos de los patrones llamados a ser comparados respectivamente con ellos, sólo se efectuará en casos excepcionales y por disposición del C. Secretario de Industria, Comercio y Trabajo.

Cuando del Departamento de Pesas y Medidas lo considere conveniente, podrá autorizar que se lleve a cabo la comparación directa con los patrones de "segundo orden", de instrumentos ordinarios o de precisión distintos de los patrones, siempre que, tratándose de instrumentos ordinarios, exija tal comparación algún estudio especial que haya de hacerse de acuerdo con los artículos 23 y 24.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Metric Change in India.- Editores Lal C. Verman y Jainath Kaul.- Indian Standards Institution.
- 2.- Conferencias de Jean Terrien, Director de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.- Pabellón de Breteuil, Sevres Francia.
- 3.- Conferencias presentadas por el Ing. Félix Pezet Sandoval, Jefe del Departamento Técnico de Medidas de la Dirección - General de Normas.
- 4.- Recomendación ISO-R31
- 5.- Recomendación ISO-R1000
- 6.- Measuring Systems and Standards Organizations.- William K. Burton.- Published by the American National Standards Institute, Inc.
- 7.- The Magazine of Standards.- April 1961.
- 8.- Le Système International d'Unités (SI).- Bureau International des Poids et Mesures.- 1973.
- 9.- Norma Oficial Mexicana. "Magnitudes y Unidades de Base del Sistema Internacional (SI)". DGN-Z-1-1971.



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA



METROLOGIA

ING. MANUEL MARIN GONZALEZ

5. Concepto de Calidad.- Con miras a la proposición de un principio general, "a mayor desarrollo más este depende de los avances en ciencia y tecnología", que nos permita precisar los objetivos, metas y funciones de la Metrología y la Normalización Básica, formulamos el principio científico de desarrollo, a partir de los dos principios fundamentales de la física, el de la conservación y el de la entropía, y también formulamos el principio lógico de la dependencia, a partir de la función de transferencia de un servomecanismo. Enseguida comprobamos cómo esos tres principios explican cabalmente el desarrollo conciente de la producción, vale decir, cómo en efecto la ciencia y la tecnología impulsan al desarrollo económico mediante el servomecanismo de la Normalización Básica que vincula la ciencia y la tecnología con la actividad productiva, identificando los niveles alcanzados por ésta y orientando la investigación hacia su superación. Todo esto se concreta aún más al introducir el concepto de calidad. Encuentro entre la intencionalidad de nuestras necesidades y la objetividad de la naturaleza, ya en la actividad productiva la calidad es la medida en la que la producción alcanza las exigencias del uso o consumo. Exigencias, características, cualidades que sumadas definen la calidad. La calidad es la suma de cualidades, más aún características significativas de calidad que sean cuantificables, medibles, suma pues de parámetros de calidad. El concepto de calidad sintetiza, para nuestro objetivo, todos los demás, medida en la que se alcanzan las exigencias del consumo, es de hecho otra manera de definir desarrollo; y lograrlo por la investigación, precisa la dependencia -

del desarrollo de los avances en la ciencia y la tecnología. Incluso el desglose de la calidad en cualidades nos precisa la necesidad de la investigación paramétrica y de la metrología, más aún de la normalización, la identificación de la distribución de valores de un conjunto, la única forma rigurosa de definición. Definición que en seguida permite el control y el desarrollo. Juzgado un conjunto en relación a un determinado parámetro, la normalización matemáticamente es la distribución universal de sus valores. Operativamente, y fijado un determinado parámetro y su correspondiente forma de medición, por ejemplo, la resistencia a la tensión de varillas para reforzar concreto, si medimos una vez, obtenemos un valor  $X_1$  de esa resistencia; si medimos una segunda vez, obtenemos un valor  $X_2$ , probablemente diferente de  $X_1$ ; si continuamos nuestra prueba o ensayo, no obtendremos tantos valores como <sup>en</sup> predicciones, sino que paulatinamente se irá configurando con los resultados la característica de distribución normal. Solo hasta que esto ocurre logramos identificar la norma de ese parámetro, la recurrencia universal de sus valores. Si lo hacemos con un segundo parámetro, mejoramos el conocimiento del producto. Un nuevo producto es aquel del que solo hemos identificado unos cuantos parámetros, un producto <sup>mejor</sup> <sup>que</sup> aquel del que conocemos muchos. Y aquí vemos claramente en qué sentido es en el que podemos aprovechar normas extranjeras. Podemos tomar algunos parámetros y sus correspondientes métodos de prueba o ensayo y con ellos verificar la normalidad de nuestros productos, la distribución característica de la recurrencia de los valores para cada parámetro. Es decir, no podemos tomar los valores característicos que tenga

cada parámetro en la norma, el valor central y su dispersión o tolerancia. Pues solo mágicamente la igualdad podrá ocurrir. Lo que sí podemos hacer es comparar nuestros propios resultados con los de la norma y tratar de explicarnos las diferencias que encontráramos en cada caso. También en esta forma la norma extranjera nos ayuda. La diferencia es un desafío a la superación. Seguramente nos conducirá de inmediato a tomar medidas para la superación. Primero serán medidas de simple sentido común; enseguida veremos la conveniencia de aplicar técnicas usuales y después especializadas, finalmente llegaríamos hasta requerir la investigación tecnológica y científica. Por el trabajo efectivo de normalización adquirimos la conciencia de la necesidad de aplicar la técnica común, la especialidad y hasta la investigación científica. -  
En Este momento la ciencia estaría ya impulsando el desarrollo. Lo haría por la transferencia de sus resultados rigurosos a la actividad productiva, la normalización es el mecanismo de transferencia, efectúa la función de transferencia. Ningún sentido pues tiene la simple traducción y oficialización de normas extranjeras. Estas nos proporcionan una utilidad inapreciable, ofreciéndonos parámetros y métodos de medición, solo para que enseguida nosotros los utilicemos en verificar nuestra propia normalidad, identificar diferencias y en base de normalidad y diferencias llegemos a la óptima decisión para fijar los más convenientes valores. La normalización básica tiene por objeto la identificación de los parámetros de calidad; los métodos y sistemas de medición y la verificación precisa de la normalidad, la distribución de los valores obtenidos para cada

parámetro. Aún aprovechando las normas extranjeras no podemos evitar la verificación, si bien al hacerlo e identificar inevitablemente las diferencias, tenemos en ellas el desafío que indudablemente vincula la investigación a la actividad productiva. La normalización a la vez que realiza la función de transferencia tiene la virtud de vincular la investigación con la actividad productiva. La investigación encontrará así su tarea más legítima, con lo que ella misma se desarrollará.

6. Concepto de Metrología.— Para fijar ahora nuestra atención en la Metrología y veamos su generalidad, sus posibilidades universales, tomaremos un ejemplo no de mediciones mecánicas, eléctricas, etc., mediciones físicas, químicas o biológicas; no hablaremos ni siquiera de econometría, trataremos de hacerlo de psicometría. La TV distorsiona la expresión de las necesidades y difunde una información incongruente con nuestras tradiciones, cultura y destino. Seguramente, sin embargo, la TV presenta esencialmente la misma imagen que ofrecen la radio, la prensa diaria y la periódica, el cine y la literatura, y quizás hasta la educación misma. ¿Qué efecto tendría cambiar unilateralmente la imagen que ofrece TV? ¿Cuál, cambiar todas esas imágenes? ¿No es, en todo caso, la realidad la que debería ser cambiada y no solamente su imagen? En las opciones expuestas, controvertidas, ya muy abundantes, se manifiesta por lo menos, y eso no puede negarse, un problema. La televisión actual es nociva, contraria a los intereses culturales, o bien la televisión es un servicio útil, ilustración al alcance de gran parte de la población, sana distracción, etc. No es por el camino de la opinión, de la ponderación

bueno - malo que la ciencia y la tecnología abordan los problemas. La Normalización Básica identifica la realidad tal cual es, su normalidad, mide rigurosamente, define, y en base de esa definición acepta o rechaza, controla y, en fin, desarrolla. Precisamente la Normalización Básica es medición de parámetros para definición, control y desarrollo de <sup>la entidad</sup> sistemas. El caso de la televisión no se diferencia de lo que ocurre en cualquier empresa, ya sea en la producción o en el consumo. Hay quejas de que los productos son malos y frente a esa opinión se les defiende calificándolos de buenos; las materias primas, los materiales y productos son buenos y son malos, según diversos puntos de vista. La normalización aborda el problema, no abundando en opiniones de ese tipo, sino normalizando, identificando la normalidad. Identifica los parámetros, características medibles, que permitan identificar la realidad del material o producto, y efectúa la medición. Esta da cuenta enseguida de la realidad del producto o sistema, de su normalidad. El problema radica en que sea factible establecer el número necesario y suficiente de parámetros para identificar el sistema, en precisar los métodos de ensayo y análisis y realizar adecuadamente la medición. ¿Existe la posibilidad de establecer algunos parámetros que permitan definir TV y radio? Solamente en la medida en la que podamos definir satisfactoriamente este sistema estaremos en condiciones de controlarlo y eventualmente desarrollarlo. Aquí se sostiene que sí es factible realizar una investigación de carácter experimental que permita identificar semejantes parámetros, que igualmente pueden formularse ciertos métodos de ensayo y análisis y,



aún, pueden efectuarse las mediciones correspondientes, con el fin de identificar razonablemente la realidad de este sistema, su normalidad. El método es el de la Normalización Básica. El análisis sistemático de las informaciones emitidas por los canales de TV permite formular las características que definen la sociedad, su espectro caracterológico. La psicología ofrece una caracterología utilizable con fines científicos como éste. Por otra parte, la teoría de la medida permite formular medidas a partir del concepto fundamental de contenido e integral. Sostenemos que es posible formular una norma que defina el carácter de la sociedad mexicana, norma en relación con la cual es factible juzgar todas y cada una de las informaciones individuales que fueran a ser emitidas a través de los canales. La trascendencia de esta metodología permitirá eliminar los elementos subjetivos y, por el contrario, disponer de un mecanismo objetivo, científico. Quizás su trascendencia aún revase a TV y radio y pueda ir a todos los medios masivos de comunicación, incluida la educación misma.

6.1 Investigación Paramétrica.-- Las comunicaciones, en efecto, afectan la comunidad, la realizan. Comunidad es sociedad, nación. Esta es comunidad de lengua, de territorio, de historia y de destino. Es comunidad de cultura, Las comunicaciones efectúan la comunidad y afectan la cultura. Cultura es cultivo, comunicación. Y también la comunicación, la información transmitida, es expresión, la imagen de la comunidad, de su cultura. Por medio del análisis del contenido de la comunicación es posible conocer los caracteres sociales de los individuos que componen esa sociedad. La publicidad magnífica -

esta posibilidad, pues es información tendiente a disponer el carácter de las personas a la aceptación de algo. La publicidad descubre el carácter de las personas en la medida en que estas aceptan lo ofrecido. El análisis de la publicidad permite efectuar un psicoanálisis de la sociedad en la que actúa. La psicología social distingue una caracterología que permite calificar a las personas, grupos y la sociedad misma, caracterología factible de ponderación. Toda sociedad presenta un espectro caracterológico característico que puede identificarse con determinada confiabilidad, espectro que se identifica por el psicoanálisis de la sociedad. El espectro es la ponderación relativa de cada uno de los caracteres. Conocido este espectro, el nivel se identifica por la integración de las frecuencias correspondientes. Integración es contenido, medida. La integral proporciona la medida del carácter de la sociedad, su contenido caracterológico. Pero la integral también expresa la realización de un proceso, el nivel alcanzado en esa realización. Todas las caracterologías, la psicoanalítica y la marxista, la existencial y la católica, señalan que el carácter adquirido, la fuerza que impulsa la conducta, es el resultado de la derivación de las energías humanas hacia la interacción con la objetividad y con las demás personas. La realización del ser humano y de la sociedad, su existencia, es el resultado de su interacción. De manera que la integración da cuenta también de la marcha de ese proceso, del nivel alcanzado. El contenido de la integración del espectro caracterológico es a la vez el nivel alcanzado por la sociedad en su desarrollo. De esta manera, la investigación paramétrica

ca incluye:

6.1.1. Parámetros: caracterología ponderada que puede ser, por ejemplo, la del psicoanálisis de Fromm, la existencial, la marxista, la católica, etc. o una combinación óptima - de ellas. En todo caso es tarea de psicólogos y antropólogos definirla.

6.1.2. Medición: el diseño del experimento se relaciona naturalmente con el punto anterior, en todo caso habrá de ser la muestra representativa de la información en base de la cual se va a realizar el psicoanálisis. Esto ofrecerá como resultado el espectro caracterológico.

6.1.3. Medida: la determinación precisa del nivel alcanzado por la sociedad mexicana habrá de lograrse por la integración del espectro.

6.2 Medición de necesidades.— Es la formulación de la normalidad obtenida a partir de la integración del espectro caracterológico de la sociedad mexicana. La normalidad es la derivada de la integral. Corresponde naturalmente al espectro caracterológico, si bien ahora corregido.

6.3 Medición de recursos.— Análisis caracterológico de cada uno de los mensajes o informaciones en general en relación, por supuesto, con la misma caracterología, después integración y derivación.

6.4 Confrontación.— Se trata de comparar, como en todo control, la medida obtenida en cada caso particular respecto de la normalidad. Establecido aquí algún criterio, cada uno de los mensajes individuales podrá ser aceptado o rechazado. Por ejemplo, podría establecerse la no aceptación de valores centrales por abajo del de la normalidad, es decir, solo serían admitidos aquellos mensajes cuyo valor central fuera igual o mayor al de la normalidad.

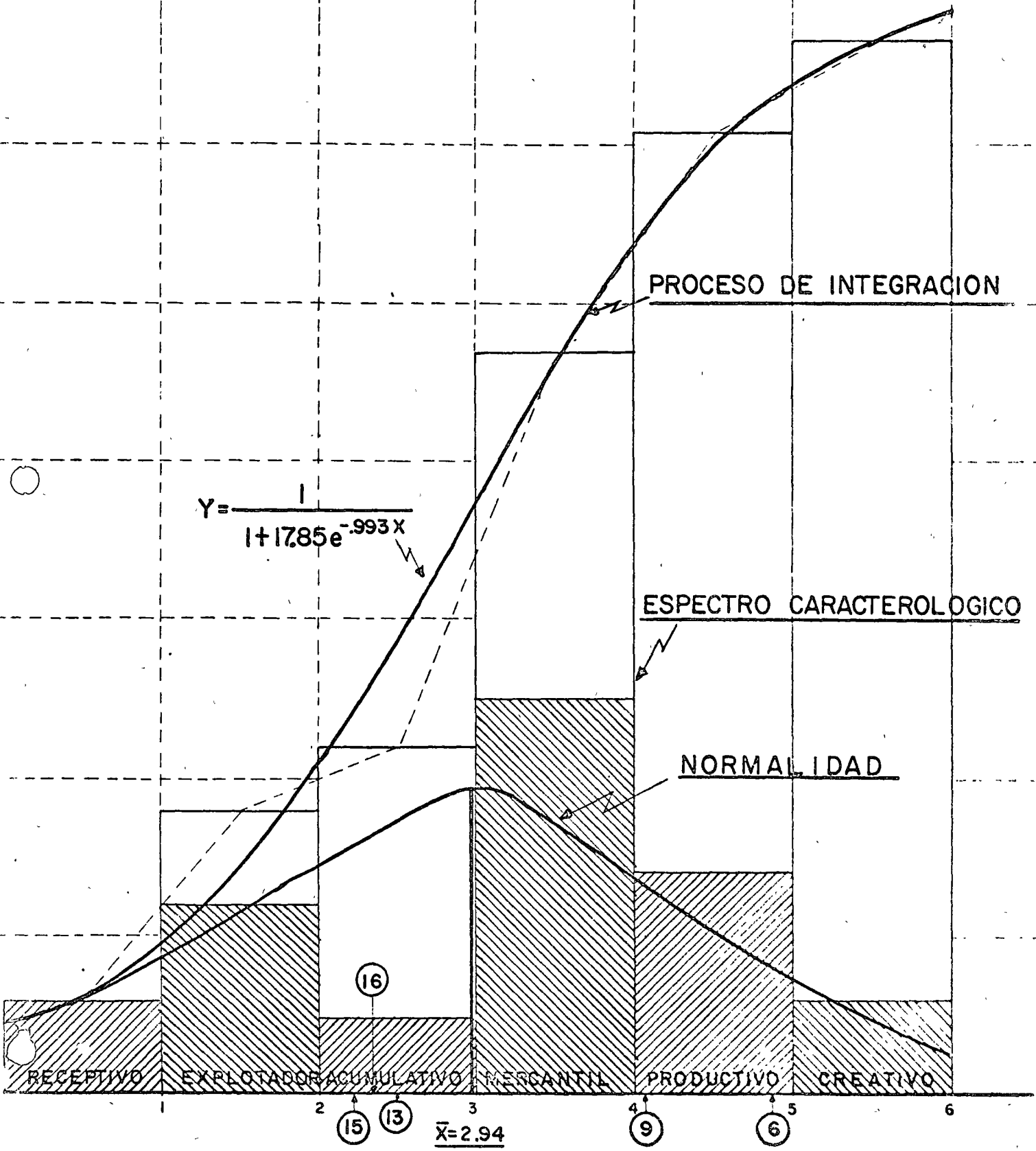
6.5 Diagnóstico.— Queda abierta la puerta evidentemente al examen de alternativas factibles de superar las informaciones a transmitir. Estas alternativas se ofrecerían ya sobre la base de una realidad plenamente conocida, de suerte que se podrían formular recomendaciones abstractas, siempre tendientes a la superación. De cualquier manera aún estas alternativas finalmente deberán someterse al mismo psicoanálisis, ponderación y medida. Significarían realmente un desarrollo de TV aquellas alternativas que en el análisis correspondiente arrojaran valores centrales superiores al de la normalidad. En eso radica la esencia de la Normalización Básica como mecanismo del desarrollo. Medición de parámetros que, primero, define, enseguida permite el control y, finalmente sugiere el desarrollo.

7. Conclusiones.— Ahora estamos en la posibilidad de definir con cierto rigor Metrología y Normalización Básica, métrica y paramétrica y también su metodología y lo podemos hacer en general, universalmente. La normalización coincide plenamente con el proceso del conocimiento y con el

del desarrollo, la normalización define rigurosamente el proceso del conocimiento y el del desarrollo, incluso define rigurosamente su relación, su interdependencia, el desarrollo ocurre en la medida en la que el conocimiento lo impulsa, la investigación científica y tecnológica impulsan el desarrollo. En todos los casos analizados hay un problema de calidad, definir el qué de las cosas, y en todos los casos la calidad es el encuentro entre una intencionalidad y una objetividad, el qué es tal cual los parámetros que podemos medir. Aún el carácter de las personas que integran una comunidad. Esta quedará definida por el encuentro particular que en un determinado momento haya entre una intencionalidad y una objetividad. Lo mismo da que ese carácter peculiar lo definamos, como lo hace el cristianismo, como el momento particular de la marcha de la bienaventuranza de la inocencia a la bienaventuranza concientemente lograda por nuestras realizaciones; o por el nivel alcanzado en la marcha desde el comunismo primitivo al comunismo -- científico, como lo hace el marxismo; como la etapa particular en el -- camino de la vida, de los existencialistas, o como el peculiar estado lo grado en el proceso de asimilación y socialización definidas por el psicoanálisis. El carácter, el qué, la calidad es el encuentro peculiar entre intencionalidad y objetividad. Pero también eso es el desarrollo. Si de una parte el carácter lo definimos por la distribución normal de los valores recurrentes de la medición de los parámetros de calidad, de otra, el desarrollo es la marcha por la curva acumulativa, curva que en todos los casos matemáticamente es la integración de la ecuación diferente

cial que plantea la contradicción entre lo que ya es,  $y$ , y lo que todavía no lo es,  $1-y$ , en la marcha hacia la meta. La existencia de esos dos aspectos reciprocamente contradictorios, su unidad,  $X + Y = 1$ , y su conflicto  $X = K \frac{y'}{y}$ , y la acumulación resultante de la transformación de uno en su contrario nos dan la esencia del desarrollo y nos dan igualmente la esencia de la medición. Esta, la medición, es el proceso y el único proceso por el que conocemos y también es el proceso y el único proceso del desarrollo verdadero, el desarrollo dialéctico. Calidad es el encuentro entre la intersubjetividad de nuestras necesidades y la objetividad de la naturaleza. Desglosada en cualidades, la investigación paramétrica asigna parámetros a cada una de ellas para captarlas, medir las rigurosamente, mediciones que para serlo cabalmente deben corresponder a la distribución precisa de sus recurrencias, distribución que informa de la normalidad, de la norma o conocimiento preciso, riguroso, si bien al mismo tiempo informa de la contradicción peculiar que impulsa el desarrollo. Esto es lo que define con precisión el principio enunciado, el conocimiento científico, la ciencia y la tecnología impulsan el desarrollo.

# NORMALIZACION BASICA EN T.V.

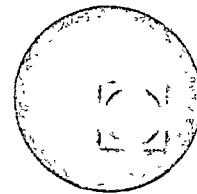








centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

TEORIA DE LA MEDICION

DR. RUBEN MARES GALLARDO





# Parte I



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

México, D. F., 1960

~~SECRETARÍA DE ECONOMÍA Y FINANZAS~~  
~~INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS~~

Dep. de Física  
Escuela Superior de Física y Matemáticas, IPN

En sus años de la literatura de economía, matemática, filosofía, física, psicología y estadística se encuentran sistemas y teorías que pretenden explicar por qué algunas de las propiedades de objetos y eventos - pueden representarse numéricamente. Estos resultados constituyen los fundamentos matemáticos de la medición. No obstante que dichas teorías son de cierto interés matemático, ocupan la atención, irracionalmente, como teorías empíricas, tentativas de formulación de propiedades observadas y que se proponen como válidas con respecto a ciertos atributos cualitativos. Algunas de las teorías propias a la física clásica son tan aceptadas que se consideran usualmente como formando parte de la filosofía más que de la física. De tiempo en tiempo, la naturaleza empírica de las hipótesis básicas sobre la medición atrae la atención, por ejemplo, cuando la teoría de la relatividad manifiesta con claridad que las velocidades no se combinan en forma aditiva, cuando la mecánica cuántica muestra claramente que la teoría de la probabilidad de partículas elementales es diferente de la apropiada a eventos macroscópicos, por la introducción en el campo de la Filosofía de las Ciencias de la Lógica Objetiva, etc.

En las ciencias no físicas, la medición ha sido siempre problemática, y cada vez se ha hecho evidente que se deben establecer teorías un tanto -

de los atributos en la práctica. En virtud del experimento activo y voluntario de la medición en esta ciencia, no se debe preocupar con el que se trate de estudiar en toda su profundidad a la medición. La metodología de la medición tiene, ciertamente, una larga historia en las ciencias físicas y en este ensayo se cubrirán la mayor parte de los problemas fundamentales que varían desde la teoría de las mediciones extensas hasta el análisis dimensional. Aquí se trata de la fundamentación de la medición y no del desarrollo histórico de la medición en un campo cualquiera.

Existe también una opinión generalizada entre los opositores de la medición como mecanismo de conocimiento que consiste en rechazar a ésta - en base a una resistencia de "cuantificar" al hombre y a los actos humanos. Incluso se afirma que no es posible y repugna el que se pretenda - aplicar al hombre un "metro" o se "midan" sus sentimientos con una "balanza". Sin embargo, tarea de estos ensayos es refutar tales afirmaciones y se extiende hasta un argumento ad hominem que pretende descubrir la total incomprensión de lo que es medir en tales actitudes.

En forma decidida nos colocamos en un punto de vista análogo al esfuerzo de Russell en su cimentación de la matemática en la lógica, guardada - la proporcionalidad correspondiente, y queremos demostrar que la metrología si en algo se fundamenta es precisamente en la matemática y la lógica. Medir no es otra cosa que correlacionar relaciones existentes y en estructuras dadas. Por otra parte, es posible mostrar que la sociedad humana es precisamente eso, correlación de relaciones creadas u ontológicas. No dudamos en colocar a la metametrología en la frontera de la

matemática y la lógica y en afirmar que el hombre se ha acercado al mundo objetivo como una forma más que el hombre ha utilizado para acercarse a la lógica al mundo objetivo.

En la actualidad existen tres resultados matemáticos distintos utilizados para construir representaciones de estructuras cuantitativas que serán el objeto de nuestro estudio.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 Procedimientos básicos de la medición

Cuando medimos atributos o propiedades de objetos o eventos, asociamos números (u otras entidades matemáticas familiares como vectores, distribuciones, matrices, tensores, etc.) a los objetos, en tal forma que las propiedades del atributo se representan confiablemente por propiedades numéricas. En lo que sigue se investigan varias propiedades de conjuntos de atributos que dan origen y conducen a la medición.

Algunos analistas de la medición física pretenden que un atributo debe presentar un conjunto más o menos único de propiedades formales con el objeto de tener una medida "fundamental" que no requiere la medición de otras cantidades. Por ejemplo, la longitud puede medirse en forma fundamental, mientras que la densidad = masa/volumen, depende de una medición anterior de masa y volumen. Sin embargo, es falso el afirmar que existe un sistema único de propiedades fundamentales, como se demostrará más adelante.

... la variedad de sistemas que conducen a la medición, se  
... los procedimientos de asignar números a obje-  
... en base a observaciones cualitativas de propiedades. -  
... se discuten tales procedimientos en térmi-  
... de medición de longitudes.

Supongamos que se tiene un conjunto de barras rígidas y rectilíneas -  
... debe ser medida. Si colocamos a las barras a y b, -  
... y las ajustamos de tal forma que una esté totalmente al  
... de la otra y que coincidan en un extremo, se presentan las po-  
... siguientes: a se extiende más allá que b en el otro extre-  
... a b supera a, o bien coinciden también en ese extremo. Decimos,  
... que a es más grande que b, b es más grande que a,  
... o bien a y b son equivalente en magnitud. Por brevedad escribimos -  
...  $a \succ b$ ,  $b \succ a$ ,  $a \sim b$ . La concatenación de a y b la  
... con a o b y la observación que c es más grande que a o  
... con c  $a \succ b$ ; etc. Muchas propiedades empíricas de  
... en longitud y de la concatenación pueden ser formula-  
... ejemplo:  $\succ$  es transitiva, esto es,  $a \succ b, b \succ c \implies a \succ c$ ;  
...  $a \succ b, b \sim c \implies a \succ c$  (asociatividad)  $a \succ b \implies a \sim c \succ b$ , etc.  
... serán estudiadas sistemáticamente a continuación.

#### Medición ordinal

... de una longitud, se procede ordinariamente a compara-  
... simples y concatenadas barras y todo se reduce a la -  
... números  $\varphi(a)$ ,  $\varphi(b)$ , etc. a las barras a, b, de tal

... números reflejen los resultados de una comparación.  
... Esto quiere decir que se requieren números a ser asignados -  
... tales que  $a \succ b \iff \varphi(a) > \varphi(b)$ . Información sobre la correspon-  
... misma no es usada en forma alguna.

Un procedimiento natural para la asignación de números es el siguien-  
... se le asigna a una barra cualquiera un cierto número. Si la se-  
... barra escogida excede a la primera le asignamos un número  
... mayor, y si la primera excede a la segunda, se le asigna un núme-  
... inferior. Se procede con la tercera en la misma forma, excepto  
... si se encuentra entre las dos primeras. En este caso, se le asigna -  
... un número comprendido entre los dos anteriores. Este procedimiento  
... puede continuarse en forma indefinida.

La única dificultad que se presenta en la continuación del procedimien-  
... anterior, consiste en la existencia de barras a, b tales que  $a \sim b$ .  
... Si la comparación no establece un orden, se estará inclinado a con-  
... cluir que las longitudes son iguales y en esta forma asignar el mis-  
... mo número a las barras a y b. Sin embargo, si el proceso de com-  
... paración para establecer relaciones es insensible a muy pequeñas di-  
... ferencias de longitud, se puede encontrar que  $b \succ c$ ,  $c \succ d$  y  $b \succ d$ . La  
... representación de estas relaciones por números requiere que  $\varphi(b) =$   
...  $\varphi(c)$ ,  $\varphi(c) = \varphi(d)$  y  $\varphi(b) > \varphi(d)$  lo que es imposible. Así, este proce-  
... dimiento de medición ordinal es deseable solo cuando la sensibilidad -  
... del proceso de comparación excede a las disparidades entre las barras  
... en consideración. En el caso ideal resulta o bien  $a \succ b$  o  $b \succ a$  para

... cualquiera a, b, excepto para "copias perfectas" cuidadosamente preparadas; para ellas, es válida entre dos copias y es transitiva.

Ovviamente, copias perfectas no pueden realmente ser preparadas. Existe siempre diferencia cualquiera que sea el método físico para construirías. En muchos casos, observaciones de dos objetos suficientemente similares son inconsistentes cuando se repite la misma comparación y cuando ésta ocurre, se presentan violaciones a la transitividad. Sin embargo, el caso ideal descrito anteriormente, puede aún ser realizado si las copias son preparadas por métodos "standard" que son mucho más sensitivos que los métodos "actuales" utilizados para establecer la relación  $\succ$  y si el conjunto de barras se restringe a que se cumpla la relación  $a \succ b$  o bien  $b \succ a$  excepto para copias estandarizadas.

Ovviamente, el procedimiento anterior de medición ordinal puede aplicarse a cualquier atributo de objetos, no necesariamente longitud, siempre que se establezca un proceso de comparación que de lugar a las relaciones  $\succ$  y o con las propiedades requeridas y que el conjunto de objetos sea finito.

### 1.1.2 Lectura de Unidades.

Si se toma en cuenta tanto la concatenación de barras como su orden, se presentan restricciones ulteriores a la asignación numérica. Supóngase, por ejemplo, que  $a'$ ,  $a''$ ,  $a'''$ , etc. son copias perfectas de la

... Si  $a \succ a'$  y  $b \succ a'$ , entonces  $a \succ b$ , lo que  $\mathcal{Q}(a \text{ o } a') \succ \mathcal{Q}(b) \succ \mathcal{Q}(a) = \mathcal{Q}(a')$ , sino se puede interpretar como el hecho que  $a$  o  $a'$  es dos veces mayor que  $a'$ ,  $\mathcal{Q}(a \text{ o } a') = 2\mathcal{Q}(a)$ . De aquí se sigue que  $\mathcal{Q}(b)$  se encuentra entre  $\mathcal{Q}(a)$  y  $2\mathcal{Q}(a)$ . Similarmente, si  $a$  o  $a'$  o  $a''$  o  $a'''$   $\succ b$ ,  $b \succ a$  o  $a'$  o  $a''$ ,  $\mathcal{Q}(b)$  se encuentra entre  $\mathcal{Q}(b)$  y  $3\mathcal{Q}(a)$  y  $4\mathcal{Q}(a)$ , etc.

La secuencia  $a$ ,  $2a = a \text{ o } a'$ ,  $3a = (2a) \text{ o } a''$ ,  $4a$ ,  $5a$ , ... no, se define como secuencia standard de base  $a$ . Por ejemplo, una regla de 1 metro graduada en milímetros, proporciona los 1000 milímetros de una secuencia standard construida teniendo como base, barras de 1 milímetro. Si se observa que la barra  $b$  se encuentra entre  $na$  y  $(n+1)a$ , digamos entre 480 y 481 mm., se le asigna un número con recuento entre  $n\mathcal{Q}(a)$  y  $(n+1)\mathcal{Q}(a)$  (en el ejemplo, entre  $480\mathcal{Q}(a)$  y  $481\mathcal{Q}(a)$ , donde  $\mathcal{Q}(a)$  es el número asignado a una barra de un milímetro y a sus copias). El valor  $\mathcal{Q}(a)$  depende de la elección de una barra particular (digamos,  $e$ ) de longitud igual a la unidad. Si  $e \sim ma$ , entonces  $\mathcal{Q}(a) = \frac{1}{m}$ . Así, si  $e$  es un metro,  $m = 1000$  y la longitud de  $b$  estará comprendida entre 0.48 y 0.481 m., si  $e$  es un centímetro,  $m = 100$  y  $\mathcal{Q}(a)$  debe estar entre 48.0 y 48.1 cm.

Si se escogen secuencias standard más finas, conservando la unidad de la medición, el valor de  $\mathcal{Q}(b)$  puede encontrarse dentro de un intervalo de medida tan pequeño como se quiera, digamos de magnitud  $\epsilon > 0$ , presentándose la necesidad de criterios de convergencia. Equivalentemente como afirman las matemáticas, la asignación numérica se encuentra en un conjunto de medida cero.

1. Los números obtenidos forman una medida sobre el sistema de barras  $\{a_i\}$  para una sucesión suficientemente fina  $n_1, n_2, \dots, n_k$ , se tiene  $b \lesssim n_1 a_1$  y  $n_1 \lesssim c$ ,  $\varphi(b) > n_1 \varphi(a_1) > \varphi(c)$ , de aquí se sigue que  $b \lesssim c \implies \varphi(b) > \varphi(c)$ .

2. La suma de los números asignados es compatible con la concatenación:  $\varphi(b \circ c) = \varphi(b) + \varphi(c)$ . La razón de esto es que si  $n$  copias de  $a$  deben ser concatenadas para aproximar  $b$  y  $n'$  copias para  $c$ , entonces la concatenación de  $n + n'$  copias para  $a$ , aproximará la concatenación de  $b$  con  $c$ . La ecuación anterior se obtiene para la sucesión más y más fina, más bien, la relación  $\varphi(b \circ c) = \varphi(b) + \varphi(c)$  no es una igualdad matemática sino un proceso al límite.

3. Independientemente de la selección de la unidad, el cociente entre las asignaciones numéricas, se determinan únicamente por el procedimiento en efecto si  $n$  copias de  $a$  se concatenan para aproximar a  $b$  y  $n'$  copias para  $c$ , entonces  $n/n'$  aproxima a  $\varphi(b) / \varphi(c)$ .

4. En este procedimiento de medición aparecen en forma natural los conceptos de convergencia y límite, de medida, el teorema de Heine-Bard sobre el recubrimiento de intervalos de medidas cero, etc.

La técnica descrita es aplicable a toda situación donde exista y se haya establecido empíricamente una relación  $\lesssim$  y una concatenación  $\circ$ . Cuando esto ocurre, se dice que el atributo en cuestión ha sido me-

del sistema medido. Los números asignados a los objetos de la sucesión pertenecen a estructuras más complejas que la de los números reales.

### 1.1.3 Solución de Desigualdades

Supóngase que se encuentran cinco barras  $a_1, a_2, \dots, a_5$  que satisfacen a

$$a_{10} a_5 \lesssim a_3 \text{ o } a_4 \lesssim a_{10} a_2 \lesssim a_5 \lesssim a_4 \lesssim a_3 \lesssim a_2 \lesssim a_1$$

Datos como estos resultan cuando un número de objetos y sus concatenaciones se comparan y es impráctico construir sucesiones  $\sigma$ -standard. Denótese con  $x_i$  al valor desconocido de  $\varphi(a_i)$ ,  $i = 1, \dots, 5$ . De las observaciones anteriores, las  $x_i$  deben satisfacer al sistema simultáneo de desigualdades:

$$x_1 + x_5 - x_4 > 0$$

$$x_3 + x_4 - x_2 > 0$$

$$x_1 + x_2 - x_5 > 0$$

$$x_5 - x_4 > 0$$

$$x_4 - x_3 > 0$$

$$x_3 - x_2 > 0$$

$$x_2 - x_1 > 0$$

Cualquier solución de este sistema da un conjunto de valores para las longitudes de las barras  $a_1, \dots, a_5$ . Se puede así medir a las barras si existe una solución. Alternativamente se pueden obtener cotas para los cocientes de las asignaciones numéricas, a partir de

de las relaciones, por ejemplo, puede demostrarse que la relación  $x_1 \succ x_2$  o  $(a_1) \succ (a_2)$  se encuentra entre 1 y  $\frac{1}{2}$  para toda solución del sistema anterior.

En el proceso, la operación de concatenación o se traduce en la suma + de números reales y el orden de los objetos, dado por la relación  $\succ$ , se traduce en el orden  $>$  de los números reales. Así, por ejemplo  $a_1$  o  $a_2 \succ a_5$  se representa por  $x_1 + x_2 > x_5$ . Esta traducción utiliza las propiedades 1, 2 de la sección anterior.

En otras palabras, la medición de longitud es por medio de la lectura de unidades en una secuencia standard, es un procedimiento que asigna la suma  $\mathcal{C}(b) + \mathcal{C}(c)$  a la concatenación  $b$  o  $c$  y que asigna números cuyo orden numérico preserva el orden observado. Para medir por medio de la solución de desigualdades se supone que estas dos propiedades se satisfacen en la asignación numérica, la que, precisamente permite plantear las desigualdades a resolver.

## 1.2 Fundamentación de la Medición

### 1.2.1 Hipótesis cualitativas: axiomas

En la medición de longitudes de objetos comunes, el procedimiento de "secuencias standard" de la sección 1.1.2 es el más importante. Si se quiere analizarlo más profundamente, se plantea la cuestión siguiente: cuáles son las hipótesis fundamentales a ser cumplidas por las relaciones  $\{\succ, o\}$  para que el procedimiento de secuencias standard sea consistente? En la sección 1.1 se citaron propiedades como  $a \succ b \implies a o c \succ b$  y en el proceso de lectura de unidades

se encuentran implícitamente a otra. Por ejemplo, la relación anterior se estableció como sigue: al encontrar otro objeto  $a$  y  $(n+1)a$ , en la secuencia standard basada en  $a$ , de tal forma que  $(n+1)a \succ b$  y  $b \succ na$ , se supone que  $n$  es un número tal que  $a$  es más grande que  $b$ , etc., de tal forma que todos los miembros ulteriores de la secuencia son más grandes que  $b$ . El paso crucial en la inferencia  $(n+1)a o a \succ b$  bajo la hipótesis que  $(n+1)a \succ b$ , depende de la rectitud de la propiedad anterior (y de la transitividad de  $\succ$ ). Similarmente, se supone la existencia de un  $n$  tal que  $(n+1)a \succ b$ ; esto es  $a$  no es "infinitamente pequeño" comparado con  $b$ . Este principio los matemáticos lo denominan principio de Arquímedes. Para entender bien el proceso de lectura de unidades, se debe hacer explícito todo lo supuesto. Un procedimiento de medición no es suficientemente inteligible si depende de propiedades no reconocidas explícitamente. Una vez explicitadas, la decisión de si el procedimiento de medición es aplicable o no en un cierto campo, se reduce a la verificación de si las propiedades establecidas se satisfacen o no. Un estudio completo de los fundamentos de la medición se obtiene si es posible deducir la mayor parte de las propiedades como teoremas obtenidos de un número pequeño de propiedades básicas. La aplicabilidad a una situación nueva se juzga de acuerdo a si tales propiedades básicas se satisfacen. Este procedimiento, puramente lógico, se denomina axiomatización del procedimiento de medición. La axiomatización puede realizarse en más de una forma, se discutirán posteriormente algunos criterios para una buena axiomatización.



La Geometría euclidiana (un ejemplo interesante de un tratamiento histórico de la medición). La ciencia de la Geometría (¿to es medición de la Tierra) fue desarrollada primeramente como un conjunto de procedimientos prácticos y sea para la medición directa de longitudes o áreas de la superficie de la tierra o en conexión a la astronomía, (equimensura). Eventualmente las suposiciones básicas de la práctica se formularon explícitamente como teoremas de la geometría y éstos fueron organizados sistemáticamente y deducidos de un número finito de axiomas y postulados por Euclides. Ciertas hipótesis adicionales no reconocidas por Euclides fueron explicitadas ulteriormente y una completa axiomatización de la Geometría fue realizada por Hilbert y otros. Estos estudios axiomáticos son considerados como los fundamentos de la Geometría.

### 1.2.2 Homomorfismos entre estructuras: teoremas de representación.

La cuestión puede plantearse tomando como ejemplo el procedimiento de la secuencia standard, en la forma siguiente. Dado un conjunto de barras, una relación de comparación  $\zeta$  y una concatenación  $o$ , ¿qué propiedades relativas a  $\{\zeta, o\}$  son necesarias y suficientes para constituir una función  $\varphi$  a valores reales que preserva el orden y la aditividad, ésto es:  $a \zeta b \implies \varphi(a) > \varphi(b)$   $a o b \implies \varphi(a) + \varphi(b)$ ? Esta cuestión es equivalente a una búsqueda de la axiomatización: la lista de ciertas propiedades de  $\zeta$  y  $o$ . Sin embargo, el objeto fundamental no es si un determinado procedimiento es posible sino más bien si existe una numérica  $\varphi$  que satisface a ciertas propiedades.

La cuestión puede plantearse tomando como ejemplo el procedimiento de la secuencia standard, en la forma siguiente. Dado un conjunto de barras, una relación de comparación  $\zeta$  y una concatenación  $o$ , ¿qué propiedades relativas a  $\{\zeta, o\}$  son necesarias y suficientes para constituir una función  $\varphi$  a valores reales que preserva el orden y la aditividad, ésto es:  $a \zeta b \implies \varphi(a) > \varphi(b)$   $a o b \implies \varphi(a) + \varphi(b)$ ? Esta cuestión es equivalente a una búsqueda de la axiomatización: la lista de ciertas propiedades de  $\zeta$  y  $o$ . Sin embargo, el objeto fundamental no es si un determinado procedimiento es posible sino más bien si existe una numérica  $\varphi$  que satisface a ciertas propiedades.

Definición. Una estructura relacional es un conjunto  $A \neq \emptyset$  con una o más relaciones definidas en el mismo. Por ejemplo, si denotamos con  $A$  al conjunto de todas las barras y todas las concatenaciones finitas de barras, entonces la estructura empírica relacional de los procedimientos de medición de las secciones 1.1.2 y 1.1.3 se la denota con  $\{A, \zeta, o\}$ .

(La operación de concatenar es una relación ternaria entre  $a, b, c \in A$  o  $b$ , mientras que  $\zeta$  es una relación binaria). Una estructura relacional numérica es  $\{R, >, +\}$  donde  $R$  es el conjunto de los números reales,  $>$  es la relación de orden habitual,  $+$  es la suma.

La asignación numérica  $\varphi$  es un homomorfismo en cuanto que:

$$A \xrightarrow{\varphi} R, \zeta \xrightarrow{\varphi} >, o \xrightarrow{\varphi} + \text{ en tal forma que}$$

$$a \zeta b \implies \varphi(a) > \varphi(b)$$

$$a o b \implies \varphi(aob) = \varphi(a) + \varphi(b)$$

Esta definición se generaliza naturalmente a otras estructuras relacionales. Dada una relación empírica  $R$  en un conjunto  $A$  y una relación numérica  $S$  sobre  $R$ , una función  $\varphi$  de  $A$  a  $R$  relativa a  $R$  con  $S$ , si los elementos  $a, b, \dots$  de  $A$ , se relacionan según  $R$  si y solo si  $\varphi(a), \varphi(b), \dots$  se relacionan según  $S$ . Más generalmente,

$\{A, R_1, \dots, R_m\}$  es una estructura relacional (matriz) y  $\{R_1, \dots, R_m\}$  una estructura relacional numérica, y la función  $\varphi$  a valores reales definida sobre  $A$ , es un homomorfismo  $(A, R_i) \xrightarrow{\varphi} (S_i, \leq)$ ,  $i = 1, \dots, m$ . Aún más generalmente, se tienen  $n$  conjuntos  $A_1, \dots, A_n$ ,  $m$  relaciones  $R_1, \dots, R_m$  sobre  $A_1 \times \dots \times A_n$  y un homomorfismo  $\mathcal{C}$  con valores vectoriales, cuyas componentes son  $\mathcal{C}_1, \dots, \mathcal{C}_n$  con  $\mathcal{C}_i$  definida en  $A_i$ , de tal forma que  $\mathcal{C}$  asocia cada  $\{R_j\}$  a  $S_i$  sobre  $\mathbb{R}^n$ .

Teorema de Representación. - Se afirma que si una estructura relacional dada satisface a ciertos axiomas, entonces puede construirse un homomorfismo a una cierta estructura numérica relacional. En la literatura de psicología se emplea en vez de homomorfismo, el término escala.

Desde este punto de vista, la medición puede ser considerada como la construcción de homomorfismo (escalas) de estructuras empíricas relacionales de interés en estructuras numéricas relacionales que son útiles. La tarea entonces de la metamedrología consiste en clasificar (en el sentido de la axiomatización) las hipótesis de tales construcciones.

Este punto de vista de la medición sería muy abstracto si no se pudiera dar ejemplos interesantes que impliquen una estructura relacional diferente de  $\{A, \leq\}$ . Entre los ejemplos interesantes se encuentran la axiomatización de la medición de la utilidad hecha por von Neumann y Morgenstern.

### 1.2.3 Escala de Unidad

En la discusión sobre la medición de longitudes unidas en el proceso de la escala de unidades se señaló que el número  $\varphi(e)$  asignado a la barra  $a$  depende de qué barra  $e$  se escoge como unidad, esto es  $\varphi(e) = 1$ . La elección es totalmente arbitraria. Además, como se hizo notar igualmente, la razón  $\varphi(a) / \varphi(e)$  es únicamente determinada, independientemente de que las barras  $e, e'$  se tomen como unidades. Así, si  $\varphi$  es una función numérica construida con  $e$  como unidad y  $\varphi'$  se construye con  $e'$ , resulta  $\varphi(a) / \varphi(e) = \varphi'(a) / \varphi'(e)$ , puesto que  $\varphi(e) = 1, \varphi'(e) = \alpha \implies \varphi'(a) = \alpha \varphi(a)$ .

Recíprocamente, si se parte de  $\varphi$  basada en  $e$ , se puede elegir  $e'$  tal que  $\varphi'(e') = 1$  y obtener una nueva escala (un homomorfismo)  $\varphi'$  que satisface a la ecuación anterior. Todo esto se expresa diciendo que la transformación de semejanza  $\varphi \longrightarrow \varphi' = \varphi / \alpha$  es compatible con la escala  $\varphi$ . A una tal escala se le denomina escala de cocientes.

Otros procedimientos de medición se relacionan por diferentes clases de transformaciones admisibles. Por ejemplo, la temperatura en grados Celsius se relaciona a la expresada en grados Fahrenheit por la fórmula  $C = \frac{5}{9} (F - 32)$ . Obsérvese que en la medición habitual de temperatura se hacen dos selecciones arbitrarias, el punto cero y la unidad. Se obtiene la transformación afin que es de la forma  $\varphi \longrightarrow \varphi + \beta, \alpha > 0$ .

Una escala cuyas transformaciones compatibles sean únicamente las

una escala cuyos intervalos se miden en unidades de intervalo por lo que las mediciones de intervalos con invariantes, ésta es:

$$\frac{\varphi'(a) - \varphi'(b)}{\varphi'(c) - \varphi'(d)} = \frac{[\alpha \varphi(a) + \beta] - [\alpha \varphi(b) + \beta]}{[\alpha \varphi(c) + \beta] - [\alpha \varphi(d) + \beta]} = \frac{\varphi(a) - \varphi(b)}{\varphi(c) - \varphi(d)}$$

Las clases de transformación juegan un papel importante en la medición. La transformación de potencia es de la forma  $\varphi \rightarrow \varphi^\alpha$ ,  $\alpha > 0$ ,

$\beta > 0$  a una escala cuyos transformaciones compatibles son de la forma anterior se le denomina escala de intervalo logarítmica puesto que una transformación logarítmica de la escala resulta en una escala de intervalo. Como se verá más adelante muchas de las escalas de <sup>W(u) = a + b \cdot u^c</sup> ~~potencia~~ son efectivamente escalas de intervalo logarítmicas. La densidad es un ejemplo de ello.

$$\beta = \frac{w}{v} = \frac{z}{c} = u^c$$

Finalmente la transformación monótona creciente de la forma:

$$\varphi \longrightarrow f(\varphi)$$

donde  $f$  es cualquier función real creciente de una sola variable; se le denomina escala ordinal. La razón es porque la relación de orden es compatible únicamente bajo esta transformación.

Una clasificación de la medición en términos de transformaciones compatibles es posible únicamente cuando se está cierto de cuáles son las transformaciones permisibles. Existe cierta ambigüedad en la medición de longitudes: existe una familia de procedimientos intimamente relacionados, descritos en la sección 1.1.2 que difieren uno de otro sólo en la forma trivial y arbitraria cómo una cierta barra se escoge como

una barra en un caso particular. El problema es que si se escoge un procedimiento en esta forma de escalar, se debe escoger un punto de origen, un punto que no es del tipo 0, por supuesto, pero que puede ser arbitrario y otros no. Por ejemplo, en la medición de longitudes, se escoge no sólo la unidad (uno que se elige el conteo y el record del número de copias de  $a$  (diagramas,  $n$ ) que son necesarias para aproximar a  $b$ , más bien que hacer el record, diagrama del resultado  $n \cdot a$  o  $n^2$  o  $e^n$ . Es posible esto? Es compatible la transformación  $\varphi \rightarrow \varphi^2$ , si no, ¿por qué no?

$$\varphi \rightarrow \varphi^2$$

La razón para eliminar los procedimientos  $n^2$ ,  $e^n$  es que usando identificable las escalas resultantes no son aditivas. En su lugar, satisfacen a otras reglas como son:

$$\varphi^2(a \circ b) = \varphi^2(a) + 2 \left[ \varphi^2(a) \varphi^2(b) \right]^{1/2} + \varphi^2(b) \text{ y } \varphi^2(a \circ b) = 2\varphi^2(a) \varphi^2(b)$$

Por lo tanto no proporcionan homomorfismos de  $\{\mathbb{R}, >, +\}$  en  $\{\mathbb{R}, >, \circ\}$  más bien proporcionan homomorfismos a estructuras numéricas  $\{\mathbb{R}, >, \circ\}$  donde  $\circ$  es una operación binaria diferente de la suma. En los ejemplos anteriores  $\circ$  se define respectivamente por  $x \circ y = x + 2(xy)^{1/2} + y$ ,  $x \circ y = xy$ .

El concepto de transformación compatible es mucho más claro cuando el punto de vista de elecciones arbitrarias en los procedimientos de medición,  $\varphi \rightarrow \varphi'$  es compatible si y sólo si  $\varphi, \varphi'$  son homomorfismos.

## PARAMETROS ESTADÍSTICOS

### 1 VALOR ESPERADO.

En las mediciones que se llevan a cabo, ya sea en el Laboratorio ó en la industria. Es necesario hacer una evaluación de ellas (mediciones), lo que nos lleva a hacer una cuantificación de las mismas. Hay una rama de las Matemáticas aplicadas que se encarga de estos tópicos, ésta es la Estadística ayudada de la Probabilidad, de aquí mencionamos algunos tópicos de éstos y ellos son:

Valor más probable ó esperanza matemática. Supongamos que efectuamos una serie de mediciones de un mismo objeto, las que pueden ser todas distintas, probablemente algunas iguales. Lo que nos hace pensar y preguntarnos, ¿Cuál de todas es la más certera? Esto lo podemos contestar diciendo que éste será el valor promedio y en consecuencia éste será el valor esperado que estadísticamente viene dado para el caso de una muestra discreta,

$$E(\bar{x}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

En este caso se está generalizando,  $\bar{x}$  es una variable

aleatoria ó sea que el fenómeno puede ser aleatorio. El valor esperado algunos autores suelen escribirlo como:

$$E(x) = \sum_x x f(x) \quad (2)$$

donde  $f(x)$  se le llama función densidad de probabilidad y se define como:

$$f(x) = p \{ \bar{x} = x \} \quad (3)$$

donde  $\bar{x}$  es una variable aleatoria. Por comodidad se hace la siguiente notación :

$$E(x) = \sum_x x f(x) \quad (4)$$

Supongamos que tenemos una muestra continua, entonces (4) se nos convierte  $\int x f(x) dx$ ; donde la integración se está efectuando sobre todo el espacio de muestras en cuestión, y que para nuestro caso el espacio de muestras estará formado por el conjunto de mediciones que efectuemos en un experimento dado.

## 2 DLSVIACION

También cabe pensar que las mediciones que efectuemos distarán un número  $\xi_1 \in \mathbb{R} \rightarrow \xi_1 \neq 0$  del valor más probable y en consecuencia:

$$| x_1 - \mu | = \xi_1 \quad (5)$$

De (5) vemos que para cada medición existirá un  $\xi_1$ .

estas cantidades las llamaremos desviaciones.

3 DESVIACION MEDIA.

Nuestro problema fundamental es la construcción de estimadores más representativos, pero, como de un conjunto de mediciones y si el tamaño del conjunto es  $N$ , entonces tendremos  $N$  estimadores, de aquí que un estimador representativo de todas estas mediciones será un estimador promedio de todos los estimadores en cuestión y lo denotaremos por

$$\alpha, \text{ entonces } \alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i \quad (6)$$

sustituyendo (5) en (6) se tiene:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - \mu| \quad (7)$$

Al estimador de la expresión (7) se le denomina desviación media.

4 DESVIACION STANDAR.

En todos los experimentos es indispensable la estimación de errores y en consecuencia también es importante, construir indicadores (estimadores) como los dos anteriores, en un conjunto de  $N$  mediciones tendremos números  $d_i = x_i - \mu$ . Ahora bien la medición  $x_i$  puede distar mucho ó poco del valor más certero; fundamentalmente debemos procurar que  $d_i$  sea pequeño entonces  $(d_i)^2 = (x_i - \mu)^2$  también será pequeño; sin duda alguna ésto será otro conjunto de estimadores, pero

si igual que el caso anterior o sea el caso de la desviación media, tendremos que un estimador más consistente será el promedio de estos estimadores. En el caso de que a este estimador así construido se le extraiga raíz cuadrada se le conoce como desviación standar y generalmente se representa por la letra  $\sigma$ , entonces:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_i^2} \quad (8)$$

Estadísticamente viene dada como la raíz cuadrada de la variancia:  $V(\bar{x})$ . Para el caso de una muestra, la variancia se define como:

$$V(X) = \int_{\tau} (x-\mu)^2 f(x) dx \quad (9)$$

#### 5 DISTRIBUCION DE BERNOULLI.

Consideremos una muestra la cual se compone de un conjunto de piezas, por ejemplo tornillos, que pueden ser tornillos defectuosos y no defectuosos. Supongámonos que tomamos tornillos al azar de uno en uno, y nos preguntamos ¿Cuál es la probabilidad de que un tornillo tomado de esta forma sea defectuoso? Esta pregunta la podemos contestar haciendo uso de la probabilidad. Se conoce que la probabilidad de que ocurra un evento A en un espacio de muestras de tamaño N es:

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

Designaremos con un número real p a la probabilidad de

que un tornillo tomado al azar no sea defectuoso, ya que --  
 $f(x) = P \{ \bar{X} = x \}$  entonces  $f(x) = P \{ \bar{X} = x \} = p$ , donde --  
pe  $[0, 1]$  y en consecuencia la probabilidad de que el tor-  
nillo sea defectuoso la designaremos con la letra  $q$  &  $q$  está  
 $[0, 1]$ .

También se conoce que la probabilidad de que ocurra el  
evento seguro es 1 o sea que  $p + q = 1$ .

Designaremos a los eventos con los números 0 y 1; o --  
sea diremos que:

- $x = 1$  , si el tornillo es no defectuoso
- $x = 0$  , si el tornillo es defectuoso

Entonces podemos hacer la siguiente construcción:

$$f(x) = P \{ \bar{X} = x \} = p^x q^{1-x} \quad (10)$$

Veamos que sucede si  $x = 1$  , entonces

$$f(1) = P \{ \bar{X} = 1 \} = p^1 q^{1-1} = p \quad (11)$$

$$\text{Si } x = 0 \text{ entonces } f(0) = P \{ \bar{X} = 0 \} = p^0 q^{1-0} = q \quad (12)$$

De (10) y (11) vemos que la designación de eventos cum-  
ple con nuestro propósito.

Todo ésto es para la primera prueba, pero si volvemos  
a tomar otro tornillo de la misma forma y además suponemos --  
que estos eventos los realizamos independientemente ó sea --



que:

$$f(x_1, x_2) = P\{\bar{X}_1 = x_1\} P\{\bar{X}_2 = x_2\} = f(x_1)f(x_2) \quad (13)$$

Entonces sí

$$x_1=1, x_2=1; f(x_1, x_2) = f(x_1)f(x_2) = p p = p^2 \quad (14)$$

si

$$x_1=0, x_2=0; f(x_1, x_2) = f(x_1)f(x_2) = q q = q^2 \quad (15)$$

De esto vemos que estas funciones de probabilidad así construidas cumplen con nuestra proposición; sin embargo para el caso de tener  $N$  eventos de esta misma naturaleza, tendremos:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N) = f(x_1)f(x_2)f(x_3) \dots f(x_N) \quad (16)$$

Ya que estos eventos son independientes entonces podemos extrapolar (14) & (15) y en consecuencia (16) se nos convierte en:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N) = p^{x_1} q^{1-x_1} p^{x_2} q^{1-x_2} \dots p^{x_N} q^{1-x_N} = p^{x_1+x_2+x_3+\dots+x_N} q^{N-\sum x_i} = p^{\sum x_i} q^{N-\sum x_i} \quad (17)$$

Ya que efectuamos  $N$  ensayos entonces tendremos  $N$  variables aleatorias, las que representaremos por una sumatoria;

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^N \bar{x}_i \quad (18)$$

Fundamentalmente estamos interesados en la distribu---

ción de la muestra de tamaño  $S$  o sea que

$$\sum_{i=1}^N x_i = S \quad (19)$$

Con esta última expresión es oportuna la siguiente pregunta. ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra exactamente  $\bar{S}$  en una muestra de tamaño  $N$ ?, esto es  $P\{\bar{S} = S\}$ . Esto lo podemos contestar haciendo uso del análisis combinatorio, ya que estamos tomando  $S$  tornillos a la vez de un conjunto de  $N$  tornillos ó sea que:

$$P\{\bar{S} = S\} = \binom{N}{S} p^S q^{N-S} \quad (20)$$

A esta expresión se le conoce como distribución de Bernoulli o distribución Binomial, esto debido a la similitud con el binomio de Newton.

#### 6 PROPOSICION DE LA MEDIDA DE ERROR.

Hasta la sección II-4 construimos estimadores. Todos éstos son buenos siempre y cuando tomemos en cuenta su construcción ya que de ella depende la confiabilidad de los mismos.

Probabilísticamente podemos construir para eventos aleatorios otro estimador y que llamaremos error en la medida y que por el momento lo propondremos como:

$$\xi = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (21)$$

donde  $\sigma$  = desviación standar

$N$  = número de mediciones

Esta igualdad la demostraremos en el capítulo IV.

EJEMPLOS:

En el capítulo anterior encontramos valores numéricos para el caso del equivalente eléctrico del calor. Luego con estos valores y tomando en cuenta que en esa sección calculamos el valor más probable ó sea  $\bar{J}$ , entonces podemos calcular todas las desviaciones esto es:

$  J_1 - \bar{J}   = 0.058$	$  J_6 - \bar{J}   = 0.031$
$  J_2 - \bar{J}   = 0.036$	$  J_7 - \bar{J}   = 0.010$
$  J_3 - \bar{J}   = 0.051$	$  J_8 - \bar{J}   = 0.011$
$  J_4 - \bar{J}   = 0.052$	$  J_9 - \bar{J}   = 0.045$
$  J_5 - \bar{J}   = 0.147$	$  J_{10} - \bar{J}   = 0.023$

Hacemos incapie que las desviaciones pueden ocurrir en ambos sentidos sólo que aquí hemos tomado el valor absoluto de ellas, ya que así nos conviene para el cálculo de la desviación media.

o sea que

$$\alpha = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} |J_i - \bar{J}| = \frac{\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots + \xi_{10}}{10} = \frac{0.462}{10} = 0.0464 \quad (22)$$

De igual forma calculamos la desviación standar ya que

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_i^2} \quad (24)$$

las  $d_i$  se pueden calcular de una forma semejante al cálculo de las desviaciones ya que éstas son las mismas solamente -- que ahora aparecen elevadas al cuadrado; haciendo las operaciones aritméticas encontramos que:

$$\sigma = 0.058 \quad (25)$$

También de este conjunto de mediciones podemos cons--- truir el indicador llamado error en la medida ya que,

$\xi = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ , sustituyendo (25) en esta expresión cuando  $N= 10$  encontramos que:

$$\xi = \frac{0.058}{\sqrt{10}} = 0.018 \quad (26)$$

Luego como se dijo en el capítulo I, el error porcentual estará dado para este estimador como:

$$E_{pr} = 0.018(100\%) = 1.8\%$$

Con estos cálculos numéricos vemos la confiabilidad -- que tienen cada uno de los indicadores aquí mencionados.

## ANÁLISIS DE MEDICIONES

### 1 OBTENCION DE UN CONJUNTO DE MEDICIONES.

Hasta el momento hemos dado una introducción de los errores en las mediciones y al mismo tiempo se ha visto la importancia de éstos en las decisiones y resultados finales.

Por otro lado las mediciones que llevamos a cabo en el laboratorio, siempre es necesario llevarlas al papel, graficarlas y hacer un análisis de ellas de tal forma que podamos encontrar leyes que gobiernen el fenómeno en cuestión.

### 2 AJUSTE DE CURVAS.

Conociendo el conjunto de mediciones de la sección pasada se nos plantea la siguiente pregunta. ¿Cómo vamos a determinar las ecuaciones que representan las leyes que mencionamos? Para contestar esta pregunta uso del tema de ajuste de curvas, utilizando la teoría de mínimos cuadrados. Esta teoría se basa fundamentalmente en la minimización del cuadrado de las desviaciones.

En el ajuste de curvas no se trata precisamente de encontrar la curva en toda su extensión; sino más bien de en-

contrar los parámetros que la definen. Esto se puede llevar a cabo mediante el conjunto de mediciones obtenidas, y lo que se hace es:

- i) Se grafican las mediciones obtenidas numéricamente.
- ii) Se escoge la curva o curvas que más se acerquen a nuestras mediciones.
- iii) Una vez escogida la curva se procede a encontrar los parámetros que la definen y aquí es donde se utiliza la teoría de mínimos cuadrados.

Ejemplo - Supongamos que tenemos un conjunto de  $N$  mediciones y una vez graficadas aparecen como en la Fig. III-1.

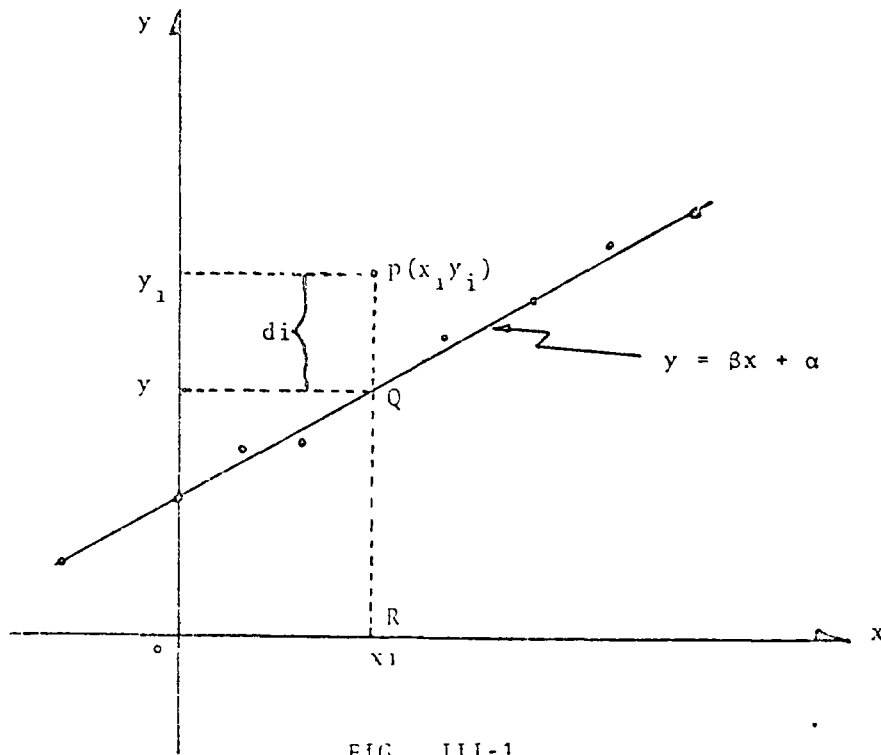


FIG. III-1

De esta gráfica vemos que la curva que más se puede acercar a nuestras mediciones es una recta y que tiene por ecuación:

$$f(x) = y = \beta x + \alpha \quad (1)$$

La ecuación (1) quedará bien definida si encontramos el valor de los parámetros  $\beta$ ,  $\alpha$  y en este caso nuestra función será exclusiva de estos parámetros, ésto es:

$$f = y = f(\beta, \alpha) \quad (2)$$

En la Fig. III-1 para un mejor entendimiento, hemos graficado una medición suficientemente separada de la más probable (los puntos que se encuentran sobre la recta). De esta misma figura vemos que:

$$d_i = \text{i-ésima desviación PR - QR} \quad (3)$$

donde:

$$PR = y_i$$

$$QR = y \quad (4)$$

Ya que en este caso  $y = \beta x + \alpha$  es la ecuación de la Ley esperada que obedece el fenómeno físico en cuestión, entonces:

$$d_i = y_i - \beta x_i - \alpha \quad \& \quad d_i^2 = (y_i - \beta x_i - \alpha)^2 \quad (5)$$

Luego como tenemos  $N$  mediciones, entonces tendremos  $N$  desviaciones al cuadrado y nuestra función definitiva de (2) quedará:

$$f = f(\beta, \alpha) = \sum_{i=1}^N d_i^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \beta x_i - \alpha)^2 \quad (6)$$

Nuestro interés principal es que estas desviaciones al cuadrado sean mínimas, entonces aplicando la teoría de máximos y mínimos, esto es sacando la primera derivada de (6) tendremos un mínimo; pero ya que ésta es función de dos variables prácticamente, entonces obtendremos derivadas parciales o sea:

$$\frac{\partial f}{\partial \beta} = \frac{\alpha}{\beta} \sum_{i=1}^N (y_i - \beta x_i - \alpha)^2 = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \beta} = -2 \sum_{i=1}^N (y_i - \beta x_i - \alpha) x_i \Rightarrow \sum_{i=1}^N y_i x_i = \beta \sum_{i=1}^N x_i^2 + \alpha \sum_{i=1}^N x_i \quad (8)$$

Luego para el caso de  $\alpha$  se tendrá de una manera semejante:

$$\sum_{i=1}^N y_i = \beta \sum_{i=1}^N x_i + N\alpha \quad (9)$$

De (8) y (9) tenemos un sistema de dos ecuaciones las que podemos resolver para  $\beta$  y  $\alpha$  ya que  $x_i, y_i$  son mediciones.

Resolviendo este sistema por los métodos conocidos se tiene:

$$\beta = \frac{N \sum_{i=1}^N y_i x_i - \sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N x_i}{N \sum_{i=1}^N (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2} \quad (10)$$



$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i - \frac{B}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (11)$$

5 AJUSTE DE CURVAS POLINOMIALES

Una de las situaciones más comunes en la cual hacemos uso de la aproximación de mínimos cuadrados es en el ajuste de curvas polinomiales, para  $(x_i, y_i)$  mediciones con  $i=1, 2, 3, \dots, N$  o sea

$$f(x) = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + \dots + A_M x^M \quad (12)$$

El caso puede ser más general si en lugar de dos dimensiones tenemos  $M+1$  dimensiones y ya que tenemos un conjunto de  $N$  mediciones, entonces tendremos  $N$  desviaciones  $y$ :

$$f(X_i) = A_0 X_i^0 + A_1 X_i^1 + A_2 X_i^2 + \dots + A_M X_i^M$$

Sustituyendo esta expresión para las desviaciones tenemos que:

$$d_i = y_i - f(X_i) \Rightarrow \sum d_i^2 = \sum (y_i - f(X_i))^2 \quad (13)$$

$$F = f(A_0, A_1, \dots, A_M) = \sum_{i=1}^N (y_i - f(X_i))^2 \quad (14)$$

Luego aplicando el principio de mínimos cuadrados (14) se tiene:

$$\frac{\partial F}{\partial A_k} = -2 \sum_{i=1}^N (y_i - f(X_i)) X_i^k = 0 \quad (15)$$

donde  $k = 0, 1, 2, \dots, M$

Haciendo algunas manipulaciones en (15) se tiene:

$$\sum_{i=1}^N y_i x_1^k = \sum_{i=1}^N f(x_1) x_1^k \quad (16)$$

Sabemos que:

$$f(x_1) = A_0 + A_1 x_1^1 + A_2 x_1^2 + A_3 x_1^3 + \dots + A_M x_1^M \quad (17)$$

Sustituyendo (17) en (16) se tiene:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N y_i x_1^k &= \sum_{i=1}^N (A_0 + A_1 x_1^1 + A_2 x_1^2 + A_3 x_1^3 + \dots + A_M x_1^M) x_1^k \\ &= A_0 \sum_{i=1}^N x_1^k + A_1 \sum_{i=1}^N x_1^{k+1} + A_2 \sum_{i=1}^N x_1^{k+2} + A_3 \sum_{i=1}^N x_1^{k+3} + \dots + A_M \sum_{i=1}^N x_1^{k+M} \\ \Rightarrow \sum_{i=1}^N y_i x_1^k &= \sum_{j=0}^M A_j \sum_{i=1}^N x_1^{k+j} \quad (18) \end{aligned}$$

A esta ecuación le llamamos ecuación normal para el a juste de curvas polinomiales.

Nuestro interés principal es encontrar todos los  $A_j$  - ya que de esta forma tendremos las curvas completamente de-

finidas.

Si en (18) hacemos la siguiente notación:

$$S_k = \sum_{i=1}^N X_i^k \quad (19)$$

$$T_k = \sum_{i=1}^N y_i X_i^k \quad (20)$$

Entonces: 
$$\sum_{j=0}^M A_j S_{k+j} = T_k \quad (21)$$

La condición fundamental para que este sistema tenga solución es que  $\Delta = |S_{k+j}| \neq 0$ . Esta demostración la podemos hacer al absurdo.

Supongamos que  $\Delta=0 \Rightarrow \sum_{j=0}^M A_j S_{k+j} = 0 \quad (22)$

Multiplicando esta expresión por  $A_k \in \mathbb{R}$  y sumando para todo  $k$  se tiene:

$$\sum_{k=0}^M A_k \sum_{j=0}^M A_j \sum_{i=1}^N X_i^{k+j} \lambda_i^j = 0 \quad (23)$$

Haciendo algunas reconvinciones en (23) tenemos:

$$\sum_{k=0}^N \lambda_k \sum_{j=0}^M \lambda_j \sum_{i=1}^N X_1^k X_1^j = \sum_{i=1}^N \left( \sum_{k=0}^N \lambda_k X_1^k \right) \left( \sum_{j=0}^M \lambda_j X_1^j \right)$$
$$= \sum_{i=1}^N \left( \sum_{k=0}^M \lambda_k X_1^k \right)^2 = \sum_{i=1}^N (f(x_1))^2 \equiv 0 \Rightarrow f(x_1) = 0$$

para todo  $i$

Puesto que  $N > M$ , aplicando el teorema fundamental del álgebra, ésto no es posible, y en consecuencia el sistema representado tiene solución.

#### 4 SELECCION DE CURVAS

El análisis de mediciones está fundado en la curva o curvas que sigan los puntos graficados, que obtenemos de las mediciones o sea que en esta parte es de especial importancia la selección de curvas. Esta selección la llevaremos a cabo utilizando los indicadores que mencionamos en el capítulo II, ya que la magnitud de éstos estará ligada básicamente con la Ley física en cuestión y como vimos en III-2, III-3, el ajuste de una curva se basa fundamentalmente en las desviaciones y éstas a su vez nos indican la veracidad de nuestras mediciones.

#### 5 EJEMPLO:

- i) Cuerpos en movimiento impulsados por la acción de una causa.
-

Esta clase de movimiento la podemos observar, por ejemplo, en un automóvil que se está desplazando, una bala disparada por un rifle etc.

OBJETIVO DEL EXPERIMENTO: Obtención de la ley o leyes físicas que gobiernan el movimiento uniforme de un cuerpo.

Dispositivo fundamental del experimento. Riel de aire. Mediante este dispositivo se pueden medir una serie de intervalos de longitud, cada uno de estos intervalos es recorrido en un tiempo  $T = 1/15$  seg. Para este experimento se obtuvieron las siguientes mediciones:

$X_1 = 3.00$ cm	$X_8 = 16.07$ cm	$X_{15} = 30.70$ cm
$X_2 = 4.55$ cm	$X_9 = 18.30$ cm	$X_{16} = 32.50$ cm
$X_3 = 6.25$ cm	$X_{10} = 20.45$ cm	$X_{17} = 34.20$ cm
$X_4 = 8.05$ cm	$X_{11} = 22.60$ cm	$X_{18} = 35.80$ cm
$X_5 = 10.05$ cm	$X_{12} = 24.70$ cm	$X_{19} = 37.30$ cm
$X_6 = 11.99$ cm	$X_{13} = 26.75$ cm	$X_{20} = 38.75$ cm
$X_7 = 14.00$ cm	$X_{14} = 28.75$ cm	

Como vemos en este caso obtuvimos 20 mediciones. Según nuestra teoría lo que debemos hacer a continuación es, graficar estas mediciones en un sistema de referencia  $X-t$

Esta gráfica se muestra en la Fig. III-2

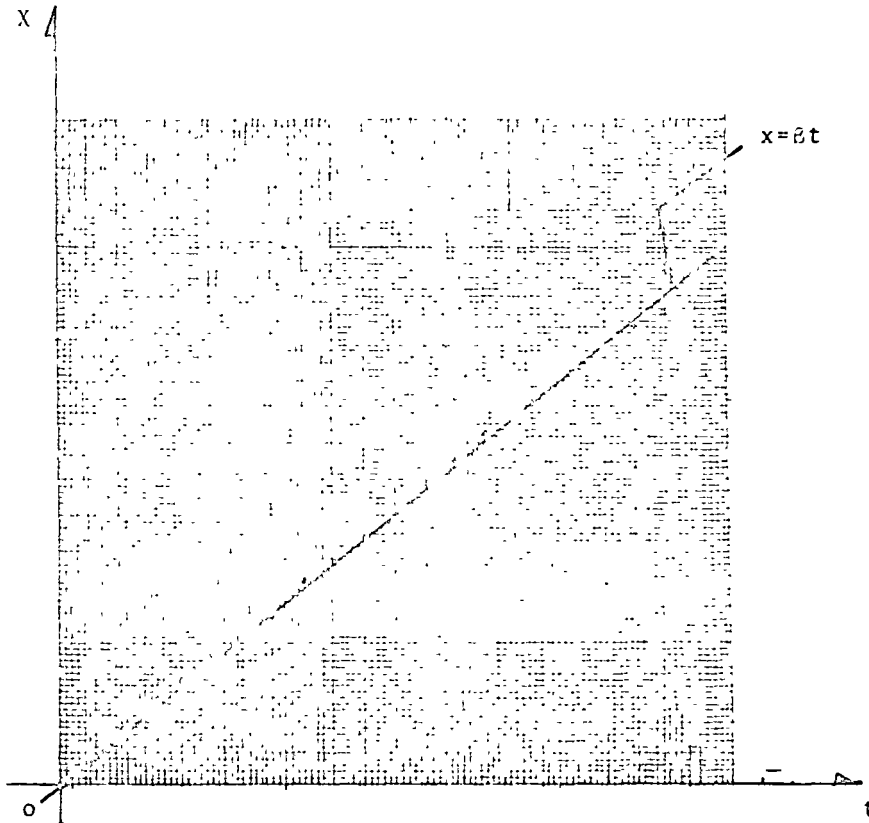


Fig. III-2

Un punto importante que debemos tomar en cuenta es que un tiempo cero el móvil había recorrido una distancia cero, ésto nos indica que un punto de nuestra gráfica se encuentra en el origen de nuestro sistema.

Observando la gráfica vemos que la curva que más se a cerca a nuestros puntos graficados (nuestra mediciones) es una recta que pasa por el origen y en consecuencia esperamos que nuestras mediciones se ajusten a la ley  $\bar{X} = \beta t$  (1)

De acuerdo a nuestra teoría de principio cualesquiera desviación estará dada por:  $d_i = x_i - \beta t_i$  (2)

con  $i=1,2,3,\dots,20$

De (2)  $(d_i)^2 = (x_i - \beta t_i)^2$

Si  $\sum_{i=1}^{20} (d_i)^2 = \sum_{i=1}^{20} (x_i - \beta t_i)^2$ , de esta expresión nos interesa -

encontrar el parámetro  $\beta$  entonces:

$$\frac{d}{d\beta} \sum_{i=1}^{20} (x_i - \beta t_i)^2 = -2 \sum_{i=1}^{20} (x_i - \beta t_i) t_i = 0 \quad (3)$$

Despejando  $\beta$  de esta expresión tenemos finalmente:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^{20} x_i t_i}{\sum_{i=1}^{20} t_i^2} \quad (4)$$

Sustituyendo nuestras mediciones en forma numérica en (4) tenemos finalmente:





siones es el de una bala que choca con un pedaso de madera y queda incrustada en él.

El instrumento en el cual se hicieron la mediciones fue un riel de aire.

Se hicieron observaciones de la velocidad inicial  $V_i$  y de la velocidad final  $V_f$  correspondiente al cuerpo después del choque ya que los dos cuerpos siguen unidos en consecuencia la masa final del sistema será la suma de las masas de los cuerpos uno y dos.

Los datos experimentales fueron:

$$m_1 = 386.75 \text{ gr.} \quad m_2 = 584.50 \text{ gr.} \quad M = m_1 + m_2 = 971.25 \text{ gr}$$

Velocidad inicial ( $V_i$ )	Velocidad final ( $V_f$ )
1.- 49.5 cm/seg	19.5 cm/seg
2.- 64.5 cm/seg	25.5 cm/seg
3.- 79.5 cm/seg	30.0 cm/seg
4.- 113.0 cm/seg	45.0 cm/seg
5.- 124.5 cm/seg	55.3 cm/seg
6.- 150.0 cm/seg	56.7 cm/seg

La gráfica de estas mediciones se muestra en la Fig. III-3 y como se puede observar de ella, la curva que más se acerca a nuestra mediciones es una recta que pasa por el origen de aquí que, nos concretemos a ajustar una recta como el caso anterior, sólo habrá una diferencia en nomenclatura,

$$d_j = V_{1j} - V_i \quad (7)$$

donde  $V_{1j}$  es la velocidad inicial en la  $j$ -ésima medición -  
y

$V_{fj}$  la velocidad final en la  $j$ -ésima medición e:

$j = 1, 2, 3, \dots, 6$

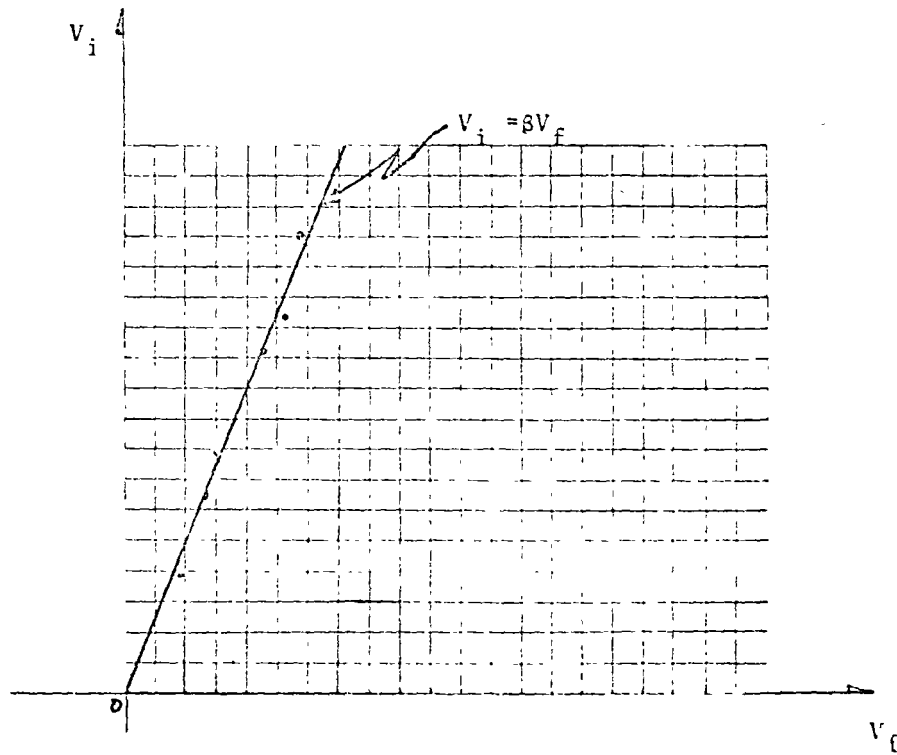


FIG. III-3

Tomando en consideración la gráfica de estas mediciones y haciendo manipulaciones algebraicas semejantes al caso anterior se encuentra.

$$\beta = \frac{\sum_{j=1}^6 V_{ij} V_{fj}}{\sum_{j=1}^6 V_{fj}^2} \quad (8)$$

Sustituyendo nuestros valores medidos en (8) se obtiene finalmente que:

$$\beta = \frac{25090.85 \text{ (cm/seg)}^2}{9821.39 \text{ (cm/seg)}^2} = 2.554 \quad (9)$$

De (9) vemos que  $\beta$  no tiene unidades.

Luego por otro lado, si efectuamos la siguiente división de:

$$\frac{m_1 + m_2}{m_1} = \frac{971.25 \text{ gr}}{386.75 \text{ gr}} = 2.50 \quad (10)$$

De inmediato vemos que (9) y (10) se aproximan, entonces de esta aproximación decimos que:

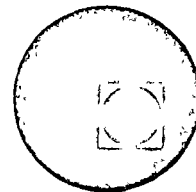
$$V_i = \frac{M}{m_1} V_f \Rightarrow m_1 V_i = M V_f \quad (11)$$

Al producto de la masa de un cuerpo por su velocidad con





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

LA NORMALIZACION, MECANISMO  
DEL DESARROLLO

ING. MANUEL MARIN GONZALEZ

## LA NORMALIZACION, MECANISMO DEL DESARROLLO

Ing. Manuel Marín González  
Jefe de la Unidad de Normalización  
Básica de CONACYT.

En este trabajo se propone y sostiene la tesis de que la normalización es el mecanismo del desarrollo, pero que lo es solo, y solo cuando es abordamiento integrado de la calidad: investigación, definición, control, diseño y desarrollo de la calidad. Es equivalente a otra tesis más conocida y aún más comunmente aceptada: a mayor desarrollo más este depende de los avances en ciencia y tecnología, si bien también aquí, la ciencia y la tecnología impulsan el desarrollo solo y solo cuando ciencia y tecnología llegan a resultados concretos y rigurosos, normas y especificaciones, y cuando tales resultados son transferidos eficazmente a la actividad productiva. La normalización es el mecanismo por el que la ciencia alcanza resultados rigurosos y también el mecanismo de transferencia de esos resultados a la actividad productiva, y es en este sentido, y solo en él, que la normalización es el mecanismo del desarrollo. El tema se desarrolla en cuatro apartados: la marcha de la normalización en México se confronta con los modelos de organización nacional de la normalización en otros países con el fin de captar una teoría de la normalización respecto de la cual puedan hacerse algunas conclusiones:

1. La marcha de la normalización en México.— Sus hechos sobresalientes han sido:

- 1.1 El establecimiento de la DGN, ocurrido en 1943 como consecuencia

del inicio de un proceso de industrialización francamente definido, Reforma Agraria, nacionalización de industria básicas, leyes de fomento industrial. La normalización aparece en México como una Ley si ello, de una parte, significa un firme propósito, de otra, no deja de ser proyecto que aún no corresponde a la realidad, una aspiración y como tal habrá de enfrentarse a la realidad. Esta tendría que conformarla.

1.2 El surgimiento de los CCN.- Se necesitaron 20 años para hacer concurrir la amplia iniciativa individual de productores y usuarios. Fue también ese el tiempo más álgido de la industrialización, el requerido para lograr un adecuado despegue. La normalización, aquel anhelante proyecto oficial, ahora tendría la concurrencia, la rica concurrencia de usuarios y productores. Aunque siguiera siendo una Ley, la libre concurrencia multiplicaría enormemente las iniciativas, la capacidad. Claro que esa concurrencia acudiría con su propia capacidad, algunas veces muy modesta.

1.3 La aportación de las Asociaciones Profesionales.- El proceso de industrialización que incluyó el desarrollo profesional pronto recibió la aportación de los profesionales. Y también esta aportación fue muy rica. No solo asociaciones como la AMIME o el INIQ en forma explícita emprendieron tareas de coordinar y desarrollar labores de normalización y control de calidad, sino también, y en forma más especializada, lo hicieron agrupaciones como las secciones mexica-

nas de ASTM y ASQL. Aquí si se trata de auténtica libre iniciativa y por ello de una aportación a la vez que con un hondo interés económico con un serio interés científico y tecnológico. Estos grupos en efecto aportaron la introducción de los métodos estadísticos de muestreo y control de calidad. Su limitación radicó y radica todavía en la modestia de sus propios recursos.

1.4 La aportación de CONACYT.— CONACYT apareció con objetivos y tareas muy precisas: contribuir a la capacitación e integración del sistema científico y tecnológico del país y a su vinculación con la actividad productiva, auxiliando así el desarrollo. La investigación científica y técnica del país, en algunos casos incipiente, en otros con desarrollos ya relevantes, no habrá participado de manera sistemática en la normalización, solo de manera esporádica y hasta excepcional. Si de una parte la mayor debilidad de la normalización habría sido su insuficiente apoyo científico y tecnológico y de otra la propia investigación se mantenía alejada de esa importante tarea y con ello perdía el más fecundo jalón al desarrollo, resultaba ahora la normalización una adecuada solución que de una parte completaba su propio trabajo y, de otra, ofrecía a la investigación un objetivo. Pero, además, mediante este vínculo, se vinculaba también la investigación con la actividad productiva. En abril de 1971 se estableció formalmente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con los objetivos precisos de contribuir a la capacitación e integración del sistema nacional de ciencia y tecnología, y de su vincula-



ción con la problemática nacional. La normalización ofrecía un campo propicio para la realización de esos objetivos. Después de consultada la comunidad científica esta estuvo de acuerdo en participar en la normalización y, en esta virtud, la Dirección General de Normas encomendó a CONACYT organizar y presidir el Comité Consultivo de Normalización Básica con miras a proporcionar el apoyo científico y tecnológico de una manera sistemática. Actualmente el Comité ha formulado un mecanismo concreto de apoyo a la normalización en sus diferentes modalidades, incluida la normalización a través de los Comités Consultivos, el discernimiento de las importaciones, la certificación de las exportaciones, la transferencia de tecnología, el apoyo a las adquisiciones del Gobierno y al suministro de la industrial terminal. El Comité incluye dos subcomités de carácter general, el de Metrología a través del cual se pretende apoyar la normalización de medidas, mediciones, instrumentación, métodos de medición; y el de Estadística, que igualmente trata de contribuir a la normalización de los métodos de muestreo, diseño de experimentos, cálculo de observaciones, optimización, etc. en apoyo a la normalización general. Sobre la marcha se propone establecer subcomités especializados de investigación paramétrica, - por ejemplo, uno de metalurgia trata de hacer la tipificación de aceros, así como atacar el problema general de corrosión; otro, pretende la normalización básica en salud pública, trata de normalizar los métodos y procedimientos generales para el abordamiento del problema nacional de la salud, etc.

2. Modelos de organización de la normalización nacional.- Los avances de la normalización nacional pueden confrontarse adecuadamente frente a los modelos de organización de la normalización nacional en otros países. Podemos distinguir cuatro modelos generales de organización:

2.1 El modelo estatal centralizado.- Puede tomarse como ejemplo el de la Unión Soviética y prácticamente todos los demás países socialistas. En este hay centralización y planificación general, mismas que realiza el Estado, lo que incluye dentro de los planes económicos generales. La normalización parte de la investigación fundamental y la metrología, mismas que dirigen sus investigaciones hacia la paramétrica y la medición fundamental, si bien otras instituciones de investigación efectúan investigaciones generales para formular los proyectos base en los que ha de fundamentarse la deliberación para que comités consultivos de normalización decidan las normas oficiales. De hecho el trabajo de normalización se inicia en los planes económicos estatales en donde están definidas las prioridades, mecanismos y presupuestos. Definidos estos, el órgano central de normalización encarga a instituciones de investigación, adjuntas a la actividad productiva, la formulación de los proyectos base, la definición básica de la necesidad. Consiste este trabajo en sugerir las características generales en las que se cifra la calidad de un determinado producto. A partir de ello, instituciones de investigación especializadas se encargarán de precisar cada uno de los parámetros, y las instituciones de metrología los métodos y sistemas de medición. Los resultados de

como se ve, se resuelve el problema planteado para el caso del modelo centralizado. Hay posibilidades de que se manifieste plenamente la necesidad, las exigencias de la necesidad; incluso son los empresarios y las asociaciones de empresarios quienes formulan los proyectos base, vale decir, las exigencias del uso o consumo. Todavía más, también el órgano central encomienda a este tipo de instituciones la conducción de las investigaciones necesarias para la obtención de los parámetros. El órgano central solo conduce en forma directa las investigaciones metrológicas. Claramente se ve que en este modelo concurren ampliamente tanto las iniciativas individuales, las de los organismos de productores y de consumidores, y también eficazmente concurre el Estado. Eficaz precisión de las exigencias y amplia competencia, y también el apoyo científico es igualmente fundamental y amplio, tanto como el soporte y el apoyo del Estado.

2.3 Normalización centralizada a partir de la libre concurrencia. - Es el modelo de los países del mercado común europeo, por ejemplo Alemania y Francia. En este modelo la normalización se ha desarrollado ampliamente por libre iniciativa y en las áreas especializadas. Existen organismos de normalización de la industria eléctrica, de la industria siderúrgica, de la industria automotriz, de la industria de maquinaria, etc. Cada una de ellas surgió por libre iniciativa de los organismos de industriales correspondientes, incluso apoyada en la actividad científica y tecnológica muy fundamental que realizan algunas empresas individuales. Por supuesto en este caso la necesidad se ma-

nifiesta amplia y libremente y la competencia para alcanzar las exigencias de uso y de consumo es igualmente amplia y fundamental. Es interesante que en estas condiciones los propios organismos autónomos e independientes de normalización hayan visto necesario crear un órgano central. Este coordina todo el trabajo de normalización para hacer de él un sistema coherente, por ejemplo, las normas DIN o las AFNOR. Cada grupo individual es responsable de la captación de las exigencias de los usuarios, de confrontar debidamente la competencia y de proporcionar todo el apoyo científico y tecnológico. Pero la normalización requiere también de una profunda coordinación, las normas eléctricas y las normas mecánicas, etc. deben ser concordantes, sobre todo cuando concurren a propósitos comunes. De ahí la necesidad del órgano central.

- 2.4 Normalización de libre concurrencia.— En Estados Unidos funcionan cientos de organismos privados que formulan normas. Muchos de ellos incluso con un enorme prestigio, como ocurre con la ASTM, la SAE, la ASME, la API, etc., y cada uno de ellos efectúa su trabajo conforme a sus propias directivas, potencialidades y exigencias. Claro está que cada una de ellas ha podido desarrollarse en la medida de su eficacia y, el propio prestigio que a la fecha han alcanzado, es una prueba del acierto de sus métodos y de su adecuación a las necesidades. Estos organismos cuentan con instituciones de investigación de gran prestigio y aún a través de sus comités participan las instituciones de investigación de las empresas individua-

les. El propio Estado participa en la normalización, conforme a sus necesidades y recursos. El NBS realiza normalización básica y también participa ampliamente en la normalización deliberativa. Este modelo en el que concurre la más amplia participación, sin embargo hasta la fecha ha carecido de coordinación, y ello a pesar de intentos muy serios para lograrlo. El resultado es que Estados Unidos carece de un verdadero sistema nacional de normalización, si bien dispone de muchos sistemas y el público recurre a ellos conforme a sus necesidades y preferencias.

3. Teoría de la normalización.— El análisis de estos cuatro modelos nos permite seguramente identificar algunos elementos fundamentales de la organización de la normalización nacional. Esta requiere de una eficaz manifestación de las exigencias de los usuarios y consumidores e igualmente requiere la confrontación eficaz de la competencia para cubrirlas. Esto, de hecho, es la definición misma de la calidad, el encuentro entre la intencionalidad de nuestras necesidades y la objetividad de la naturaleza; la medida en la que la producción alcanza las exigencias del consumidor. Para lograrlo, se distinguen claramente dos elementos en la organización de la normalización; la normalización básica y la normalización deliberativa. Aún en la más libre concurrencia están presentes los dos aspectos, si bien por la empresa individual, de manera que los representantes de la misma al concurrir a la normalización deliberativa llevan consigo los resultados de la normalización Básica. La normalización básica aporta la investigación científica y tecnológica necesaria para definir necesidades, paráme

tros y metros, y la normalización deliberativa decide parámetros y metros a ser incluidos en la norma, tanto como los niveles de calidad que representan el óptimo ajuste entre los recursos y las exigencias. Si esto último solo los propios interesados pueden definirlo, lo primero es tarea de la investigación científica y tecnológica, cuyos resultados son unívocos, concretos, rigurosos. Los dos grandes elementos concurren en los cuatro modelos examinados, si bien algunos lo hacen más eficazmente que otros. Un modelo genérico podría ser el siguiente:

3.1 Normalización Básica.- La normalización básica es el apoyo científico y tecnológico indispensable primero para ofrecer un proyecto de definición de la necesidad y, enseguida, para conducir la investigación paramétrica y la métrica necesaria para definir rigurosamente la calidad. Requiere de manera indispensable de tres elementos:

3.1.1. Formulación del proyecto base.- Es la definición preliminar de la necesidad, consecuentemente su formulación es más comitante con los usuarios o consumidores. En consecuencia son éstos, sus organismos de investigación, los que están en las mejores condiciones de precisar o al menos sugerir las características en las que se cifra la calidad de los productos que hayan de satisfacer sus necesidades. El proyecto base es una definición preliminar de la calidad, una enumeración de las características significativas de calidad, aquellas en las que se cifra la calidad. Cualquier sistema de normali-

zación debe empezar por un riguroso mecanismo para formular los proyectos base que posteriormente habrán de servir para las deliberaciones de productores y usuarios.

- 3.1.2. Investigación paramétrica.- Concomitantemente con el proyecto base ha de conducirse inevitablemente la investigación de las características precisas y rigurosas en las que se cifra la calidad. La investigación no se completa sino cuando termina en su medición. Este tipo de investigación es idónea solamente con la especialización, de ahí que a instituciones especializadas es a quienes ha de encomendarse este trabajo.
- 3.1.3. Investigación Metrológica.- También concomitantemente ahora en relación con la paramétrica, han de conducirse investigaciones metrológicas. Tienen por objeto precisar las medidas, mediciones, sistemas y métodos de medición, en una palabra, la introducción del metro a la investigación para que esta llegue a resultados rigurosos. Por supuesto, de medidas y métodos de medición se llega hasta investigaciones muy fundamentales, tales como la definición de las unidades fundamentales, la captura de prototipos a partir de esas unidades fundamentales, la elaboración de patrones primarios, secundarios y hasta industriales. Dada esta situación, solo el Estado puede realizar este trabajo de manera adecuada. Incluso mucho de él es metrología legal. Pero en general los trabajos de la me

tología toda, pruebas, ensayos, instrumentación, dada su condición no lucrativa, es difícil que pueda ser cubierto si no es por el Estado.

3.2 Normalización deliberativa.— La normalización deliberativa es el trabajo de confrontación entre fabricantes y usuarios para encontrar el óptimo ajuste entre recursos y necesidades. Obviamente esta deliberación carece de sentido sino se apoya en la normalización básica. ¿Son los parámetros incluidos en el proyecto básico los necesarios y suficientes para definir adecuadamente la calidad de los productos? ¿Son los métodos y sistemas de medición los más idóneos para la cuantificación rigurosa de esos parámetros? ¿Qué niveles de calidad conviene establecer dada la frecuencia tanto del uso y consumo de los productos cuanto de las producciones?. Evidentemente estas deliberaciones solo pueden realizarse por la eficaz concurrencia de productores y usuarios de cada producto especializado particular. Por ello la normalización deliberativa solo puede realizarse a través de comités especialmente dispuestos por especialidades, comité de maquinaria, comité de la industria siderúrgica, de la industria eléctrica, etc.

4. Conclusiones.— Dado el desarrollo que ha tenido en México la normalización, dada su confrontación con los modelos de organización más desarrollados y dada en fin su acotación en relación con lo que podríamos denominar la teoría de la normalización, estamos en condiciones de afirmar



que en México están presentes en la actividad normalizadora todos los elementos necesarios y suficientes como para que pudiéramos organizar un proceso de normalización eficiente. A la fecha, en efecto, se ha podido movilizar las iniciativas individuales tanto de las empresas industriales directamente, cuanto de sus organismos representativos en una medida suficiente como para obtener de esa iniciativa la máxima aportación. Por otra parte, y de manera muy relevante, el Estado ha sido hasta ahora el más eficaz promotor de todos los trabajos de normalización del país, Pero también los individuos de manera espontánea se han integrado en asociaciones de profesionales y han aportado sus capacidades para el desarrollo de la normalización y el control de calidad. Finalmente hoy se ha puesto en marcha una gran iniciativa para capacitar e integrar el sistema científico y tecnológico del país y vincularlo con la problemática nacional, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. A través de él será posible capacitar a las instituciones de investigación, introducir en ellas el metro para que sus investigaciones lleguen a resultados rigurosos, y también a través de él será posible establecer el mecanismo de transferencia de esos resultados a la actividad productiva, el Comité Consultivo de Normalización Básica. A través de éste se podrán formular ahora de manera eficaz los proyectos base, las investigaciones paramétricas y la metrología y todo este trabajo podrá ser puesto a la disposición de los Comités Consultivos de Normalización, para que a través de sus deliberaciones lleguen a las normas nacionales, mismas que aún requerirán el trabajo de coordinación y centralización indispensable que por ahora solo

puede realizar el Estado, la Dirección General de Normas. Contamos en principio con todos los elementos, necesitamos tan solo un convencimiento común de todas las partes y ponernos en marcha en equipo.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE METROLOGIA Y NORMALIZACION  
BASICA ( DEL 1o. DE OCTUBRE AL 7 DE NOVIEMBRE DE 1974 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. LIC. JORGE H. ALTAMIRANO A. Piamonte No. 4 Conjunto Residencia Acoxa México 22, D. F. Tel: 5-94-53-22	ESCUELA SUPERIOR DE FISICA Y MATEMATICA CAS I.P.N. Unidad Profesional de Zacatenco Col. Lindavista México, D. F. Tel: 5-86-06-63
2. ING. MELCHOR AVALOS MARTINEZ Mar Hudson 5-A-1 México, D. F.	CONSTRUCTORA DE BASCULAS, S. A. DE C.V. 171 Ote. No. 136 Col. Aragón México, D. F. Tel: 5-17-92-54
3. SR. ISMAEL CASTAÑEDA Ote. 150 No. 133 Col. Moctezuma México 9, D. F. Tel: 5-42-38-50	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA I.P.N. Apdo. Postal 75-233 México 14, D. F. Tel: 5-86-03-88
4. SR. CARLOS J. CASTRO LOPEZ Heriberto Frias 1420-6 Col. del Valle México 12, D. F. Tel: 5-19-06-73	CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE TELECOMUNICACIONES Xola y Av. Universidad 12o. Piso Torre Control de Telecomunicaciones México, D. F. Tel: 5-19-16-24
5. SR. JESUS CHIRINOS GARCIA Sur 132 No. 118 Depto. 502 Col. America Tacubaya México, D. F.	TELEINDUSTRIA ERICSSON, S. A. Av. Circunvalación Pte. 2160 Tlalnepantla Edo. de México Tel: 5-65-70-33
6. SR. CUAUHTEMOC GARCIA ORTIZ Viveros de Lindavista No. 30 Col. Viveros de la Loma Tlalnepantla Edo. de México	ACEROS NACIONALES, S. A. Av. Hidalgo No. 132 Tlalnepantla Edo. de México Tel: 5-65-05-44
7. ING. NICOLAS GARCIA RODRIGUEZ Cedro 177-4 Col. Santa María la Ribera México 4, D. F.	LABORATORIO CENTRAL SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO Calz. Legaria No. 608 Col. Irrigación México 10, D.F. Tel: 5-57-17-06

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA ( DEL 1o. DE OCTUBRE AL 7 DE NOVIEMBRE DE 1974 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
8. ING. PEDRO GOMEZ COLIO Unidad Cuitlahuac Edif. 75 Entrada "D" Depto. 201 México 16, D. F. Tel: 5-56-38-82	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Av. Xola y Universidad México 12, D. F. Tel: 5-80-52-76
9. ING. RAUL GUERRERO BRAVO Marques de Aguayo No. 7 Circuito Fundadores Cd. Satélite Edo. de México Tel: 5-62-66-93	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F. Tel: 5-31-72-22
10. SR. HECTOR HERNANDEZ AMASTALLI Eguirara y Eguren 83-4 Col. Viaducto Piedad México, D. F.	TELEINDUSTRIA ERICSSON, S. A. Av. Circunvalación 2160 Tlalnepantla Edo. de México Tel: 5-65-70-33
11. SR. MANUEL C. MARIN DE LA GARCIA Av. Yuca No. 226 Col. Nueva Sta. María México 16, D. F. Tel: 5-56-14-69	CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA Insurgentes Sur 1667 México, D. F. Tel: 5-34-80-80 Ext. 237
12. LIC. JOSE LUIS MEJIA Netzahualcoyotl 102-2 México, D. F.	ESCUELA SUPERIOR DE FISICA Y MATEMATICAS I.P.N. Unidad Profesional de Zacatenco México, D. F. Tel: 5-86-28-06
13. ING. MAURO MENDEZ ARANDA Calle No. 10 No. 597 Col. Trabajadores del Hierro México 15, D. F. Tel: 5-87-40-06	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA Unidad Profesional de Zacatenco México, D. F. Tel: 5-86-03-88
14. ING. F. PRIMO MENDOZA SOTELO Rinconada de San Javier No. 24 Fracc. Las Arboledas Edo. de México Tel: 5-65-50-14	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Melchor Ocampo No. 171 México 17, D. F. Tel: 5-18-00-80 Ext. 454

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA ( DEL 1o. DE OCTUBRE AL 7 DE NOVIEMBRE DE 1974 )

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

- |   |   |
|---|---|
| 15. ING. BERNARDO NOYOLA PINTOR<br>Edificio 28-A-101<br>Unidad J. de D. Batiz<br>México, D. F.<br>Tel: 5-86-53-82               | ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA<br>MECANICA Y ELECTRICA I.P.N.<br>Unidad Profesional Zacatenco<br>México, D. F.<br>Tel: 5-86-03-88 |
| 16. SR. KIYOSHI ODA YONEMURA<br>Calle 28 No. 504<br>Col. Porvenir<br>México, D. F.  | METRON, S. A.<br>Calle 3 No. 10<br>Naucalpan de Juárez<br>México, D. F.<br>Tel: 5-76-85-00  |
| 17. SR. ROGELIO ORTEGA NIETO<br>Tuy 73<br>Col. Alamos<br>México, D. F.<br>Tel: 5-79-23-90                                       | CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE TELECOMUNICACION<br>Av. Xola y Universidad<br>México, D. F.<br>Tel: 5-19-16-24            |
| 18. ING. SALVADOR POLO YAÑEZ<br>Sta. Maria de la Rábida No. 74<br>Fracc. Colón<br>Echegaray<br>México, D. F.<br>Tel: 5-60-75-71 | CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.<br>Melchor Ocampo 171<br>México, D. F.<br>Tel: 5-18-00-80 Ext. 454                          |
| 19. SR. F. RUBEN RAMIREZ PEREZ<br>Sol 63-6-201<br>México, D. F.   | ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA<br>MECANICA Y ELECTRICA I.P.N.<br>Unidad Zacatenco<br>México, D. F.                                |
| 20. SR. CARLOS ROMERO ORTEGA<br>José Morán 53 Edif. B-111<br>Col. Tacubaya<br>México 18, D. F.<br>Tel: 5-16-15-96               | CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y<br>TECNOLOGIA<br>Insurgentes Sur 1677<br>México, D. F.<br>Tel: 5-34-80-80 Ext. 237                  |
| 21. ING. ADOLFO SANCHEZ AGUILAR<br>Piramides No. 36<br>México, D. F.<br>Tel: 5-27-93-38   | ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA<br>MECANICA Y ELECTRICA I.P.N.<br>Unidad Zacatenco<br>México, D. F.<br>Tel: 5-86-27-49             |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE METROLOGIA Y NORMALIZACION BA-  
SICA ( DEL 1o. DE OCTUBRE AL 7 DE NOVIEMBRE DE 1974 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
22. SR. GERMAN SANDERS VARA Valparaiso No. 390 México, D. F.	INSTITUTO MEXICANO DE CONTROL DE CONTROL DE CALIDAD Thiers No. 251 México, D. F. Tel: 2-50-10-99
23. ING. HORACIO SOUSA ROMERO Retorno 51 de Cecilio Robelo No.11 Col. Jardín Balbuena México, D. F. Tel: 5-71-54-17	C.C.O.N.N.I.E. Mariano Escobedo 724-4o. Piso México, D. F. Tel: 5-33-23-40
24. SR. ARTURO SUMANO MARQUEZ Tabasco No. 189-304 Col. Roma México 7, D. F. Tel: 5-25-55-43	METRON, S. A. Calle 3 No. 10 Naucalpan de Juárez Edo. de México Tel: 5-76-85-00
25. SR. RODOLFO VEGA PEREZ Sur 116 No. 22 México 18, D. F. Tel: 5-15-75-05	DEPT. INDUSTRIA MILITAR Paseo de la Reforma No. 147 Santa Fé México, D. F.
26. FISICO ALFREDO ZALDIVAR MONDRAGON Av. Universidad 2016-18-202 México 20, D. F. Tel: 5-50-08-92	INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR Av. Insurgentes Sur 1079-3er. Piso México 18, D. F. Tel: 5-70-21-22 Ext. 181



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

ANALISIS ESTADISTICO DE LAS  
MEDIDAS Y EXPRESION DE INCER-  
TIDUMBRES.

ING. MANUEL SANCHEZ RUBIO

"I often say that when you can measure what you are speaking about and express it in numbers you know something about it; but when you cannot measure it when you cannot express it in numbers your knowledge is of a meager and unsatisfactory - - kind; it may be the beginning of knowledge but you have - - scarcely, in your thoughts, advanced to the stage of science, whatever the matter may be"

("Con frecuencia digo que cuando usted puede medir aquello - acerca de lo que usted esta hablando y expresarlo en números, usted sabe algo de eso; pero cuando usted no puede medirlo, - cuando usted no pueda expresarlo en números, su conocimiento es del tipo pobre e insatisfactorio; puede ser el comienzo - del conocimiento, pero usted ha apenas en sus pensamientos, penetrado en el umbral de la ciencia, cualquiera que esta - - sea".)

Lord Kelvin - 1883



CONTENIDO.

**I.- INTRODUCCION**

**II.- CONCEPTOS ESTADISTICOS:**

a) ESTADISTICA

b) PROMEDIO

c) MODO

d) MEDIANA

e) MEDIDAS DE DISPERSION

f) INTERVALO

g) DESVIACION MEDIA

h) VARIANCIA

i) DESVIACION ESTANDAR

**III.- DISTRIBUCIONES**

**IV.- CARTAS DE CONTROL**

**V.- INCERTIDUMBRES**

## I.- I N T R O D U C C I O N.

LA NECESIDAD DE MEDIR. Se acostumbra decir que un fenómeno natural tiene aspectos cualitativos y cuantitativos. Sin embargo, después de estudiar cuidadosamente una situación en la que aparecen diferencias cualitativas, en algunas ocasiones se llegará a la conclusión de que éstas son de tipo cualitativo. Cualitativamente, la luz roja es diferente de la luz azul; pero un análisis cuidadoso de la naturaleza de la luz nos mostrará que la luz roja y la luz azul no son diferentes más que en un aspecto cuantitativo; la luz roja es radiación electromagnética con una longitud de onda cercana a  $6.5 \times 10^{-7} \text{m}$  y la luz azul también es radiación electromagnética, pero con una longitud de onda cercana a  $4.3 \times 10^{-7} \text{m}$ . A pesar de esto, no podemos dejar de afirmar que la luz roja y la luz azul impresionan de una manera cualitativamente diferente a nuestros sentidos.

La investigación científica ha demostrado que los aspectos cualitativos están íntimamente ligados con los cuantitativos y puesto que la investigación científica se preocupa por estudiar (y controlar para beneficio del hombre) a la naturaleza, en todos aspectos, resulta indispensable conocer ampliamente la parte cuantitativa.

Medir es cuantificar. Necesitamos medir. Pero no se crea que medir es siempre sencillo. El proceso de medir requiere un buen conocimiento de lo que se mide. ¿Cómo medir la masa de la tierra?, ¿La temperatura del sol?, ¿la energía liberada en una reacción nuclear?, etc. Hacer estas medidas implica conocer muchas cosas acerca de la naturaleza. Pero el proceso no termina en medir, es necesario estudiar qué relación hay entre las diferentes variables físicas medidas; emitir hipótesis que expliquen esa relación; establecer modelos o teorías generales que expliquen esa relación, establecer modelos o teorías generales que engloben los fenómenos estudiados y volver a medir y experimentar para corroborar las posibles predicciones hechas por la teoría. Todo esto es parte de lo que se conoce con el nombre de método científico de investigación.

Medir es comparar con una unidad ya establecida. Cuando se reporta que la longitud de un objeto es de 21.35m se afirma que es igual a la longitud obtenida al sumar 20m más un metro, más 3 décimas de metro, más 5 centésimas de metro.

Continuando con el ejemplo anterior, conviene preguntarse: ¿la longitud del objeto es exactamente 21.35m?,

¿no será acaso 21.351 ó 21.3500006m?. Para responder las preguntas posiblemente haríamos una medición más exacta. Pero ¿podríamos medir la longitud hasta conocer todas las cifras decimales, esto es, un número infinito de cifras decimales?. Es evidente que éso no sería posible, además no interesa.

Estrictamente hablando, al hacer una medida, en realidad reportamos un intervalo, dentro del cual esperamos se encuentre la magnitud medida. Lo cual quiere decir que sería más prudente afirmar que la longitud del objeto es una longitud que está, digamos, entre 21.30m y 21.40m. Expresando lo anterior en forma condensada, diríamos que la longitud del objeto es:  $21.35 \pm 0.05m$ .

Así pues, casi toda medida tiene una incertidumbre. Si no se afirma que toda medida tiene una incertidumbre es porque existen algunas mediciones sobre conjuntos de objetos bien diferenciados que no admiten incertidumbre, como por ejemplo: 8 personas, 25 lápices, etc.

En este pequeño trabajo se trata de enfatizar los términos más usados en la teoría de las mediciones así como su manejo para obtener conclusiones de algún modo satisfactorias y no se pretende, de algún modo, ser un curso completo sobre estadística.

## II.- CONCEPTOS ESTADÍSTICOS.

### a) ESTADÍSTICA.

Quando se dispone de un número considerable de mediciones y se cree conveniente procesarlos ordenándolos, tabulándolos y graficándolos con el fin de enfatizar los factores importantes de ese número de mediciones a eso se le llama estadística. Así pues, la estadística es la técnica matemática que permite evaluar las características de una población a partir de una cierta información o conjunto de datos.

¿Qué se puede hacer con un conjunto de datos?

1°.- Permite hacer cálculos de probabilidad para que un hecho suceda.

2°.- Permite hacer cálculos de permutaciones y combinaciones.

3°.- Permite calcular parámetros como promedios y valores de dispersión tales como la variancia y la desviación estándar.

Este último punto es el más usado en la técnica del análisis estadísticos de las medidas y será en éste en el que se pondrá mayor énfasis.

b) PROMEDIO.

La mayoría de las observaciones, como conjunto, presentan una característica fundamental: tienden a agruparse hacia un valor dentro de su dispersión. Este valor refleja la localización de los datos como un todo. Cuando se dice que la estatura de un grupo de personas es de 1.70m. no quiere decir que todas las personas miden 1.70m. sino que hay algunas que miden menos y otras más pero que en promedio la estatura de todo ese conjunto es de 1.70m. El promedio es un valor central de la población.

Matemáticamente el promedio es la suma de las observaciones dividida entre el número total de observaciones.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

c) MODA.

Otra medida del valor central de una población se conoce como modo. Este término se describe como aquella medición que aparece con mayor frecuencia dentro de un conjunto de mediciones. Es el valor de "moda" en una población.

d) MEDIANA.

Se define a la mediana como el valor de la medición que divide a las frecuencias en dos porciones iguales. Es fácil distinguir a la mediana cuando todas las mediciones se han ordenado del valor menor al mayor y el número de estas mediciones es impar, la mediana es el valor central y si el número es par, la mediana es el promedio de los dos valores centrales.

e) MEDIDAS DE DISPERSION.

La reacción intuitiva de la mayoría de la gente para ciertos valores características como el promedio, el modo ó la mediana será: ¿Qué tan características son? Intuitivamente, la respuesta a esta pregunta será encontrada en el grado en el cual las observaciones estaban acumuladas, o dicho al revés, o dispersas. Entonces, existen varias medidas que en estadística que indican o describen la dispersión: el intervalo, la desviación media, la desviación estándar y la variancia.

f) INTERVALO.

El intervalo es la diferencia de los valores máximo y mínimo obtenidos en mediciones. Se hace notar que al

hacer un número mayor de observaciones puede incrementarse el valor del intervalo o permanecer en el mismo valor pero no puede disminuirlo; así que, los intervalos de dos conjuntos de observaciones solo son comparables si el número de observaciones es el mismo o se aplican los factores de corrección convenientes.

g) DESVIACION MEDIA.

Está definida la desviación media como el promedio de los valores absolutos de las desviaciones de las observaciones con respecto a la mediana.

$$d_m = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_m|}{n}$$

$$X_m = \text{mediana}$$

h) VARIANCIA.

Se define a la variancia como la suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto al promedio dividido entre el número de observaciones menos uno.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

i) DESVIACION ESTANDAR.

La desviación estándar es la raíz cuadrada de la variancia.

$$s = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$



Si concebimos a  $n$  tan grande como se quiera, podemos imaginar que una población llega a ser tan grande como un universo el cual tendrá un valor hipotético del promedio igual a  $m$  y que al calcular la variancia de este universo daría lo mismo dividir entre  $n$  ó  $n-1$ , por lo que la variancia del universo sería:

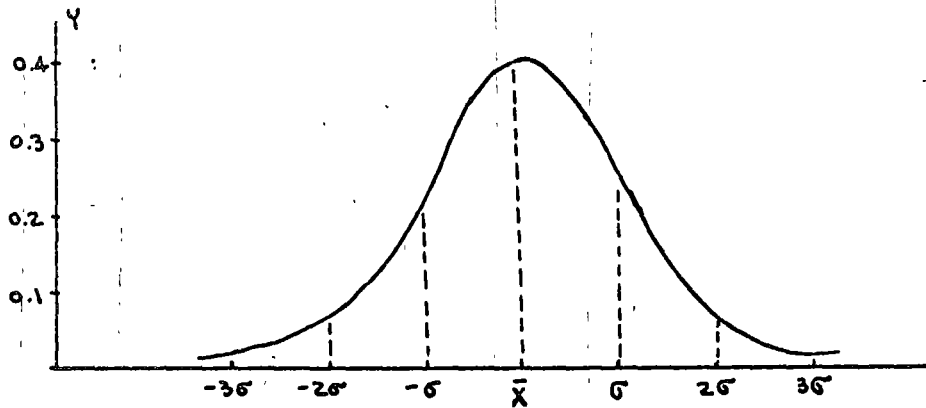
$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n}$$

y la desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n}}$$

### III.- DISTRIBUCIONES.

POBLACION. Es el conjunto de mediciones que se hacen en una determinada muestra. Al hacerse un arreglo de las mediciones de menor a mayor forman una distribución. El histograma es una forma de indicar la distribución. La distribución que más se usa en la teoría de las mediciones es la distribución simétrica (o de Gauss o normal).



$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{(x-\bar{x})^2}{\sigma^2} \right]}$$

$Y =$  densidad de probabilidad.

Características de la curva normal.-

1ª.- Es simétrica con respecto al promedio

2ª.- El área bajo la curva es igual a 1.

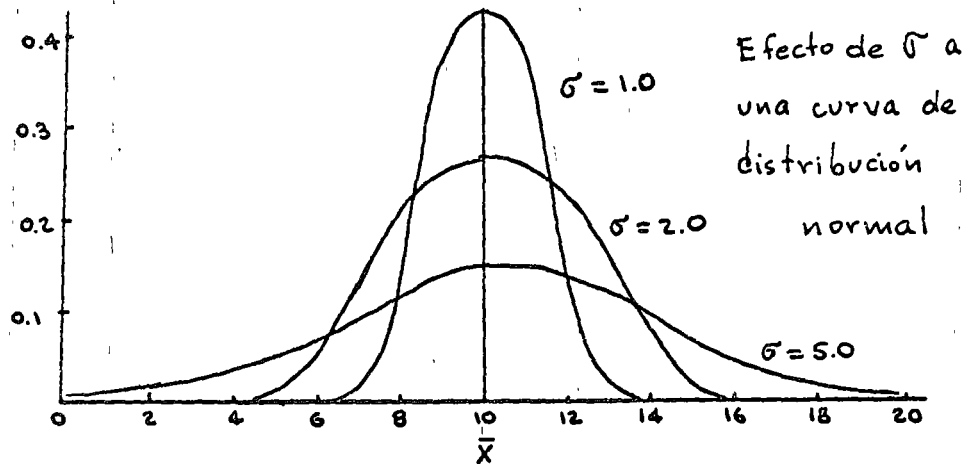
3ª.- Si  $\sigma$  se usa en la obscura, el área bajo la curva será para los límites  $\bar{x} - k\sigma$  y  $\bar{x} + k\sigma$

K	% área
0.6745	50.0
1.00	68.3
1.96	95.0
2.00	95.5
2.58	99.0
3.00	99.7

4ª.- Es evidente que la curva se determina solo con dos parámetros: el promedio y la desviación estándar.

$y$  es la ordenada de la curva y se llama función de distribución Gaussiana o normal (o mejor dicho, función de densidad de probabilidad).

¿Cómo afecta la desviación estándar a una curva de distribución normal?



si se llama a  $m$  como el promedio de un número infinito de muestras

$$\bar{X} \rightarrow m \text{ cuando } n \rightarrow \infty$$

y si el valor verdadero es  $J$

entonces  $\Delta = m - J$  se define como la tendencia o el error sistemático de las medidas.

$m$  y  $J$  sólo pueden inferirse por cálculo estadístico ya que es imposible su valor exacto puesto que varían con la temperatura o con el tiempo.

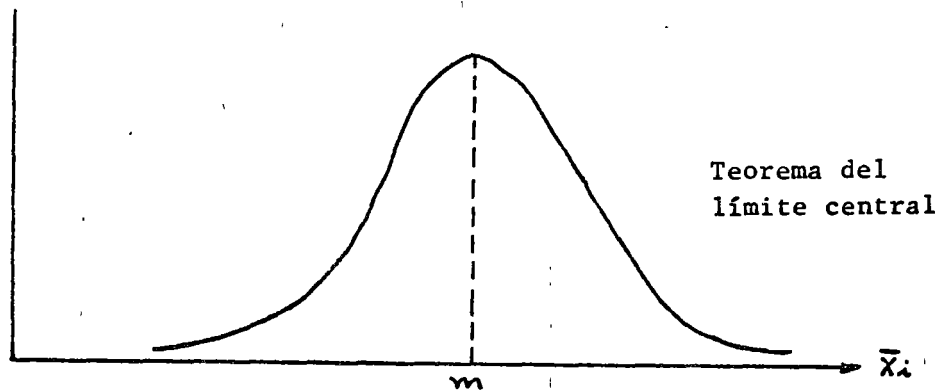
Teorema del Límite Central: Si una población tiene una variancia finita  $\sigma^2$  y un promedio  $m$ , entonces la distribución del promedio de la muestra (de  $n$  mediciones independientes) se aproxima a una distribución normal con una variancia  $\sigma^2/n$  y un promedio  $m$  conforme el número de mediciones  $n$  aumenta.

Para un pequeño número de mediciones

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n} \right]$$

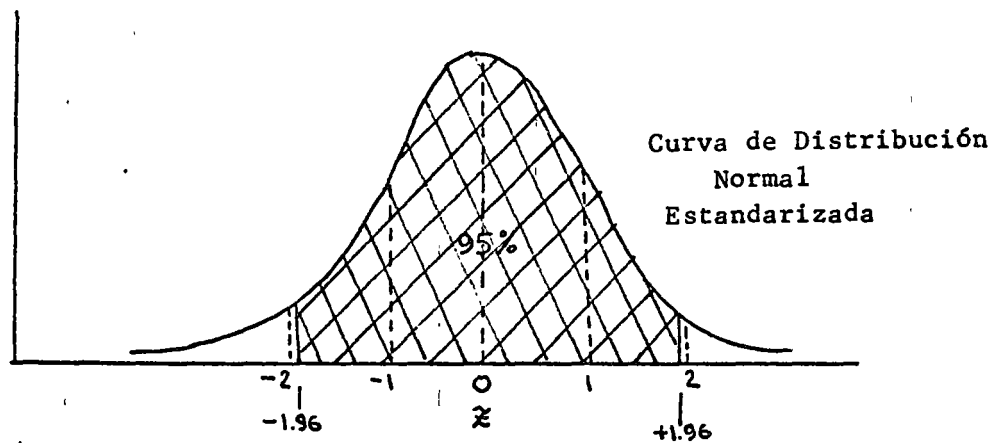
$n-1$  = grados de libertad



$$\bar{X} - m \rightarrow 0$$

Al centrarse en un valor cero se obtendrá una distribución zeta de acuerdo a la siguiente función y a la nueva curva se le llama "curva de distribución normal estandarizada"

$$z = \frac{\bar{X} - m}{\sigma/\sqrt{n}}$$



En una curva de distribución normal estandarizada para un 95 % los valores de  $z$  estarán entre los límites de  $-1.96$  y  $+1.96$

$$-1.96 < \frac{\bar{x} - m}{\sigma/\sqrt{n}} < +1.96$$

o su equivalente

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < m < \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

El intervalo de

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{a} \quad \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

se llama intervalo de confianza para  $m$

En la mayoría de los casos  $\sigma$  no se conoce por lo que

se usa

$$t = \frac{\bar{x} - m}{s/\sqrt{n}}$$

TABLA CONCISA PARA VALORES DE  $t$

grados de libertad $\nu = n-1$	intervalo de confianza $(1 - \alpha)$			
	0.5	0.900	0.950	0.990
1	1.000	6.314	12.706	63.657
2	.816	2.920	4.303	9.925
3	.765	2.353	3.182	5.841
4	.741	2.132	2.776	4.604
5	.727	2.015	2.571	4.032
6	.718	1.943	2.447	3.707
7	.711	1.895	2.365	3.499
10	.700	1.812	2.228	3.169
15	.691	1.753	2.131	2.947
20	.687	1.725	2.086	2.846
30	.683	1.697	2.042	2.750
60	.679	1.671	2.000	2.660
$\infty$	.674	1.645	1.960	2.576

el intervalo de confianza para valores de  $t$

$$\bar{x} - t \frac{s}{\sqrt{n}} < m < \bar{x} + t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

#### PRECISION Y EXACTITUD.-

Exactitud de las mediciones .- El promedio de la distribuciones de las mediciones puede o no coincidir con el valor verdadero de la muestra que se está midiendo. La diferencia entre el promedio obtenido y los valores medidos define a la exactitud de las pruebas de medición.

$$\text{exactitud} = x_i - \bar{x}$$

Precisión o confiabilidad de las mediciones.- Este término indica el grado en el cual las mediciones son reproducibles. De acuerdo con esto, la desviación estándar es una medida de la precisión o confiabilidad de un conjunto de mediciones. A la desviación estándar se le llama "índice de precisión".

$$\sigma = \text{índice de precisión}$$

$$\text{si } \sigma_1 < \sigma_2$$

$$\sigma_1 \text{ es más precisa que } \sigma_2$$

Ejemplo:

Se hacen las siguientes mediciones para calibrar una pesa de 10 g y se tabulan las diferencias. ¿Cuál será su corrección?

Dt'n	$x_i$ , mg	$x_i^2$
1	-0.4008	
2	-0.4053	
3	-0.4022	
4	-0.4075	
5	-0.3994	
6	-0.3986	
7	-0.4015	
8	-0.3992	
9	-0.3973	
10	-0.4071	
11	-0.4012	

$$\sum X_i = -4.4201 \quad \sum X_i^2 = 1.77623417$$

$$\bar{X}_i = -0.40183 \text{ mg} \quad \frac{\sum X_i^2}{n} = 1.77611673$$

$$\text{diferencia} = 0.00011744$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{-4.4201}{11}$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] = \frac{1}{n-1} [\text{diferencia}]$$

$$s^2 = \frac{1}{11-1} (0.00011744) = 0.000011744$$

$$s = 0.00343$$

$$\frac{s}{\sqrt{n}} = 0.00103$$

Para un 95% de confianza  $n - 1 = \nu \therefore \nu = 10$

De la tabla de t,  $t = 2.228$

$$\begin{aligned} \text{Límite inferior } L_i &= \bar{x} - t \frac{s}{\sqrt{n}} = -0.40183 - 2.228 \times 0.00103 = \\ &= -0.40412 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Límite superior } L_s &= \bar{x} + t \frac{s}{\sqrt{n}} = -0.40183 + 2.228 \times 0.00103 = \\ &= -0.39954 \text{ mg} \end{aligned}$$



El peso tendrá los siguientes límites:

Lím. inf. = 10.000 000 00 - 0.00040412 = 9.999 595 82 g

Lím. sup. = 10.000 000 00 - 0.000 399 54 = 9.999 600 45 g

1.- Se acepta con ésto, que cometeremos un 5% de error con respecto al promedio de las desviaciones.

2.- Si el valor obtenido está fuera de nuestro intervalo de confianza es que existe un error sistemático o la masa ha aumentado por alguna razón.

## IV.- CARTAS DE CONTROL

El concepto de control estadístico.-

Se ha aceptado generalmente que las observaciones o mediciones de una cierta característica obtenida ya sea bajo condiciones experimentales cuidadosamente controladas o de operaciones rutinarias en los laboratorios o en plantas, varían en un mayor o menor grado. La variación de una magnitud observada o medida depende de una gran cantidad de causas. Sería posible enumerarlas pero algunas de ellas pueden ser identificadas y eliminarse, aunque muchas veces esta eliminación está vinculada a un aspecto económico; y otras causas, son inherentes al método de medición y que tienen, siempre, una probabilidad de que aparezcan.

Las causas de variación que se han identificado como eliminables, al no eliminarse, pueden estar sujetas a control. Las observaciones o mediciones obtenidas de los procesos variarán debido a la probabilidad y deberán satisfacer nuestro concepto de aleatoriedad. Por lo tanto, el comportamiento de tales variaciones podrán predecirse por métodos estadísticos y predecir, también, los límites de estas variaciones. Los parámetros estudiados en los capítulos anteriores servirán para efectuar los cálculos necesarios de variación, o sea que, estaremos realizando un control.

El concepto de límites de control.-

La variación de una cierta propiedad de un producto producido en

un proceso controlado es predecible dentro de ciertos límites; p. ej., podemos, por métodos estadísticos, establecer límites entre los cuales caigan un conjunto de mediciones. A estos límites se les llama límites de control. Cualquier observación que sobrepase estos límites será indicación de la existencia de alguna causa indeseable y que habrá que eliminarse.

A estos límites de control se les llama también, límites de tolerancia, o especificaciones, los cuales expresan la calidad deseada o la esperada a obtenerse.

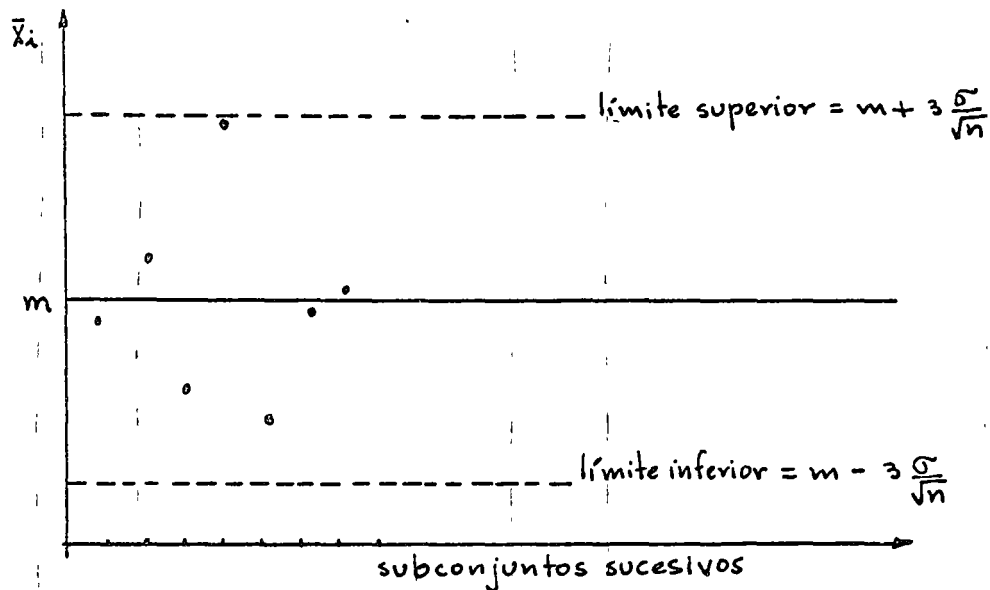
Los límites de control que más se usan son 3 desviaciones estándar de la característica que se está controlando. Si un proceso está bajo control, estos límites deben comprender a 997 valores aproximadamente de cada 1000 en el caso de una distribución normal. En muchos casos es preferible establecer los límites de control para promedios de varios valores ya que estos promedios se aproximarán más a una distribución gaussiana que la distribución de los valores originales. Para prevención de accidentes se usan límites de 2 desviaciones estándar. Los límites de 1.96, 2.57 y 3.09 desviaciones estándar para los promedios, corresponden a probabilidades de 1 en 20, 1 en 100 y 1 en 500 -- respectivamente y que más se usan con frecuencia. Es de uso común en Inglaterra establecer límites para prevención de accidentes de 1.96σ y de 3.09σ para proceder a la corrección. La selección de los límites depende primordialmente de un análisis económico, aunque algunas veces puede ser por común acuerdo. Debemos enfatizar que, en la práctica, -- los límites deben fijarse para efectuar una investigación completa de las razones por la que ciertos valores caigan fuera de los límites

establecidos y determinar el grado de afectación de estos valores en el proceso.

#### Cartas de Control.-

La técnica para obtener una carta de control es que si se va a tener un conjunto de mediciones podremos formar subconjuntos de éstos de tal modo que comprendan de 4 a 5 mediciones cada subconjunto y se determina su promedio  $\bar{x}_i$ . Puesto que el promedio de las  $\bar{x}_i = m$  y la  $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$  donde  $n$  es el número de mediciones en el subconjunto.

Si  $m$  es el valor central, los límites serán  $m \pm 3\sigma/\sqrt{n}$



CARTA DE CONTROL

## V.- INCERTIDUMBRES

Cuando se está efectuando una medición se cometen dos tipos de errores: sistemáticos, aquellos que se producen siempre en el mismo sentido; p. ej., por un metro más corto o por un cronómetro que siempre se atrasa. Accidentales, los que provienen de la falta de sensibilidad del aparato o por la imperfección de los sentidos del observador.

Se define al error absoluto como la diferencia entre un valor real y un valor medido, el cual, también, puede expresarse como un límite cuando se trata de un conjunto de mediciones.

$$\text{error absoluto} = V_r - V_m = \delta V$$

Si un conjunto de mediciones se expresa como  $m \pm \text{límite}$ , entonces la incertidumbre será el valor absoluto del límite, y la incertidumbre relativa será su cociente con el promedio

$$\text{incertidumbre } I = |\text{límite}| = |\Delta|$$

$$\text{incertidumbre relativa } \frac{I}{m} = \frac{|\Delta|}{m} = I_r$$

$$\text{incertidumbre porcentual} = I\% = I_r \times 100$$

Procedimientos algebraicos.-

Si tenemos un conjunto de magnitudes

$$m_x \pm h_x$$

$$m_y \pm h_y$$

$$m_z \pm h_z$$

$$m_t \pm h_t$$

$$\vdots$$

para efectuar una suma S

$$S = m_x + m_y + m_z + m_t + \dots$$

$$I_{rS} = \frac{|L_x|}{m_x} + \frac{|L_y|}{m_y} + \frac{|L_z|}{m_z} + \frac{|L_t|}{m_t} + \dots = I_{rx} + I_{ry} + I_{rz} + I_{rt} + \dots$$

Para un producto o cociente

$$P = \frac{m_x \cdot m_y \cdot m_t}{m_z}$$

$$I_{rP} = I_{rx} + I_{ry} + I_{rz} + I_{rt} + \dots$$

Para  $P = m_x^2$

$$I_{rP} = 2 I_{rx}$$

Ejemplo.- Un cilindro homogéneo posee una masa  $m = 820 \pm 1$  g, un diámetro  $d = 42 \pm 0.1$  mm, una altura  $h = 41 \pm 0.1$  mm. Expresar su densidad tomando en cuenta las incertidumbres.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad V = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$$

$$I_{r\rho} = I_{rm} + I_{r\pi} + 2 I_{rd} + I_{rh}$$

$$I_{rm} = \frac{|L_m|}{m} = \frac{1}{820}$$

si  $\pi = 3.14159$  podemos considerar a  $\pi = 3.141$  y  $L_\pi = 0.00059$

$$I_{r\pi} = \frac{|L_\pi|}{\pi} = \frac{0.00059}{3.141} \approx \frac{1}{5000}$$

$$2 I_{rd} = \frac{2|L_d|}{d} = \frac{2 \times 0.1}{42} = \frac{0.2}{42} = \frac{2}{420}$$

$$I_{rh} = \frac{|L_h|}{h} = \frac{0.1}{41} = \frac{1}{410}$$

$$I_{r\rho} \approx \frac{1}{820} + \frac{1}{5000} + \frac{2}{420} + \frac{1}{410}$$

$\frac{1}{5000}$  es insignificante con respecto a los otros sumandos, entonces

$$I_{r\rho} \approx \frac{1}{800} + \frac{4}{800} + \frac{1}{800} \approx \frac{7}{800} = \frac{|L_\rho|}{\rho}$$

$$\rho = \frac{4 \times 820}{3.141 \times 4.2^2 \times 4.1} \approx 14.43 \text{ g/cm}^3$$

$$|\Delta \rho| = \rho \times \frac{7}{800} = \frac{14.43 \times 7}{800} = 0.126 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = 14.43 \pm 0.126 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

La incertidumbre que se usa en las gráficas es la incertidumbre porcentualporcentual o como partes de 10 elevada a una  $x$  potencia. En este ejemplo, la incertidumbre será

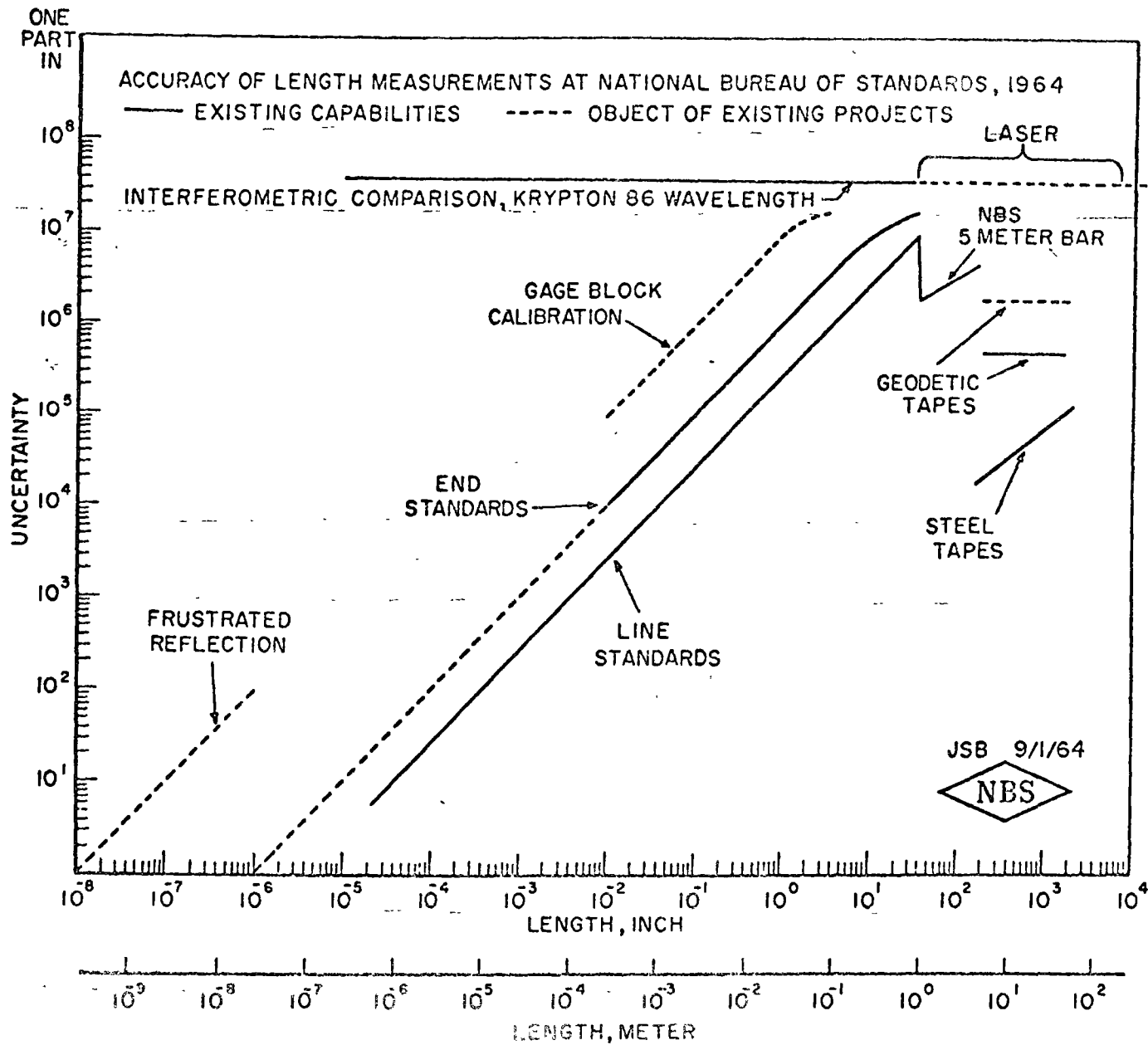
$$\text{Ir} = \frac{7}{800} = 0.9 \times 10^{-2} = \frac{0.9}{100} \text{ ( poco menos de una parte en 100 )}.$$

Se incluyen gráficas de las incertidumbres que pueden tenerse en diversos tipos de instrumentos usados para medir magnitudes tales como longitud, frecuencia, tiempo en años, tiempo en segundos y temperatura. En estas gráficas debe entenderse que tanto la incertidumbre como la exactitud son inversamente proporcionales: a mayor incertidumbre menor exactitud o viceversa.

## LITERATURA CONSULTADA

- 1.- NBS.- Monograph 103 .- Realistic Uncertainties and the Mass Measurement Process.- U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Aug 15, 1967. Washington. D.C. 20234, U.S.A.
- 2.- NBS.- Technical Note 262.- Accuracy in Measurements and Calibrations, 1965, Ibid 1.
- 3.-HANDBOOK OF INDUSTRIAL METROLOGY, American Society of Tool and Manufacturing Engineers, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A. (1966 - 1967).
- 4.- Bennett, C.A. and Franklin, N.L., STATISTICAL ANALYSIS IN CHEMISTRY AND THE CHEMICAL INDUSTRY.- John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. (1954).
- 5.- Heide, J.D.- INDUSTRIAL PROCESS CONTROL BY STATISTICAL METHODS.- McGraw-Hill Book Company, Inc. U.S.A. (1952).
- 6.- Faucher, R.- PHYSIQUE.- Librairie Hatier, 8, Rue d'Assas, Paris VI (19609).





## Length

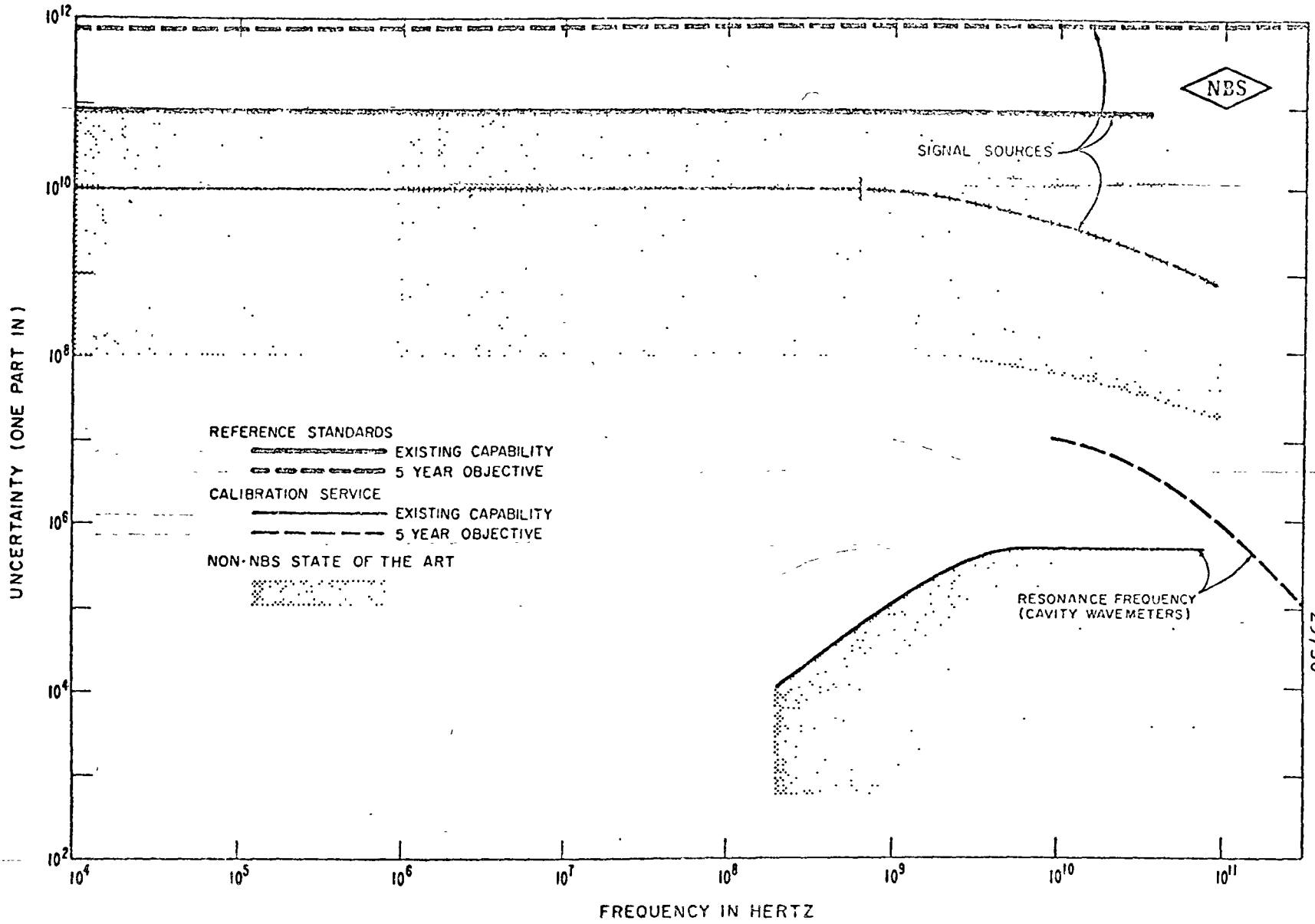
J. S. BEERS, *Project Leader*

*State of the art:* The uncertainty plotted is based on three-sigma limits for random errors plus an allowance for systematic error. Uncertainty in refractive index for krypton 86 light in ambient atmosphere fixes existing capability for interferometric comparison of wavelength as shown at 1 part in  $4 \times 10^7$  in visible range.

*Industry needs:* Calibration of gage blocks to a few tenths microinch is asked by a number of significant industries such as manufacturers of bearings, diesel engines, and machine tools. Gear calibration for space, aeronautics, defense. Automated reading of many-intervalled scales by light wavelengths. For satellite-tracking baselines, atomic accelerators, 1 part in  $10^6$  for 100 meters.

*Short-term objectives:* Wringing film determination by frustrated reflection to be applied to 0.1 microinch gage block calibration. Line standard interferometer to be used in calibration. Calibrate Mössbauer line for iron, seek stronger source, build into geodometer. Investigate stabilized frequency laser source usable for indefinitely long distances. Improve facilities for thread gages, optical flats, etc. Study wave front shape by interferometry.

# FREQUENCY



FREQUENCY IN HERTZ

## Frequency and Time Interval

R. C. MOCKLER, *Section Chief, Standards*  
A. H. MORGAN, *Section Chief, Dissemination Research*

D. H. ANDREWS, *Section Chief, Broadcast Services*  
J. H. SHOAF, *Project Leader, Dissemination*

*General:* The term "precision," when used in connection with the NBS frequency standards, refers to the extent to which a measurement of frequency is reproducible. Used in this sense the measure of precision would include contributions from both the standard itself and whatever source of frequency is being measured. The most commonly used measure of precision for NBS measurements of frequency is the standard deviation of the mean associated with the comparison data.

The term "uncertainty" refers to the degree to which the atomic frequency standard approaches the value of the idealized resonance frequency for the cesium atom in its unperturbed state. This uncertainty figure is consistent with the values obtained by other reliable standards laboratories in foreign countries (i.e., England, Switzerland, etc.).

The lower limit for short time intervals (reciprocal frequency) is of course limited by equipment and techniques for determining the end points of a time interval. Time interval measurements are based upon the atomic definition of the second as adopted by the Twelfth General Conference of Weights and Measures in October 1964.

*Existing capability:* The curve for existing capability of signal sources is based primarily on cesium beam standards (i.e., 6 parts in  $10^{12}$  accuracy).

The curves for existing capabilities for calibration services represent, in general, the announced services available. Calibration service for special requests, where extended frequency ranges or slightly lower uncertainties are necessary, may be made contingent upon demands.

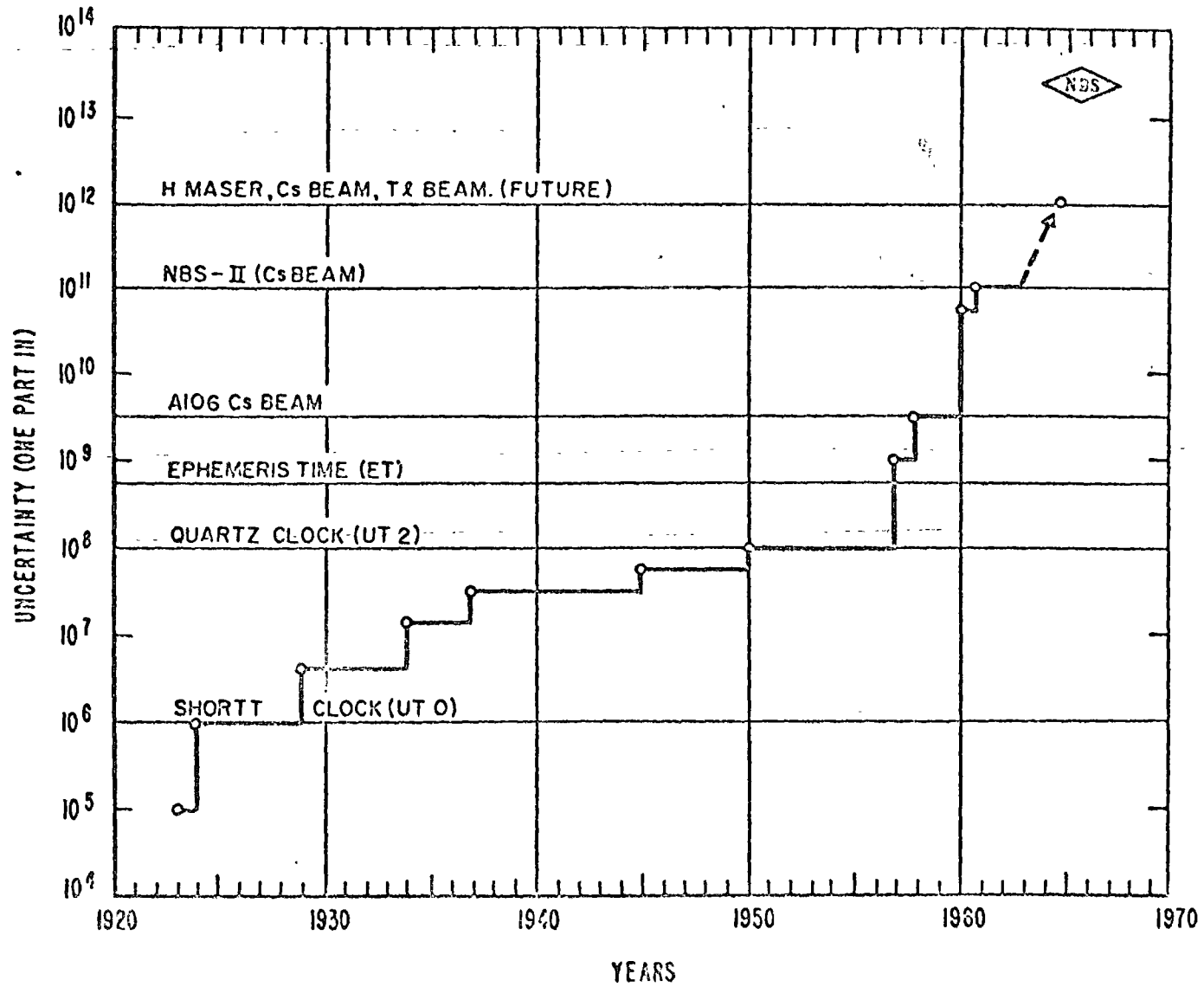
The lower limit on the range for calibration of cavity resonators is, of course, based on the nature of resonant devices (i.e., limited in general to the microwave region). The limitation on accuracy for resonance-frequency is the uncertainty of resettability of cavity wavemeters, etc. (dial graduations, coarse verniers, etc.).

*Five-year objectives:* The curve for future objectives is based on improved techniques and better cesium standards as well as other atomic standards such as the thallium beam or hydrogen maser. Approximately one order of magnitude less uncertainty may be achieved.

It is planned to eliminate the cavity resonator calibration service below X-band in the near future.

*State of the art:* The existing capabilities also represent the upper limit of the non-NBS state of the art. The width of the band is determined by the uncertainty range of high-quality standards.

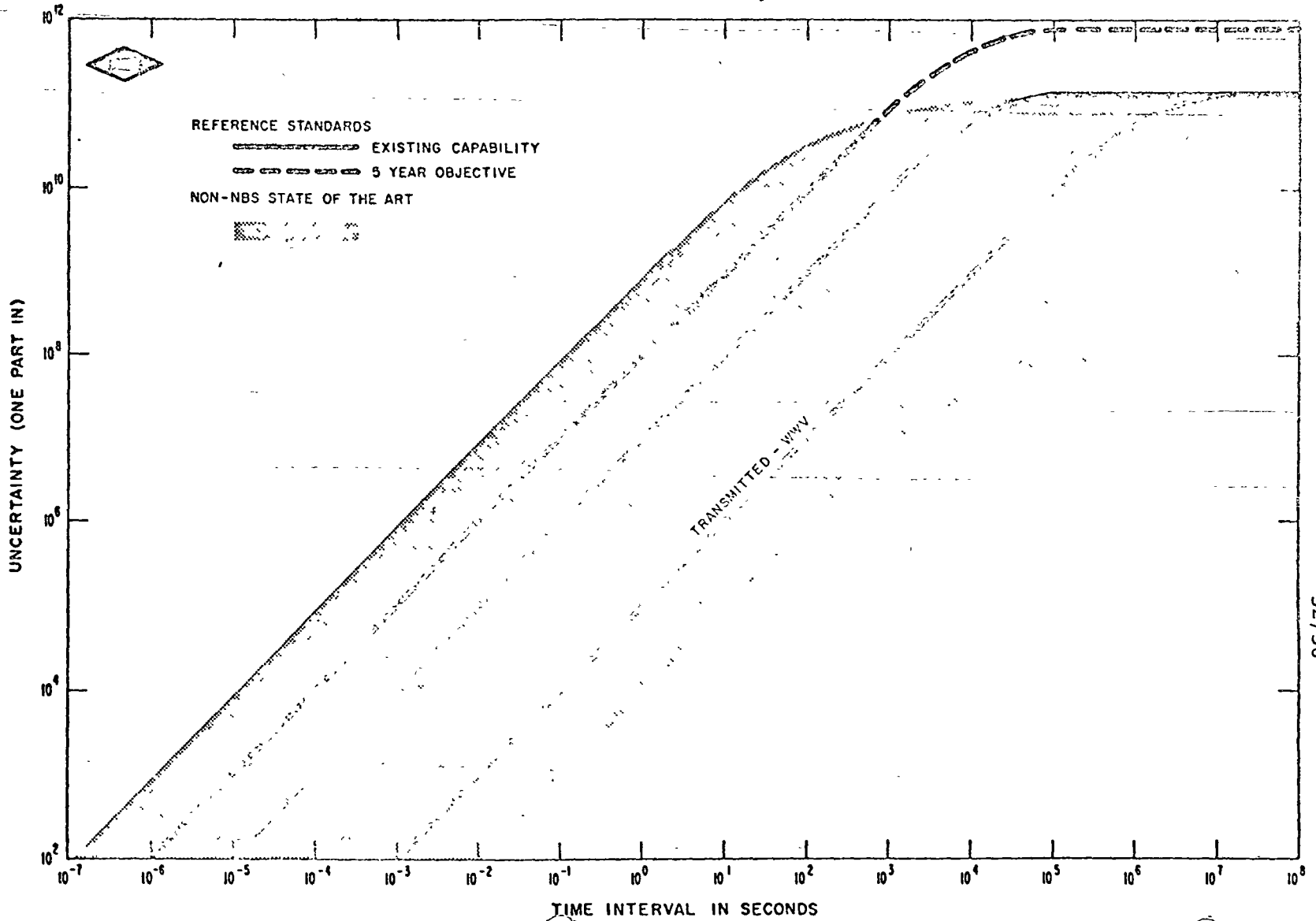
# IMPROVEMENTS IN THE ACCURACY OF THE U.S. FREQUENCY STANDARD (USFS)



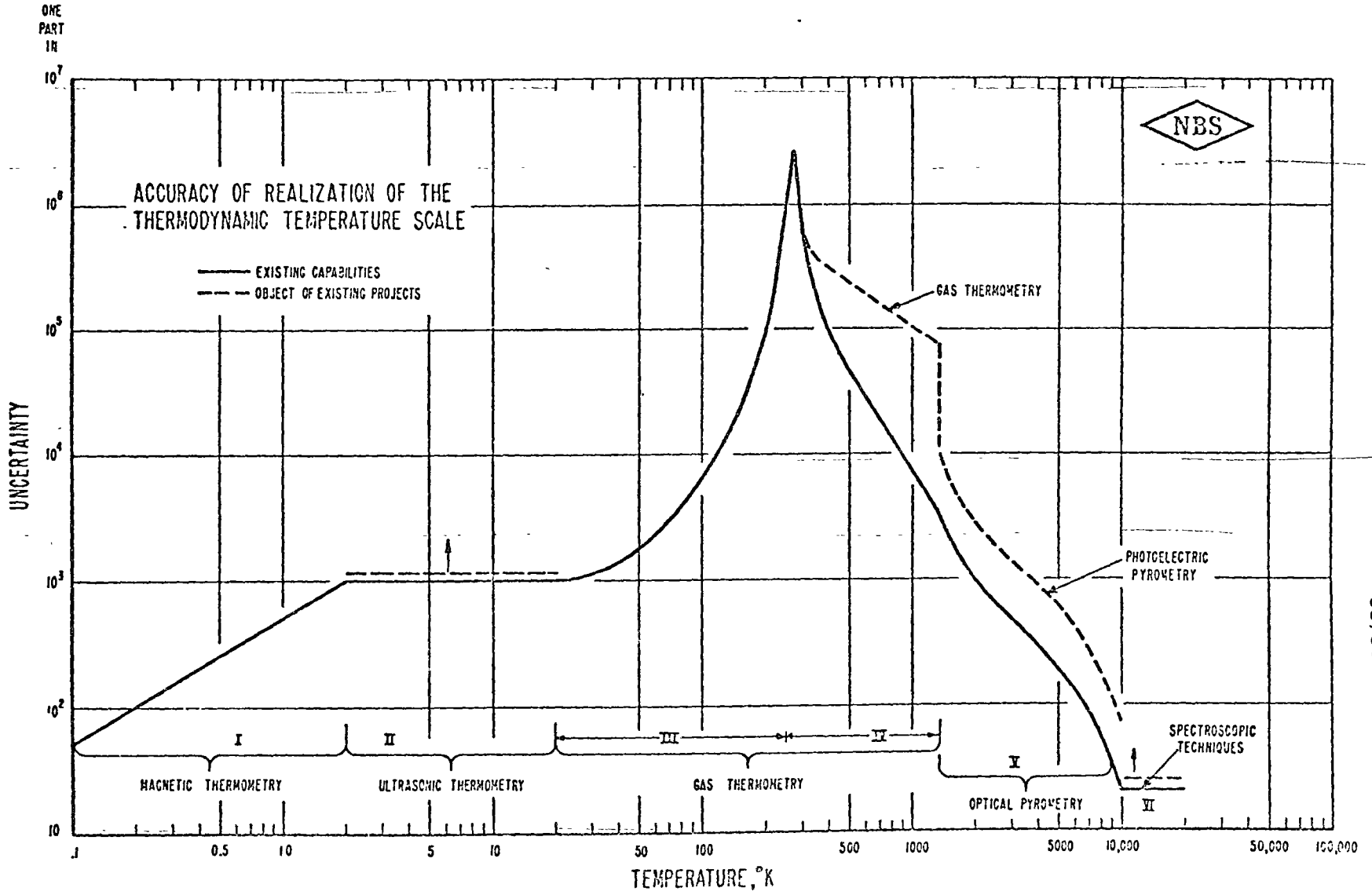
YEARS

TIME INTERVAL

772-551 O-68-2



32/36



## Accuracy of Realization of the Thermodynamic Temperature Scale

J. P. EVANS, L. A. GUILDNER, H. J. KOSTKOWSKI, H. H. PLUMB, J. L. RIDDLE, *Project Leaders*

*State of the art:* While the Thermodynamic Kelvin Scale (TKS) is completely defined by assigning a value to the triple-point of water, this does not by itself enable one to realize the Scale at any other temperature. Using thermodynamic relations, however, the Scale is realized in different temperature ranges using the best available technique in each range. The Scale is put to practical use by determining the Kelvin temperatures of appropriate fixed points (freezing points, boiling points, etc.). Determinations are also made, between the fixed points, of the deviations from the TKS resulting from the properties of the practical instruments used for interpolation between fixed points. The temperature scale covered by the chart is divided into six ranges according to the techniques used for determining thermodynamic temperatures. It is a continuing NBS responsibility to develop techniques for more accurate realization of the Scale and for the utilization of the results of similar work in other scientific institutions. Work directed toward the improvement of the Scale in range III on the chart is in progress at the NPL in England and the NRC in Canada. Consequently, no similar work is planned at NBS.

*Industry needs:* Since nearly every physical property of matter has some degree of dependence on temperature, the need for temperature measurements which can be expressed on the TKS exists to a greater or lesser extent in every technological process and scientific activity. For example, thermodynamic temperatures are required in scientific laboratories studying and measuring the ther-

modynamic properties of matter, and in industries concerned with methods of power generation such as steam turbines, jet and rocket engines, and atomic plants. The aerospace industries and chemical and refrigeration industries are only examples of the industry-wide need for thermodynamic temperatures. In addition, the International Conference on Weights and Measures is expected, in 1958, to make significant changes in the International Practical Temperature Scale which will be based upon the best available knowledge of the TKS at that time. It is therefore important that NBS be in a position to contribute as much as possible to the data upon which such changes will be based.

*Short-term objectives:* Continued effort on temperature range I, studies of the production of temperature below 1 °K, and the improvement of thermometric methods. Range II, development and utilization of ultrasonic thermometry to realize the TKS between 1 and 20 °K to within  $\pm 0.1$  percent or better. Range IV, development of a gas thermometer for the realization of the TKS between 273 and 1336 °K to within  $\pm 0.01$  °K at 1336 °K. Range V, development and utilization of photoelectric pyrometry for the realization of the TKS to within  $\pm 0.1$  °K at 1336 °K and to within  $\pm 5$  °K at 4300 °K. Range VI, continued studies of spectroscopic techniques of measuring temperatures in arc plasmas to improve significantly the present capability of about 5 percent.

34/36



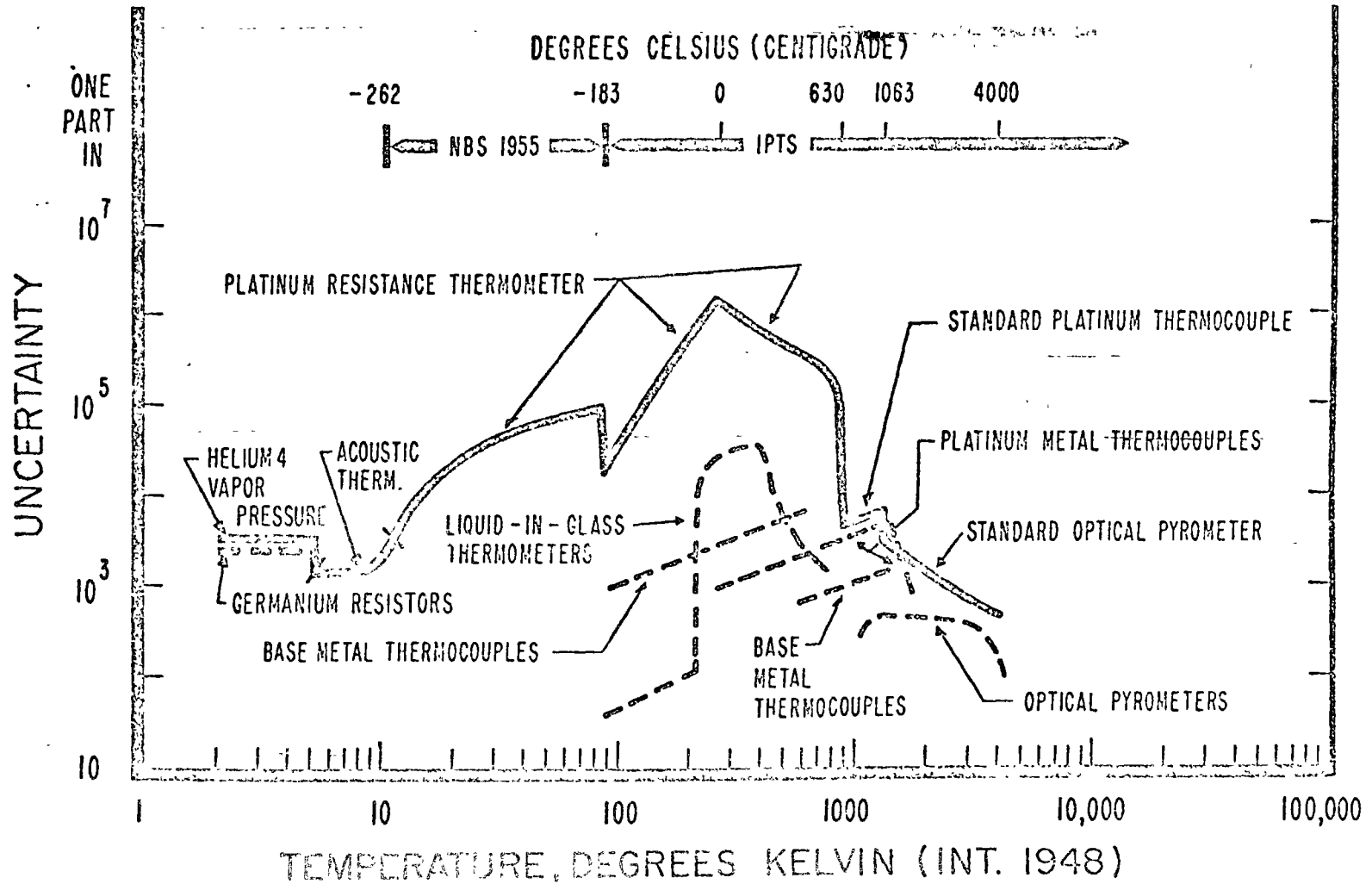
# CALIBRATION OF TEMPERATURE-MEASURING INSTRUMENTS

JFS 8/6/64



— NBS CAPABILITY IN REPRODUCING TEMPERATURE SCALES

- - - ACCURACIES BASED UPON LIMITS OF ERROR ASSIGNED TO CALIBRATION RESULTS



## Practical Temperature Scales: Calibration of Temperature-Measuring Instruments

H. H. PLUMB, W. R. BICCE, G. W. BURNS, E. LEWIS, JR., G. F. WILLIAMS, *Project Directors*

At NBS the International Practical Temperature Scale (IPTS) is realized to serve as a common basis for defining temperatures in the United States. Below the lower limit of temperatures defined by the IPTS at 90 °K ( $-183$  °C), a second scale, known as the NBS Provisional Scale of 1955 (NBS 1955 Scale), has been devised for use down to about 12 °K. In the range 2.0 to 5.22 °K a third scale, known as the  $T_{23}$  Scale (helium 4 vapor pressure), is also maintained. Recently the gap between 5 and 12 °K has been bridged by a scale based upon work with the newly developed NBS acoustic thermometer. Calibration services, provided for government agencies and private organizations and individuals, are based upon these scales.

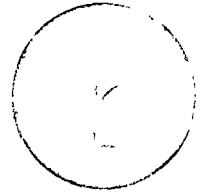
The solid curves in the chart represent the accuracy with which the three scales are realized, using the specified instruments of interpolation between the defining temperatures of the scales. The dashed lines show assigned limits of error for widely used calibration services. These limits of error are largely judgment-type limits

based upon estimated magnitudes of the known sources of error. In nearly all cases there are insufficient data of a kind which will permit statistical analysis of the contribution of a particular potential source of error.

In several temperature ranges, work is currently in progress whose purpose is the improvement and extension of calibration services for temperature-measuring instruments. At  $-183$  °C (90 °K), the temperature of the oxygen point, apparatus is being developed which will materially improve the accuracy with which this point on the IPTS is realized. For use at high temperatures, a photoelectric pyrometer has been developed which will improve the NBS realization of the IPTS above 1063 °C (gold point). This instrument permits the more accurate calibration of commercial photoelectric pyrometers which are now becoming available. In addition, the development of standards and facilities for the calibration of high-temperature thermocouples is at an advanced stage.



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

NORMALIZACION INDUSTRIAL

ING. RAUL VARGAS CID DEL PRADO

# I N D I C E

	Pág.
Conceptos Básicos de la Normalización_____	3
Espacio de la Normalización_____	5
Principios Generales_____	8
Pincipio de Homogeneidad_____	8
Principio de Equilibrio_____	10
Principio de Cooperación_____	12
Números Normales y su Uso en las Normas_____	15
Propósitos de la Normalización_____	21
Ventajas de la Normalización_____	22
Normalización y Economía_____	23
Normalización Empresarial_____	28
El Muestreo de Aceptación_____	33
Los Diferentes Tipos de Normas_____	40
Organización de la Normalización en México_____	42
La Normalización a Nivel Internacional_____	51
La Organización Internacional de Normalización_____	52
Número de Normas ISO publicadas_____	54
La Comisión Electrotécnica Internacional_____	61
Bibliografía_____	64

## 1. CONCEPTOS BASICOS DE LA NORMALIZACION

### 1.1 Definiciones

#### 1.1.1 Normalización

1.1.1.1 Es la consolidación del conocimiento y experiencias obtenidas como resultado de la consulta común, dirigida a regular y establecer el orden.

1.1.1.2 Es el proceso de formular principios tecnológicos para guiar y regular la producción, el cambio de mercancía y servicios con objeto de obtener el máximo de economía.

1.1.1.3 Es una actividad técnica y económica que tiene por objeto establecer los requisitos característicos de los productos, métodos o formas simbólicos de representación, que se definen o formulan en una norma con el propósito de obtener producción nacional, distribución y utilización apropiadas al período considerado.

1.1.1.4 (ISO) Es el proceso de formular y aplicar reglas con el propósito de realizar un orden en una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los intereses, y en particular para la obtención de una economía óptima de conjunto, teniendo en cuenta las características funcionales y los requisitos de seguridad.

#### 1.1.2. Simplificación

Es una reducción de la variedad en número, tipo o clases de materiales, productos, métodos, etc. hasta un número que sea adecuado para satisfacer las necesidades usuales en un tiempo dado,

#### 1.1.3 Unificación

Es un proceso de normalización que consiste en combinar una o

más especificaciones de tal manera que los productos obtenidos sean de una sola clase, tipo, método, etc.

#### 1.1.4 Especificación

Es el enunciado concreto de un grupo de requisitos que deben satisfacer un producto, un material o un proceso indicando, si es necesario, los métodos que permitan determinar si tales requisitos se cumplen.

#### 1.1.5. Norma

1.1.5.1. Es el resultado de un esfuerzo especial de normalización aprobado por una autoridad reconocida.

1.1.5.2. Es la solución siempre igual de un problema que se repite.

1.1.5.3. Es un dato de referencia que resulta de una elección colectiva razonada para que sirva de base de entendimiento en la solución de problemas repetitivos.

#### 1.1.6 Norma Industrial

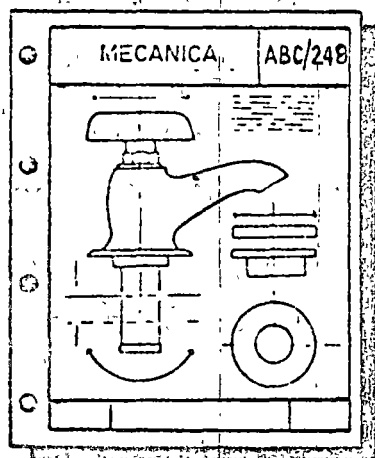
Es el conjunto de especificaciones en que se define, clasifica y califica un material, producto o procedimiento para que satisfaga las necesidades y usos a que está destinado.

#### 1.1.7.- Calidad de diseño

Es el grado de concordancia entre el diseño y el fin para el cual fue creado.

#### 1.1.8.- Calidad del producto

Es el grado de concordancia entre el producto y su diseño.



Calidad del producto es el grado de concordancia entre el producto y su diseño.

Norma es un dato de referencia que resulta de una elección colectiva razonada para que sirva de base de entendimiento en la solución de problemas repetitivos.

## 2.- Espacio de la Normalización.

Con el propósito de presentar una visión general del proceso de normalización de una manera sencilla y breve, el Dr. Lal Verman, de la India, presentó en 1958 a la STACO el concepto de espacio de la normalización. El espacio de la normalización es la gráfica de un sistema ortogonal de tres ejes como se muestra en la figura, conveniente para ilustrar las relaciones entre los atributos más importantes de la normalización, no se considera desde luego como un espacio matemático de variables continuas o discretas.

En el eje de las X, se indican los diferentes dominios de la normalización es decir, las ramas de la actividad económica o cultural que atañe a un grupo de objetos de normalización o sea aquello que puede o merece ser normalizado. En el eje de las Y se incluyen los diferentes aspectos de la normalización es decir -- grupos de exigencias semejantes y conexas. Finalmente el eje de las Z corresponde a los niveles de la normalización o sea a los grupos de personas que deben utilizar la norma.

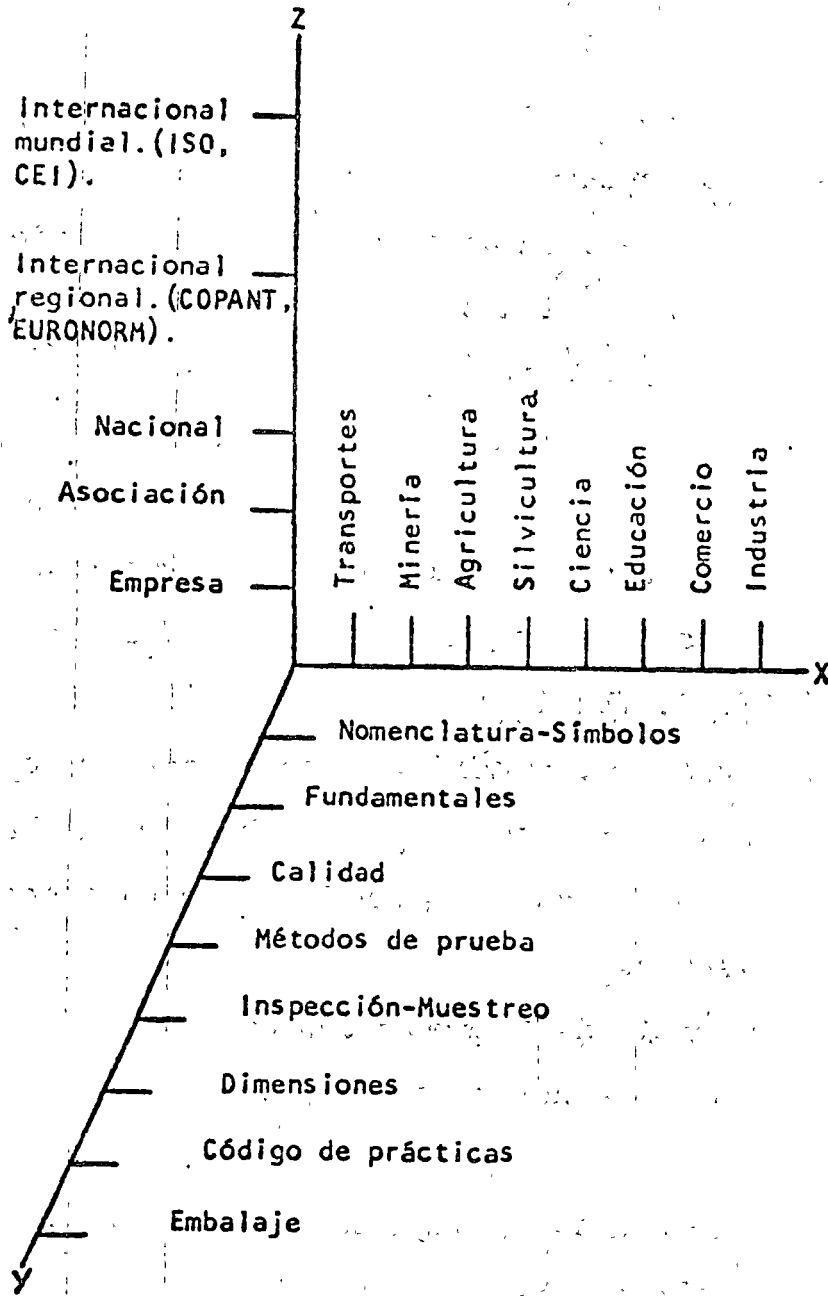
El principal atributo del espacio de la normalización es el de presentar una ilustración sencilla en la que se visualiza que una norma se puede referir a un determinado dominio (industria, silvicultura, etc) que cubre un determinado aspecto (muestreo, calidad etc.) y que puede ser aplicada por un determinado grupo de personas (empresa, nación, etc.).

El dominio en el cual se aplica por excelencia es la industria, lo cual se debe fundamentalmente a la influencia del proceso de industrialización en el desarrollo económico y social.

Una norma puede cubrir uno o varios aspectos, según sea el criterio de la institución que la apruebe. Por lo general, y a medida que el proceso de normalización se desarrolla, las normas tienden a cubrir exclusivamente un sólo aspecto, lo cual facilita su revisión por una parte y por la otra produce un ahorro en su impresión.

En el eje de las Y, sólo se incluyen algunos de los aspectos que pueden cubrir las normas, en realidad a medida que un proceso de normalización se desarrolla, surgen nuevos aspectos que contemplar, algunos de ellos no indicados en la figura, como por ejemplo: clasificación, designación, graduación, funcionamiento, almacenamien





EL ESPACIO DE LA NORMALIZACIÓN

to etc.

A medida que el nivel al cual se va a formular una norma es más alto, su proceso de discusión y aprobación se vuelve complicado. Mientras a nivel de empresa la norma depende del acuerdo de dos o tres departamentos, a nivel nacional son otro tipo de intereses los que influyen en su aprobación; a nivel internacional los intereses son de naciones, lo cual dificulta todavía más su aprobación. Sin embargo, cada vez más todos los países y muchas empresas reconocen la importancia de las normas internacionales, como una herramienta que facilita y promueva su comercio exterior.

### 3. PRINCIPIOS GENERALES

La experiencia ha permitido establecer unos pocos principios generales que deben tenerse en cuenta para establecer las bases de una buena normalización y son los principios de homogeneidad, - - equilibrio y cooperación.

3.1. El principio de Homogeneidad dice que en una época determinada el conjunto de normas debe constituir un todo perfectamente homogéneo.

No hay ni puede haber una norma aislada, así como no puede existir una industria aislada. La interdependencia entre distintas industrias del mismo ramo, así como entre industrias de distintos ramos, obligan a una homogeneidad perfecta (o al menos todo lo perfecto que sea posible) entre todas las normas. Toda norma nueva debe integrarse perfectamente en las normas existentes y tener en cuenta, en lo posible, la tendencia evolutiva del objeto que se normalice.

De nada sirve una norma que establezca especificaciones que no se puedan cumplir con material normalizado que se necesita emplear como parte constitutiva o para su construcción.

En consecuencia, es necesario que antes de comenzar el estudio de una nueva norma, se estudien con atención las normas ya existentes que puedan tener relación con la que se esta estudiando para lograr poner en orden y no favorecer la anarquía. Al mismo tiempo, la norma que se estudie debe seguir la tendencia existente en el momento de su estudio, de manera de no hacer imposible futuras normalizaciones que se relacionen con el material en cuestión.

Si es fácil concebir la perfecta homogeneidad entre las distintas normas de una empresa, también debe serlo concebirla entre normas de distintas empresas, ya que ninguna industria se basta a sí misma.

Por otro lado, la propia normalización de la empresa debe tener en cuenta los deseos y necesidades del usuario, ya que una empresa que no los considerara desaparecería en poco tiempo.

Una primera condición para obtener la necesaria homogeneidad sería entonces que las normas se establezcan sobre bases lógicas - racionales y adoptadas por todas las industrias.

La segunda condición que surge de lo expuesto es que para que la normalización rinda sus frutos, debe ser realizada en el plano nacional y bajo la dirección de un organismo central coordinador que es el organismo nacional de normalización. Así como ninguna empresa vive aislada, ninguna nación, cualquiera que sea su régimen político económico puede vivir aislada y permanecer fuera de los intercambios internacionales.

Conviene en consecuencia, tratar de lograr no solamente la homogeneidad entre las normas nacionales, sino lograr también la mayor homogeneidad posible en el plano internacional. En esta -- forma el normalizador adquiere una nueva responsabilidad ya que tendrá la obligación no solamente de no dificultar, sino de desarrollar las posibilidades de exportación de su propio país.

Otra obligación que tiene entonces el normalizador al emprender el estudio de cualquier norma, es la de tener muy en cuenta lo que al respecto se ha hecho en otros países.

3.2 El principio de equilibrio dice que la normaliza-  
ción debe conseguir un estado de equilibrio entre las solicita-  
ciones del progreso técnico y las posibilidades económicas.

Las normas no pueden concebirse como especulaciones cerebrales de gabinete, sino como el fruto de la colaboración entre todos los sectores interesados.

Una norma que establezca el estado más avanzado del progreso -  
técnico, no servirá de nada si está por sobre las posibilidades  
económicas.

Si se pierde de vista la base económica, se corre el riesgo de  
caer en normalizaciones teóricas que pueden resultar muy intere-  
santes como expresión de deseos, pero que resultarán inaplica--  
bles. No debe olvidarse que se está tratando de hacer una tarea  
eminentemente práctica y que se debe lograr la aplicación de las  
normas.

No siendo una norma un instrumento inamovible, sino más bien una  
regla ágil que debe poder modificarse en todo momento en que el

progreso técnico o las posibilidades económicas o ambas. lo aconsejen, no tiene mayor sentido hacer normas que no podrán ser -- aplicadas de inmediato.

Es mucho más lógico establecer normas que, garantizando la aptitud al empleo, puedan ser adoptadas rápidamente y pongan en evidencia las economías, de orden general, que ellas introducen, -- sancionar normas que no podrían ser alcanzadas en un futuro más o menos próximo.

Conviene repetir que, consagrado ese estado de equilibrio entre el progreso técnico y las posibilidades económicas, en el momento de sanción de la norma, ésta debe ser revisada cada vez que sea necesario, ya que lo que consagró fue un estado de equilibrio de momento y, cuando cambian las condiciones, es necesario consagrar el nuevo estado de equilibrio.

Esto último exige una labor permanente para que la norma no se convierta en un elemento de vida efímera y marche al ritmo del progreso. La tarea del normalizador es permanente.

Por otro lado, en la normalización debe actuarse con prudencia tratando de no fijar detalles innecesarios que puedan impedir el progreso técnico o ciñan al fabricante a esquemas demasiado rígidos.

Salvo en aquellos casos en que por razones bien justificadas sea imprescindible hacerlo, no debieran incluirse detalles de construcción; bastaría con establecer todos los requisitos, -- con sus respectivas formas de verificación, que el producto -- debe cumplir para satisfacer la aptitud de empleo mencionada con anterioridad.

Se puede agregar que la norma debe estar basada en los datos más útiles y los métodos más modernos, que hayan merecido la consagración de la experiencia y/o la experimentación (no de teorías no confirmadas) con el fin de consagrar lo mejor existente en el momento en el que se la establece.

3.3. El principio de cooperación dice que la normalización es una obra eminentemente colectiva; en consecuencia es necesario que sea establecida con el acuerdo y la cooperación de todos los intereses afectados.

A los intereses afectados podemos dividirlos en intereses generales, producción y consumo; los primeros son todos aquellos que no son afectados directamente por la norma, ya sea como productores o consumidores. Dentro de este grupo se incluyen a laboratorios, profesores, hombres de ciencia, etc. El resultado de una normalización hecha por este sector únicamente, será con seguridad una norma teórica que, la mayor parte de las veces se adelantará a las posibilidades económicas, contrariando el segundo principio general que se ha dado. La normalización debe tener bases científicas pero resultar, al mismo tiempo, eminentemente práctica.

Se corre el riesgo que, por desconocimiento de las posibilidades industriales, se realice una normalización que no pueda ser aplicada de inmediato y que signifique una meta difícil de alcanzar en el momento de su aprobación, con lo que la norma quedará como un instrumento para el futuro. Puede suceder además que la producción evolucione en un sentido no previsto, con lo que la norma realizada sin consultar a la producción nunca pueda ser apli-

cada.

Ahora supongase que la normalización sea hecha, exclusivamente por los productores. Se podría considerar que ellos son los primeros interesados en la normalización, y en consecuencia, la palabra más autorizada.

Ante a esto, se tiene que el productor asumirá la doble misión incompatible de hacer el producto y juzgarlo o, lo que es más, hacerlo de acuerdo con su propio y único criterio.

La normalización correría el riesgo de no mencionar la mejor práctica del momento ya que, para evitarse rechazos, si únicamente el productor interviene en la confección de la norma, se verá tentado a establecer niveles más bajos de los alcanzables, con evidente perjuicio para el usuario y sin el acicate de exigencias que lo obliguen a superarse de manera permanente.

La experiencia de largos años de dirección de organismos de estudio de norma, la opinión de normalizadores de reconocido renombre y el régimen para el estudio de normas establecido en muchos países, avalan esta afirmación.

No debe olvidarse tampoco que la producción está destinada al usuario y no se le puede ni debe negar a éste el derecho de hacer conocer su opinión, la mayor parte de las veces beneficiará al propio fabricante.

Por otro lado, se sabe que antes de lanzar un producto a la venta es cada vez más común que las empresas bien organizadas hagan un estudio de mercado consultando gustos, preferencias, etc. del público. Esta es una razón más para que no se le ignore cuando llegue el momento de fijar las condiciones que deben satisfacer los productos que se normalicen.

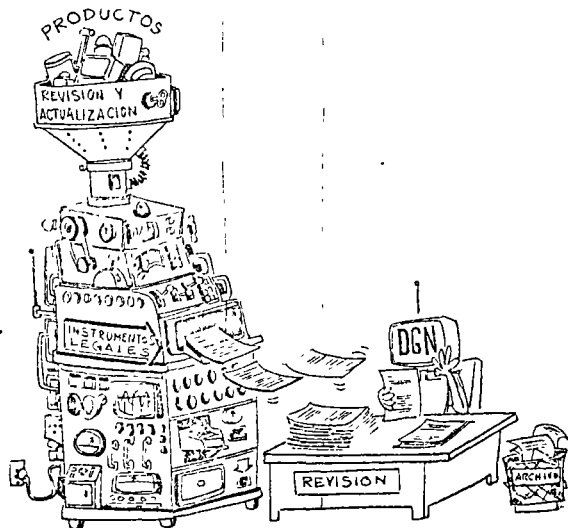
Si se toma una empresa productora de un material determinado que, a su vez, adquiere otros materiales, como es el caso de prácticamente todas las empresas vemos que, en su posición de comprador se torna mucho más exigente de lo que está dispuesto a serlo como vendedora. Puesta en el terreno de compradora, exige que se contemplen sus intereses.

En el tercer caso, se tienen las normas fijadas exclusivamente por los consumidores. Se tendrían aquí reproducidos, pero con mayor gravedad, los inconvenientes mencionados en el primer caso.

Los consumidores, con desconocimiento de las posibilidades industriales, estarán tentados a exigir productos sin cesar diferentes, de calidad difícilmente alcanzable, provocando, sin proponer selo por supuesto, un encarecimiento cada vez mayor de los productos e imponiendo exigencias de difícil o imposible cumplimiento.

Los inconvenientes citados para el caso de las normas hechas exclusivamente por el productor, se reproducen en sentido inverso en este caso.

Con esto se ve una vez más que la normalización es quien dá el ejemplo de sacrificar intereses particulares en pos del bienestar común.



La norma es una regla ágil que debe poder modificarse en todo momento en que el progreso técnico o las posibilidades económicas lo aconsejen.



#### 4.- NUMEROS NORMALES Y SU USO EN LAS NORMAS.

##### 4.1.- Historia

Por el año de 1880, el Coronel francés Charles Renard, - destacado ingeniero y secretario de una comisión francesa sobre comunicación aérea, se encontró con que la Armada Francesa tenía en lista no menos de 425 diferentes diámetros de cordaje para el amarre de los globos. Tratando de determinar los mejores diámetros para el cordaje, quiso partir de una base de ordenación sistemática para la elección de los diámetros que debía definir y escogió una serie de valores con intervalos crecientes, según una progresión geométrica cuya razón era la raíz décima de diez ( $10\sqrt[10]{10}$ ), serie que representa varias características particulares y sobre la cual Renard definió, - después de los adecuados redondeos de los valores, los diámetros de las cuerdas que habrían de emplearse en aeronáutica.

Aplicando la serie de Renard, se logró reducir de 425 a 13 los diámetros que formaban la serie completa del cordaje reglamentario (cinco cordincillos, cinco cuerdecillas y tres cuerdas), con resistencias que varían desde 26 kg para el primer cordincillo a 4000 kg para la cuerda más gruesa, que en las pruebas resultaron de una completa adaptación a las delicadas y difíciles exigencias de las construcciones aerostáticas.

La serie de los números de Renard, después de su primera y casi ignorada aplicación al cordaje para aeronáutica del ejército francés, fue reanudada a fines de la primera guerra europea, despertando interés en diversos ambientes técnicos. - En Alemania, la serie de los números Renard, reaparecida en un estudio de RUDEMBERG, encontró nueva afirmación, considerándosele como base armónica unitaria para la elección de los tama-

ños en las unificaciones en general. En Francia se manifestó - una corriente análoga y, en varios países, se siguió el ejemplo incluso con mayor impulso. Muchos organismos nacionales de normalización en Europa acogieron en sus propias normas la serie de los números de Renard.

La serie de los números de Renard fue también objeto de estudio desde el punto de vista de la unificación internacional: un Comité Técnico Especial, denominado ISA 32 , formado en el seno de la Federación Internacional de las Asociaciones Nacionales de Normalización ( ISA ) trató la materia, tanto - con el fin de definir valores unificados concordantes, eliminando divergencias surgidas por efecto de distintos criterios de redondeo de valores teóricos, cuanto con el de estudiar y aclarar, de común acuerdo, los criterios directivos y de aplicación práctica de los números de Renard. El estudio internacional fue desarrollado al mismo ritmo y en recíproca conexión con la discusión internacional del problema de la serie de los diámetros normales en las construcciones mecánicas, que - adquirió el carácter de un caso de los números de Renard. El estudio del Comité Técnico ISA 32, fué concluido y denominado NUMEROS NORMALES DE SERIES GEOMETRICAS DECIMALES. Tomando como base el estudio realizado por este Comité fue definida en Alemania la norma DIN 323; en Suecia, la norma NS 379; en Italia la norma UNI 2.016; en España la norma UNE 4.003; en - Estados Unidos de Norteamérica la norma ASA-A17-1; en México, la norma DGN R-51.

#### 4.2.- Estructura de la serie de los Números Normales.-

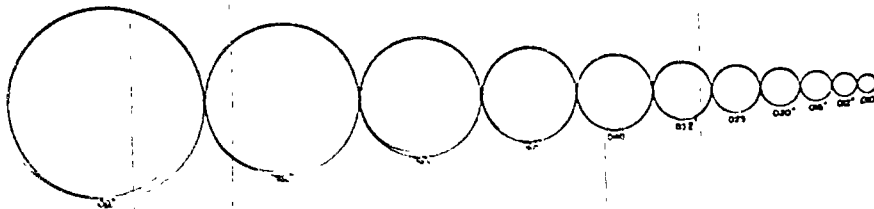
La serie de los números normales es una sucesión de valores abstractos, adaptados a priori, que sirve de guía para

la determinación de tamaños técnicos de cualquier naturaleza, según una base unitaria general, por esto, a los valores de la serie de los números normales es atribuida la función privilegiada de dar proporciones y establecer las dimensiones en todos los estudios de proyectos técnicos y, en especial, en los de las unificaciones.

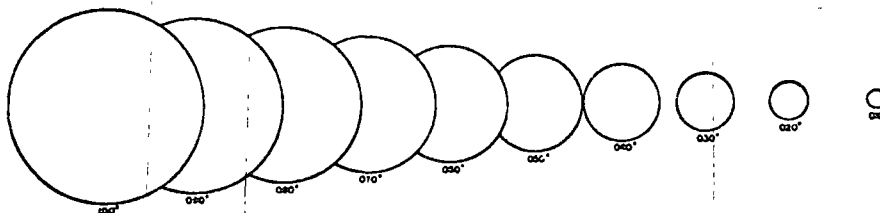
En la definición de las unificaciones, así como en el proyecto de construcciones según series de tamaños sucesivos, se presenta siempre el problema de buscar para los diferentes tamaños. ( dimensiones lineales, superficiales, de volumen, potencias, velocidades, capacidades, requisitos de calidad ) la serie numérica que en cada caso permitirá cubrir el conjunto de las necesidades con el menor número de términos, o sea que se trata de escoger, caso por caso, una sucesión de términos que resulte favorable en el más alto grado desde los puntos de vista económico y técnico. La serie de los números normales con sus posibilidades de amplia adaptación, ofrece la solución adecuada y fácil en las más variadas necesidades.

La serie de estos números presenta intervalos crecientes, según una progresión geométrica que tiene por razón la raíz décima de 10 ( serie  $R_{10}$  ).

El principio de los tamaños crecientes según una progresión geométrica, responde a un concepto armónico del conjunto de dimensiones. La figura muestra gráficamente la más adecuada y racional distribución de los tamaños que ofrece la serie de los números normales, con respecto a los de una sucesión con intervalos iguales.



Serie en progresión geométrica ( Renard )



Serie en progresión aritmética

Desde el punto de vista matemático, queda justificado la sucesión de valores según una progresión geométrica, ya que tal progresión presenta, entre cada dos términos consecutivos, intervalos constantemente proporcionales al menor de ellos, o sea:

$$\frac{a_{n+1} - a_n}{a_n} = \text{Constante}$$

( siendo  $a_n$  y  $a_{n+1}$  dos términos consecutivos de la serie ) en cualquier zona de la extensión de la serie formada por los números llamados valores calculados y, por tanto, ofrece proporcionalmente siempre las mismas condiciones de aproximación cuando se sustituyen los valores resultantes de las operaciones por los de la serie de los valores con varias cifras exactas. Esto responde al concepto de que se pueden desechar ( por errores de aproximación o pérdidas ) cantidades por ejemplo de fracción de gramo en caso de unidades dadas en gramos y cantidades de la mis

ma fracción de kilogramo, en caso de unidades dadas en kilogramos.

La estructura de la serie de los números normales y algunos ejemplos de cálculo figuran en la norma DGN-R-57 vigente.

La serie basada en las raíces de 10 representa valores -- que se repiten en períodos cíclicos decimales, por lo que, dadas los valores para el período de 10 a 100, los mismos sirven también para los campos situados por encima o por abajo de dicho período, mediante simples operaciones de multiplicar o dividir por 10, 100, o cualquiera de sus múltiplos los valores del período base.

Los números normales presentan diversas series de diferentes conjuntos de términos, para ser empleados según las exigencias de cada caso.

La serie que tiene por razón la raíz quinta de 10 (serie  $R_5$ ), presenta 5 términos en cada período cíclico decimal; la que tiene por razón la raíz décima de 10 (serie  $R_{10}$ ), presenta 10 términos en cada período cíclico; la que tiene por razón la raíz vigésima de 10 (serie  $R_{20}$ ), presenta 20 términos en cada período cíclico; la que tiene por razón la raíz cuadragésima de 10 (serie  $R_{40}$ ), presenta 40 términos en cada período cíclico. Además de estas series, existe la serie suplementaria que tiene por razón la raíz octagésima de 10 (serie  $R_{80}$ ), que presenta 80 términos en cada período cíclico, por lo que se le atribuye a esta serie un carácter excepcional.

Los números normales mayores de 10 se obtienen multiplicando los comprendidos entre 1 y 10 por 10, 100 o 1000 y los menores dividiendo entre 10, 100 o 1000 según el caso.

## 5. PROPOSITOS Y VENTAJAS DE LA NORMALIZACION

### 5.1. PROPOSITOS DE LA NORMALIZACION

Hablando en términos generales, los propósitos de la normalización pueden catalogarse como sigue:

5.1.1. Realizar una economía máxima total en términos de: costo, esfuerzo humano y conservación de elementos fundamentales, usando de preferencia materiales fácilmente obtenibles. Esto entraña la selección juiciosa de materias primas y la adopción de procedimientos para la producción y el manejo conocidos, o que se sabe o espera que sean los más económicos.

5.1.2. Garantizar la máxima utilidad en el uso. Este objetivo de la normalización conduce a la simplificación, racionalización, intercambiabilidad de partes y reducción de la variedad en las dimensiones de los componentes. Los beneficios que con esto se obtienen, son el aumento en la productividad, la eliminación de desperdicio innecesario y la reducción de inventarios.

5.1.3. Adoptar la mejor solución posible para los problemas que se presentan compatibles con las metas anteriores, tomando en cuenta todo el conocimiento científico disponible y los desarrollos tecnológicos modernos. El objetivo es facilitar el diseño de procesos y guiar la formulación de programas de investigación y de producción. Entraña la normalización de terminologías básicas, códigos de práctica, formas modelo de contratos, etc.

5.1.4. Definir niveles de requisitos de calidad, en tal forma que la evaluación práctica de la calidad y sus logros sean compatibles con los propósitos antes citados. Esta meta condu-

ce a la normalización de procedimientos de muestreo, métodos de prueba, esquemas clasificadores y especificaciones de calidad en general.

## 5.2. VENTAJAS DE LA NORMALIZACION

Así como una sociedad y sus miembros dependen de las leyes motales para el establecimiento de un orden social, así económicamente dependemos de las normas para mejorar la producción, fomentar el comercio y proveer los mejores medios para el uso de bienes y servicios.

El adecuado empleo de las normas ofrece innumerables ventajas a los productores, a los consumidores y a la economía nacional en su conjunto, tanto a corto como a largo plazos.

Estas ventajas se concretan a continuación. La lista siguiente da una idea, aunque necesariamente incompleta.

### 5.2.1. Para la Producción

- Planeación de la producción desde las materias primas hasta el producto terminado.
- Documentación técnica mantenida al día por un organismo especializado.
- Eliminación de desperdicios
- Aumento de la producción
- Simplificación del mantenimiento de inventarios
- Regularización de las fabricaciones a través del tiempo
- Abatimiento de costos
- Incremento del uso de métodos de producción en gran escala
- Eliminación de la competencia desleal
- Argumento de venta.

## 5.2.2. Para el Consumo

- Garantías precisas de calidad, regularidad, confianza, seguridad e intercambiabilidad.
- Acceso a datos técnicos anteriormente dispersos e inciertos
- Posibilidad de comparación de ofertas
- Abatimiento de precios para productos de la misma calidad
- Facilidad para ordenar compras
- Reducción de las demoras de entrega

## 5.2.3. Para la Economía General

- Mejoramiento de la producción nacional en lo que respecta a calidad, cantidad y confianza.
- Mejor entendimiento entre la oferta y la demanda.
- Disminución de litigios
- Reducción de los costos de distribución
- Establecimiento gradual de un catálogo de productos nacionales
- Argumentos efectivos de venta en el mercado internacional
- Incremento de la Productividad Nacional

6. NORMALIZACION Y ECONOMIA

El primer estudio económico de conjunto sobre la normalización que se conoce, fue hecho en los Estados Unidos de Norteamérica alrededor del año de 1920. Este estudio reveló que los desperdicios de la industria, debidos a la falta de normalización, se podían evaluar en un 39%. En Francia, en el año de 1956, se preparó un informe en el que se incluyó un estudio cuantificado de las economías obtenidas por la normalización.

En 1968, se estimó en 180 a 225 millones de pesos, la suma anual consagrada en Francia a la normalización; de los cuales 34 millones correspondieron a la contribución del Estado. El orden



de la magnitud de las economías anuales resultantes asciende a 4,500 millones; de los cuales 675 millones fueron a las cajas recaudadoras del Estado.

Con tales niveles de rendimiento, desaparece la noción habitual de rentabilidad de las inversiones, para encarar la evidencia de la necesidad de normalizar.

La normalización interviene eficazmente en la reducción de los costos, en todas las etapas del desarrollo de los productos. La normalización puede aligerar el trabajo de las oficinas de proyectos encargadas de concebir los productos para su fabricación, proporcionando soluciones tipo a los problemas repetitivos.

-Métodos de Cálculo. Por ejemplo: medición de gastos instantáneos de flúidos; cálculos de canalizaciones; resistencias de las estructuras: cargas permanentes y sobre cargas admitidas en las construcciones, etc.

-Características de construcción de los ensambles fabricados. Por ejemplo: reglas generales de construcción e instalación; códigos de condiciones mínimas de ejecución. Códigos de limitaciones dimensionales; direcciones y sentidos de maniobra de los elementos de mando, etc.

-Características detalladas de las diversas piezas. Por ejemplo; intercambiabilidad de numerosas piezas mecánicas y eléctricas; materiales que, de no apegarse a ciertas especificaciones, pueden resultar peligrosos, como los aparatos para manejo de materiales, materiales eléctricos, etc.

-Conjunto de símbolos y procedimientos gráficos que permiten una simplificación considerable en el trazo y una reducción del trabajo de las oficinas técnicas, eliminándose los riesgos de mala

interpretación de los servicios de manufactura o de los subcontratistas.

#### FABRICACION

La normalización produce diversos efectos en la fabricación, que se traducen en una reducción, frecuentemente considerable, de los costos.

A menudo la normalización se manifiesta de manera espectacular, por la reducción del número de tipos de productos, mediante el establecimiento de series racionalmente escalonadas.

El aumento de magnitud de las series de producción, consecuencia directa de la disminución del número de tipos, es un generador de considerables reducciones de costos.

Se ha comprobado de una manera general, que el costo de una fabricación en serie, es inversamente proporcional a la raíz cuarta de la magnitud de la serie; es decir, que al duplicar la magnitud de una serie, se reduce en 15% el costo de la unidad producida, o más exactamente, la parte de esos costos, correspondientes a gasto de transformación y mecanizado.

#### EXISTENCIAS

Es probablemente, en materia de disminución del volumen de las existencias, donde la normalización permite obtener los resultados más convincentes.

#### SUMINISTROS

El funcionamiento de los servicios de suministros se benefician con las ventajas que la normalización, tanto a los servicios de proyectos, que se encuentran antes, como a los servicios de almacenes y manufacturas, que se encuentran después que aquellos. Se observa que las normas de empresa comprenden, generalmente,

un volumen relativo a las piezas fabricadas por la empresa, a cuyo lado se encuentra otro tan importante como éste, correspondiente a las piezas compradas.

Este procedimiento permite a las empresas fundamentar y proyectar sus compras sobre verdaderos cuadernos de especificaciones, basados en las normas, lo que permite la simplificación de los pedidos; una competencia sana entre abastecedores; una comparación válida de precios; una regulación de los suministros; garantías de calidad verificables en caso necesario, frecuentemente reducción en los plazos de entrega, así como la eliminación de la mayor parte de las causas de litigios.

#### UTILIZACION

La utilización de productos normalizados resulta ventajosa por numerosas razones:

-Son productos bien proyectados en vista de su funcionalidad. La normalización es el único medio adecuado que permite un mantenimiento sencillo y evita al usuario tener que aceptar, sin condiciones, las decisiones de los abastecedores y los servicios externos de mantenimiento.

#### ECONOMIA GENERAL

Independientemente de las acciones específicas que se han descrito, la normalización produce considerables efectos económicos -- por ser un factor de:

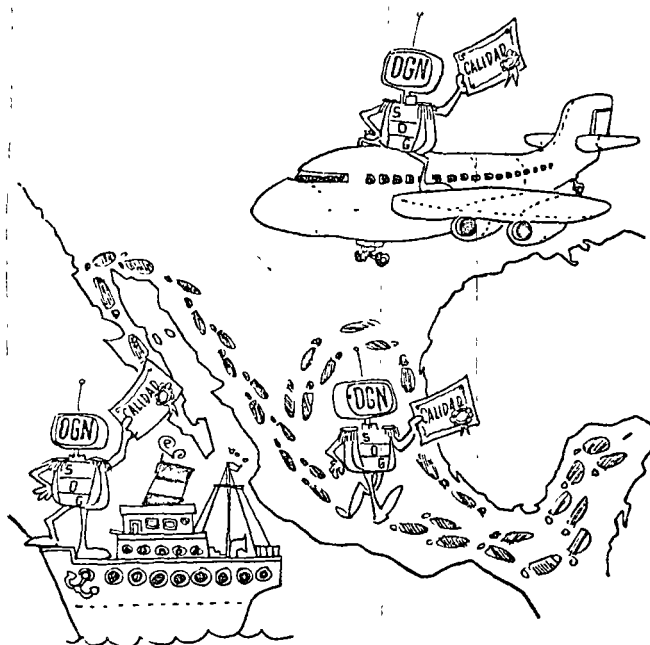
-organización de los mercados (la normalización permite la ampliación de las producciones, el ensanchamiento de los mercados y la especialización de las empresas).

-Mejoramiento de las relaciones económicas (eliminación de la competencia desleal en detrimento de la calidad, unificación de los

manuales administrativos de especificaciones, etc.).

-Calidad y regularidad, especialmente para la exportación; y

-Organización interna de la empresa.



La Normalización produce considerables efectos económicos por ser un factor de calidad y regularidad, especialmente para la exportación.

## 7. NORMALIZACION EMPRESARIAL

Cualquier curso de normalización por breve que sea queda incompleto si no toca, aunque solo sea asimismo superficialmente, la normalización a nivel de empresa.

### 7.1. DEFINICIONES

Toda empresa, por el hecho mismo de existir, transforma materia incorporándole trabajo o consumiéndolo.

Toda empresa por consiguiente, compra productos, los transforma en otros productos y, lo más común, envía al mercado los productos resultantes de su actividad.

En este caso, la normalización puede definirse como:

La función que consiste en determinar en la empresa, las características técnicas de los productos adquiridos de los diversos productos en proceso de fabricación y de los productos entregados al mercado.

De manera breve, puede decirse que la normalización es "La organización de los productos en la empresa".

De manera más detallada se puede decir que la normalización en la empresa engloba:

El conjunto de esfuerzos tendientes al abatimiento de los precios de venta y a la elevación de la calidad por medio de lo que se anota en 7.2.1.1, 7.2.1.2 y 7.2.1.3.

Cuando hay así, varias definiciones posibles de un concepto dado, ésto es signo por una parte que este concepto es difícil de definir y por otra parte que ninguna definición es verdaderamente satisfactoria.

Tal es este caso, y podría adoptarse la más simple de las de-

finiciones dadas: la normalización es la organización de los productos.

En efecto, queriendo definir con precisión los objetivos y medios de la normalización, se ve uno inconscientemente conducido a restringir el alcance real, colocándose en tal o cual marco inútilmente restrictivo.

Así, la definición detallada que se ha dado y que por otra parte es clásica, no toma en cuenta los hechos siguientes:

- Se puede normalizar a fin de adaptar la fabricación a los recursos, al aprovisionamiento dado (minerales por ejemplo) presentando ciertas ventajas de seguridad en la regularidad de las entregas... aún si los precios de venta o la calidad no se hayan mejorado.
- Se puede normalizar a fin de adaptar la empresa a condiciones sociales que conduzcan a reducir los efectivos de la mano de obra... aún si los precios de venta o la calidad no se hayan mejorado.
- Se puede en fin normalizar para adaptar la producción a los hábitos de un nuevo cliente de su mercado... aún si los precios de venta o la calidad, no se hayan mejorado.

Es así que la normalización no es solamente una técnica de abatimiento de precio de venta o de mejoramiento de la calidad si no que es una técnica general que debe contribuir a alcanzar los objetivos de una empresa, cualesquiera que estos sean.

## 7.2. Funciones de un Departamento de Normalización

7.2.1. El objetivo de un Departamento de Normalización es promo-

ver y coordinar todo un conjunto de esfuerzos tendientes al abastecimiento del precio de venta y a la elevación de la calidad por medio de:

7.2.1.1. La definición de las calidades y dimensiones de los productos ordinariamente comprados, utilizados, transformados, fabricados o vendidos por la empresa.

7.2.1.2. La reducción de las variedades superfluas.

7.2.1.3. La orientación para la selección de los departamentos - usuarios hacia aquello que se ha juzgado recomendable.

7.2.2. Para alcanzar este objetivo, ¿Cuáles son los principios de acción del departamento de normalización, cómo se concibe su "función" general dentro del marco de la empresa?. Se trata de una -- función técnica. Pero el hecho de que tiende, por definición, a -- actuar simultáneamente sobre departamentos diferentes, le confiere a sus aspectos psicológicos una importancia particular.

La noción del precio de venta será su criterio permanente y convenirá que sea al jefe del departamento de normalización a quién se le planteen los problemas para que aporte elementos para su solución.

Este deberá efectuar sus investigaciones:

- sea acudiendo a su propia experiencia o a documentación, la que deberá estar al acceso de todos.
- sea aprovechando la experiencia colectiva que existe en potencia en toda la empresa, reuniendo alrededor del problema las opiniones de los representantes de los diferentes departamentos interesados.

Esta facultad de censo de las opiniones provista de poderes para convocar a reuniones y para constituir equipos temporales de inge-

nieros y técnicos de la empresa, le confiere a las funciones del departamento de normalización una de sus características esenciales: aquella de establecer puentes entre los departamentos que muy a menudo se ignoran y que acaban por hablar, sin saberlo, idiomas diferentes.

Estos aspectos de la función del departamento de normalización engendran una cierta complejidad en cuanto a sus modos de acción -- prácticos.

7.2.3. Se pueden analizar estos últimos tomando en consideración ocho funciones elementales permanentes que constituyen, de alguna forma, el inventario de las posibilidades de acción ofrecidas al normalizador de empresa.

Este podrá, por razones diversas, cumplir sólo siete, seis o a veces menos, deberá entonces, en caso de fracasos parciales, estudiar si sus dificultades no provienen del desarrollo incompleto de su actividad.

Estas funciones son las siguientes:

7.2.3.1. Definir o precisar una política de normalización para la empresa y someterla a la dirección con miras a su adopción.

7.2.3.2. Centralizar y tener al día la documentación exterior a la empresa en materia de normalización, en particular las normas nacionales.

7.2.3.3. Difundir los documentos de normalización nacional:

- Sea para que los departamentos las adapten, si hay lugar, a sus propias necesidades.
- Sea después de haber efectuado las adaptaciones eventuales a las necesidades de la empresa.



7.2.3.4. Establecer documentos de normalización interiores o normas destinadas a los diversos sectores de la empresa.

7.2.3.5. Velar por la aplicación de las normas nacionales interiores de normalización en los diversos sectores de la empresa.

Velar sobre las derogaciones.

7.2.3.6. Participar o hacerse representar en las comisiones de normalización nacional (Comités Consultivos Nacionales de Normalización, D.G.N.) así como en las delegaciones mexicanas enviadas bajo la autoridad de la Dirección General de Normas a las reuniones internacionales de normalización.

7.2.3.7. Hacerse enviar las encuestas públicas de la Dirección General de Normas y velar por que la posición de la empresa sea definida y transmitida a la Dirección General de Normas.

7.2.3.8. Difundir en el interior de la empresa los resultados obtenidos por la normalización, llamando la atención sobre las disminuciones del precio de venta.



La disminución de litigios es una de las ventajas que la Normalización ofrece a los consumidores.

## 8.- EL MUESTREO DE ACEPTACION.

### 8.1.- Introducción.

El muestreo de aceptación o para la aceptación, es una rama de la Estadística aplicada a la industria, cuyo objeto es decidir si debe aceptarse o rechazarse una partida de producto sometido a inspección, de acuerdo con las condiciones fijadas de común acuerdo entre las partes interesadas.

El muestreo de aceptación encuentra una de sus más importantes aplicaciones en la formulación de normas. Se acostumbra hacer acompañar a la serie de especificaciones que definen la calidad de un producto con el procedimiento de muestreo requerido, para determinar si una cantidad cualquiera de un producto sometido a inspección, cumple o no con las especificaciones de la norma objeto del producto en cuestión.

Este tipo de muestreo ha venido aplicándose cada vez con mayor frecuencia en todo el mundo; en México ha sucedido lo mismo desde aproximadamente el año de 1962 a la fecha. La aplicación apropiada de este método requiere de un conocimiento cabal de sus fundamentos, lo que no siempre es posible conseguir. La mayor parte de los cursos de corta duración que se imparten sobre Estadística y Control de Calidad, son demasiado superficiales y no permiten que el alumno llegue a la completa comprensión de estos fundamentos, lo que se traduce en un manejo deficiente de las tablas y por lo tanto mala selección de los planes de muestreo.

El objeto de este capítulo es el de hacer una presentación lo más breve posible, pero al mismo tiempo lo más comprensible de los fundamentos del muestreo de aceptación por atributos.

## 8.2.- Permutaciones y Combinaciones.

Uno de los elementos matemáticos necesarios para comprender el mecanismo del muestreo de aceptación, es el empleo de las fórmulas para calcular el número de permutaciones y de combinaciones. Estas fórmulas permiten dar contestación a la pregunta: ¿cuántos grupos diferentes de  $n$  objetos pueden ser escogidos de  $N$  objetos?

Vamos a examinar un ejemplo elemental para comprender fácilmente estos dos conceptos: Se tienen 4 objetos numerados del 1 al 4, ¿cuántos grupos de 2 objetos podemos formar -- con estos 4 objetos?. El número total de grupos posibles va a depender de si los objetos están o no en orden. Si se considera el orden en que se toman los objetos, estamos frente a lo que se llaman permutaciones y su cálculo se obtiene con la fórmula:

$$P_n^N = \frac{N!}{(N-n)!}$$

El término  $P_n^N$  se lee "número de permutaciones de  $N$  artículos tomados  $n$  a la vez".

Si no se tiene en cuenta el orden en que se toman los objetos, se trata entonces de combinaciones y la fórmula matemática es:

$$C_n^N = \frac{N!}{n!(N-n)!}$$

Por definición se tiene que  $0! = 1$

El término  $C_n^N$  se lee "número de combinaciones de  $N$  artículos tomados  $n$  a la vez".

Para nuestro problema planteado inicialmente, se tiene lo siguiente:

12 permutaciones

1	-	2	2	-	1
1	-	3	3	-	1
1	-	4	4	-	1
2	-	3	3	-	2
2	-	4	4	-	2
3	-	4	4	-	3

6 combinaciones

y aplicando las fórmulas se tiene:

$$C_2^4 = \frac{4!}{2!(4-2)!} = \frac{4 \times 3 \times 2}{2 \times 2} = 6$$

$$P_2^4 = \frac{4!}{(4-2)!} = \frac{4 \times 3 \times 2}{2} = 12$$

### 8.3.- Teoría de la Probabilidad.

El otro elemento matemático que vamos a usar es el concepto de probabilidad. Se han dado muchas definiciones sobre probabilidad, pero la única que nos interesa es la definición clásica que dice: Si un evento puede suceder en  $a$  formas y fallar - de suceder en  $b$  formas, y todas estas formas se excluyen mutuamente y es igualmente posible que ocurran, la probabilidad de - que suceda el evento es  $a / (a + b)$ , que es la relación del número de eventos favorables al número de eventos totales. Inmediatamente se advierte que  $a + b = 1$

Veamos algunos ejemplos:

¿Cuál es la probabilidad de que al arrojar una moneda, ésta -- caiga águila? . Los eventos favorables se reducen a uno, es decir que caiga águila; los eventos totales son dos: que caiga -- águila o que caiga sol; la probabilidad será entonces:

$$P(A) = 1/2 = 0.50$$

Este resultado se interpreta diciendo que si se arroja al aire una moneda ordinaria un número elevado de veces por ejemplo mil, aproximadamente la mitad de las veces se obtendrá águila y sol la otra mitad.

Otro ejemplo: Al lanzar un dado, cuál es la probabilidad de obtener puntos pares.

Eventos favorables: obtener 2, 4 y 6 = 3

Eventos totales: obtener 1, 2, 3, 4, 5 y 6 = 6

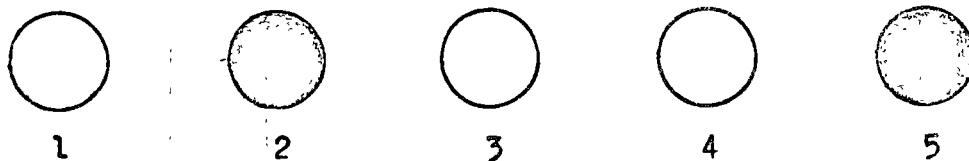
$P(\text{par}) = 3/6 = 0.50$

#### 8.4.- Problema.

Ahora veamos un ejemplo un poco más complicado y analicémoslo con todo cuidado.

Se tiene un lote de 5 artículos de los cuales dos son defectuosos. ¿Cuál es la probabilidad de que al tomar en forma aleatoria una muestra de tres, se obtengan: a).- Cero -- defectuosos, b).- Un defectuoso, c).- Dos defectuosos.

Vamos a representar a los objetos por círculos y vamos a numerarlos progresivamente del uno al cinco.



Supongamos ahora que los artículos defectuosos son el 2 y el 5, los cuales en la figura aparecen de negro.

Calculemos primeramente el número total de combinaciones que pueden formarse con los cinco objetos tomados en muestras de tres.

Aplicando la fórmula vista con anterioridad, se tiene:

$$C_3^5 = \frac{5}{3 \times 2} = \frac{5 \times 4 \times 3 \times 2}{3 \times 2 \times 2} ; \quad C_3^5 = 10$$

Es decir que podemos formar 10 combinaciones diferentes con 5 objetos tomados de 3 en 3.

Estas combinaciones serían:

1 - 2 - 3	1 - 4 - 5
1 - 2 - 4	2 - 3 - 4
1 - 2 - 5	2 - 3 - 5
1 - 3 - 4	2 - 4 - 5
1 - 3 - 5	3 - 4 - 5

Para poder contestar la primera pregunta, necesitamos conocer cuántas diferentes combinaciones podemos formar con los artículos no defectuosos. Según la figura, vemos que la única combinación que no tiene defectuosos es la 1 - 3 - 4. Por lo tanto la probabilidad de encontrar cero defectuosos en la muestra de tres,  $P(0) = 1/10 = 0.10 = P_0$ , de acuerdo a la fórmula:

Probabilidad de un evento = eventos favorables/eventos totales.

Para la segunda pregunta, las diferentes combinaciones que se pueden formar con un artículo defectuoso son:

1 - 2 - 3	1 - 4 - 5
1 - 2 - 4	2 - 3 - 4
1 - 3 - 5	3 - 4 - 5

Es decir 6 combinaciones diferentes, por lo tanto, la probabilidad de encontrar un defectuoso en la muestra de tres, es:  $P(1) = 6/10 = 0.60 = P_1$

## 9.- LOS DIFERENTES TIPOS DE NORMAS

Por su esencia, las normas pueden clasificarse en normas básicas o fundamentales y normas industriales.

### 9.1.- Normas básicas o fundamentales.

Son aquellas que definen conceptos fundamentales de la ciencia y la técnica tales como: unidades, símbolos, terminología, definiciones, estructuración de normas, números normales, formatos de papeles, dibujos, clasificación de documentos, etc. Estas normas por su naturaleza, son el producto de investigación científica o tecnológica y, por lo tanto no expuestas a discusión.

### 9.2.- Normas industriales.

Son aquellas que establecen las referencias respecto a las cuales se define, clasifica y califica un material, producto o procedimiento para que satisfaga las necesidades de uso a que está destinado, y deben ser producto de un proceso de normalización. Comprendidas en este grupo, pueden considerarse las siguientes clases de normas:

#### 9.2.1.-Normas de Calidad.

Son las que determinan, mediante especificaciones, el conjunto de características físicas, químicas o biológicas que debe tener una materia prima, elemento o producto que va a satisfacer las necesidades de uso a que se destine.

#### 9.2.2.-Normas Dimensionales.

Son las que definen formas, dimensiones y tolerancias de elementos, piezas y objetos. Este grupo de normas difícilmente puede separarse del grupo de normas de calidad ya

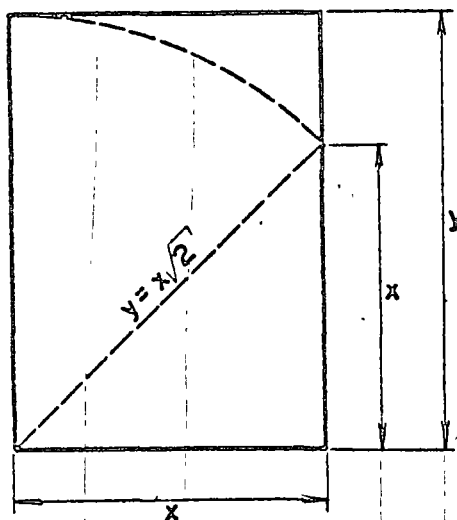
que, generalmente hay problemas dimensionales que a la vez son de calidad, como por ejemplo la definición de un ajuste o el grado de acabado de una superficie.

#### 9.2.3.-Normas de Métodos de Prueba.

Son las que contienen las disposiciones que regulan los sistemas y procedimientos de prueba elegidos, incluyen ocasionalmente los procesos de muestreo, análisis químicos, pruebas físicas y biológicas; la descripción del equipo utilizado e ilustraciones necesarias.

#### 9.2.4.-Normas de Seguridad.

Son las que tratan sobre las medidas que deben tomarse para prever y evitar accidentes de empleados y equipo, por ejemplo: empleo de los colores en la industria, equipo de protección personal, requisitos de seguridad para la conservación preventiva de aparatos y equipo eléctrico, concentración de sustancias tóxicas permisibles en la atmósfera y todas aquellas normas que tienden a la ordenación de un proceso de trabajo.



La norma de formatos de papeles es un ejemplo de una norma básica o fundamental.



## 10.-ORGANIZACION DE LA NORMALIZACION EN MEXICO

10.1.- En México, el proceso de normalización es llevado a cabo por la Secretaría de Industria y Comercio a través de su -- Dirección General de Normas, de común acuerdo con los Comités Consultivos Nacionales de Normalización, 40 a la fecha y en su defecto de acuerdo con la iniciativa privada.

### Aspecto Legal

La Secretaría de Industria y Comercio para la realización de sus funciones se apoya en la Ley General de Normas y de Pesas y Medidas y en el artículo 80. párrafo XVI de la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado.

En el artículo 50. de la Ley General de Normas y de Pesas y Medidas, se establece que las normas se clasifican en opcionales y obligatorias, siendo obligatorias según el artículo 70. las que rigen el sistema general de pesas y medidas, las normas industriales que la Secretaría de Industria y Comercio fije a los materiales, procedimientos o productos que afecten la vida, la seguridad o la integridad corporal de las personas, las que se señalen a juicio de la Secretaría de Industria y Comercio a las mercancías objeto de exportación y finalmente las que se establezcan para materiales, productos, artículos o mercancías de consumo en el mercado nacional, que específicamente señale la Secretaría de Industria y Comercio, cuando lo requieran la economía del país o el interés público.

### Miembros

Miembros oficiales constituidos por técnicos y administrativos que laboran en la Dirección General de Normas.

COMITES CONSULTIVOS DE NORMALIZACION

- 1.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA ELECTRICA.
- 2.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA.
- 3.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA ELECTRONICA Y DE COMUNICACIONES ELECTRICAS.
- 4.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE PRODUCTOS Y MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION.
- 5.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.
- 6.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE ALIMENTOS PARA ANIMALES.
- 7.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL.
- 8.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE MATERIALES, EQUIPO PARA MANEJO Y USO DE GAS NATURAL Y L.P.
- 9.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE PRODUCTOS QUIMICOS.
- 10.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y DEL VESTIDO.
- 11.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.
- 12.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.
- 13.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE METALES NO FERROSOS.
- 14.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE MINERALES NO METALICOS.
- 15.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE ARMAS Y CARTUCHOS DEPORTIVOS.
- 16.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE PRODUCTOS PLASTICOS.
- 17.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE MATERIALES REFRACTARIOS.
- 18.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE BEBIDAS ALCOHOLICAS.
- 19.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE PLAGUICIDAS AGROPECUARIOS.
- 20.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE SOLDADURA
- 21.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE DIBUJO INDUSTRIAL.
- 22.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA.
- 23.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE FERTILIZANTES.
- 24.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DE OBJETOS DE PLATA LABRADA, ORO, PLATINO Y PALADIO.
- 25.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DE LA CERAMICA.
- 26.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA DEL VIDRIO.
- 27.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE HERRAMIENTAS Y MAQUINAS HERRAMIENTAS
- 28.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE APARATOS DE MEDICION.
- 29.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE ARTES GRAFICAS.
- 30.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE EQUIPOS PARA PROCESOS INDUSTRIALES.
- 31.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO DENTALES.
- 32.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE PINTURAS, BARNICES, PRODUCTOS AFINES Y MATERIAS PRIMAS.

- 33.- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE EMPAQUES Y EMBALAJES.
- 34.- COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE CUEROS Y PIELES.
- 35.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN ESTADO FRESCO.
- 36.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION BASICA.
- 37.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE TELEFONIA.
- 38.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE PRODUCTOS DE ASBESTO CEMENTO.
- 39.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION DE MATERIA PRIMA PARA USO FARMACEUTICO.
- 40.- COMITE CONSULTIVO DE NORMALIZACION PARA EL MEJORAMIENTO AMBIENTAL.

Miembros privados, quienes integran los Comités de Normalización que representan a la industria y al comercio a través de las cámaras asociaciones e instituciones privadas y educativas.

#### Financiamiento

El Gobierno Federal cubre todos los gastos de sostenimiento de la Dirección General de Normas. Los Comités de Normalización son financiados directamente por su correspondiente -- sector industrial.

#### Estructura de la Organización

La Dirección General de Normas está estructurada en la siguiente forma:

1. Dirección General
2. Subdirección de Normas
3. Subdirección de Inspección y Verificación
4. Departamento de Control
5. Departamento de Normalización Nacional
6. Departamento de Normalización Internacional
7. Departamento Técnico de Medidas
8. Departamento de Inspección y Vigilancia
9. Departamento del Sello Oficial de Garantía
10. Departamento de Verificación de Metrología
11. Departamento de Supervisión
12. Oficina de Contraste de Oro y Plata Labrada
13. Departamento Legal
14. Delegación Administrativa

El Departamento de Normalización Nacional es el encargado de efectuar el proceso de normalización a nivel nacional, --

ayudado por los Comités Consultivos Nacionales de Normalización. Este Departamento, a la fecha cuenta con 26 técnicos de diferentes ramas de la Ingeniería, 14 secretarías y 3 dibujantes.

Los Comités Consultivos Nacionales de Normalización disponen en su estructura de tres elementos fundamentales:

Un Consejo Directivo, Una Oficina Auxiliar Ejecutiva y, los Subcomités Técnicos. El Consejo Directivo está formado por un Presidente, un Secretario, un Tesorero y por Vocales, en ocasiones se tiene también un Vicepresidente y un Pro-Secretario. Este Consejo Directivo tiene funciones casi exclusivamente de carácter administrativo. La Oficina Auxiliar Ejecutiva está constituida por uno o más elementos técnicos y por mecanógrafas. Los elementos técnicos son pagados por la Dirección General de Normas, por el Comité o por ambos. Esta Oficina sirve de enlace entre la Dirección General de Normas, el Consejo Directivo y los Subcomités, es decir, tiene una función coordinadora no obstante llamarse Ejecutiva.

Finalmente, los Subcomités son los elementos técnicos, integrados por los ingenieros representantes de los sectores productor, consumidor y de interés general, por lo tanto son pagados por sus representados en ocasiones, y según las necesidades, estos Subcomités forman grupos de trabajo. Cada Subcomité Técnico y cada grupo de trabajo tienen un coordinador.

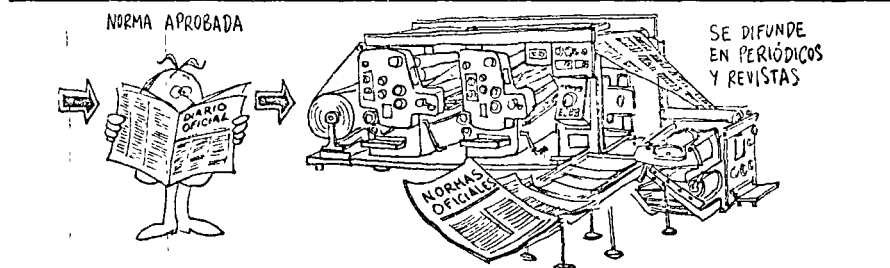
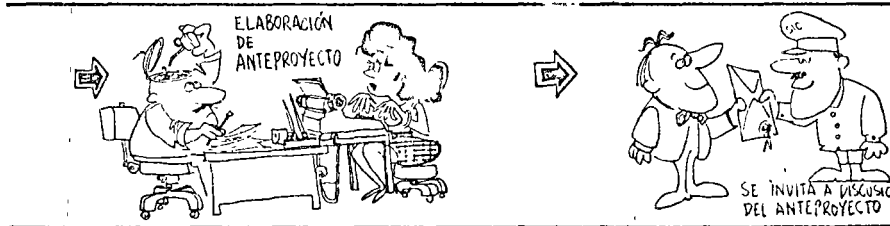
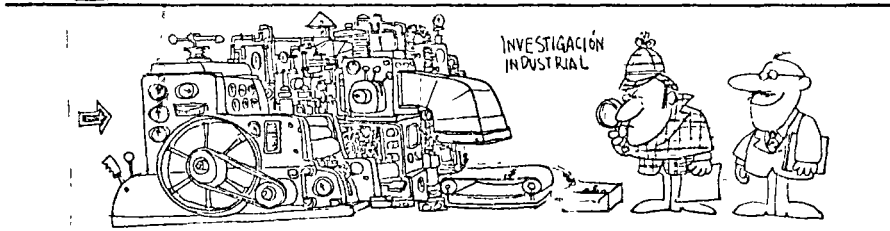
#### Proceso de Elaboración de Normas.

Incluye los siguientes pasos:

Tema de una nueva norma

Una empresa u otro organismo interesado la solicita al Consejo Directivo del Comité de Normalización correspondiente.

# COMO SE DESARROLLA UNA NORMA OFICIAL



### Preparación del Anteproyecto de Norma.-

Una vez que el Consejo Directivo del Comité de Normalización decide que la Norma es conveniente, la incluye en el programa de normalización e invita a la empresa u organización - solicitante a bosquejar el concepto básico de la norma propuesta de acuerdo con el orden establecido en la norma para la - estructuración de Normas. (DGN-R-50-1972).

### Consideración del Anteproyecto de Norma

Es estudiado por el Subcomité Técnico de Normalización de la rama apropiada con la participación de los ponentes y técnicos seleccionados por el Consejo Directivo para preparar la norma, mismos que disponen de materiales, documentos y su propia experiencia para discutir el anteproyecto propuesto.

### Aprobación del Anteproyecto de Norma por los Miembros del Subcomité Técnico.

Estudiado y aprobado el Anteproyecto por el Subcomité, es - enviado con el carácter de Proyecto al Consejo Directivo del Comité.

### Circulación de Proyecto de Norma.

El Consejo Directivo si lo considera conveniente, por medio de una encuesta postal, hace circular el proyecto de norma entre fabricantes, usuarios y todas aquellas instituciones que por alguna u otra causa intervienen en el campo de la economía nacional, invitando a las partes interesadas a exponer sus opiniones en períodos de 30 a 60 días a menos que el proyecto de norma, por su naturaleza específica, requiera de más tiempo.

### Recopilación de observaciones

Las respuestas con las opiniones y comentarios al proyecto de

norma enviado a encuesta pública, son recibidos por el Consejo Directivo y enviadas para su discusión al Subcomité Técnico interesado. En caso de ser aceptables las proposiciones hechas, se introducen las enmiendas y se admite la conformidad del proyecto de norma con las observaciones de las partes interesadas.

En casos particulares, cuando el tema normalizado presenta un problema específico y los comentarios y observaciones recibidas resultan diametralmente opuestos, el Consejo Directivo del Comité convoca al Subcomité Técnico de Normalización correspondiente a una reunión especial para discutir la posibilidad de llegar, mediante acuerdo con todas las partes interesadas, a la aprobación final del proyecto de norma.

#### Transferencia del Proyecto de Norma a la Dirección General de Normas.

El proyecto de norma aprobado, junto con la documentación completa (informes de reuniones, documentos referentes a la proposición del proyecto, observaciones recibidas durante la encuesta pública y demás documentos que integran el expediente), se eleva a la Dirección General de Normas para su aprobación.

#### Establecimiento de una Norma Oficial DGN

Una vez aprobado el proyecto, la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio, envía al Diario Oficial de la Federación el título del proyecto para que sea publicado y quede así establecido como Norma Oficial Mexicana

DGN



En el caso de que se requiera normalizar un producto que no quede comprendido dentro del alcance de los comités establecidos, entonces es el propio Departamento de Normalización Nacional el encargado de normalizar ese producto. De hecho, los técnicos del Departamento de Normalización Nacional siempre están atendiendo normalizaciones que no caen dentro del alcance de los comités establecidos, además de efectuar funciones coordinadoras en los mismos.



Es muy importante informar al consumidor anónimo sobre la calidad de los productos y sobre su garantía.

## 11.- LA NORMALIZACION A NIVEL INTERNACIONAL

Es en 1928 cuando se dan los primeros pasos para establecer un organismo de normalización general de carácter internacional. Sin embargo, fue necesario que se tuviera la triste experiencia de la segunda guerra mundial para darse cuenta de la apremiante necesidad de contar con normas internacionales, ya que la falta de normalización en este orden trajo consigo serios problemas e incalculables pérdidas. Terminado este conflicto se palparon las innumerables ventajas que con este tipo de organismo se podían obtener.

El mercado mundial se acrecenta día a día. La economía de muchos países esta basada en la exportación de sus productos, y los países en desarrollo industrial tratan de incrementarla buscando una mayor expansión de sus relaciones comerciales. Las normas o recomendaciones internacionales facilitan el comercio internacional, proporcionando especificaciones -- ( sean de calidad, de dimensiones o de cualquier índole ), facilitando el uso de productos de importación.

Por la naturaleza misma de estas recomendaciones, están fundamentadas en los últimos adelantos tecnológicos y científicos que pueden ser aprovechados a nivel nacional, sin necesidad de repetir los trabajos de investigación que han efectuado otros países, ayudando en esta forma al mejoramiento de -- las técnicas y métodos de producción. Incluyen también métodos para la recepción de productos, que son tan importantes -- como la misma recomendación, ya que evitan litigios.

Uno de los grandes problemas que afronta la humanidad --

es la utilización de un sistema único de unidades de medida, ya que las diferencias en este aspecto provocan problemas para el intercambio internacional. Las organizaciones mundiales de normalización afrontan eficazmente este problema.

Países como Inglaterra y los Estados Unidos de Norteamérica, donde el uso del sistema inglés ha sido común, tienden a cambios acelerados y por decreto oficial al cambio al sistema métrico decimal.

Cuando en un país convergen fuerzas económicas de diferentes países, la normalización a nivel nacional se dificulta. Es la norma internacional el medio adecuado en muchas ocasiones para nivelar esos intereses y lograr una normalización de productos que además puedan competir en el extranjero.

La normalización internacional es un punto de referencia para lograr la superación a nivel nacional de la calidad de los productos.

Las organizaciones de normalización más importantes a nivel internacional son la Organización Internacional de Normalización ( ISO ), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y la Comisión del Codex Alimentarius

#### 11.1.- La Organización Internacional de Normalización.

La Organización Internacional de Normalización cuyas siglas son ISO ( International Organization for Standardization) es la agencia internacional especializada en normalización que comprendía hasta 1972 a los organismos nacionales de normas de 70 países. El trabajo de la ISO tiene por objeto llegar a un acuerdo sobre las normas internacionales con miras a conse-

guir la expansión del comercio, mejorar la calidad, a aumentar la productividad y a abatir los precios.

El trabajo de ISO cubre de hecho todas las áreas de la tecnología a excepción de las cuestiones electrotécnicas que son de la responsabilidad de la organización hermana afiliada a la ISO, la Comisión Electrotécnica Internacional ( IEC ), localizada en la misma dirección que la ISO .

La ISO reconcilia los intereses de los productores, usuarios ( incluyendo a los consumidores ), gobiernos y a la comunidad científica en la elaboración de normas internacionales.

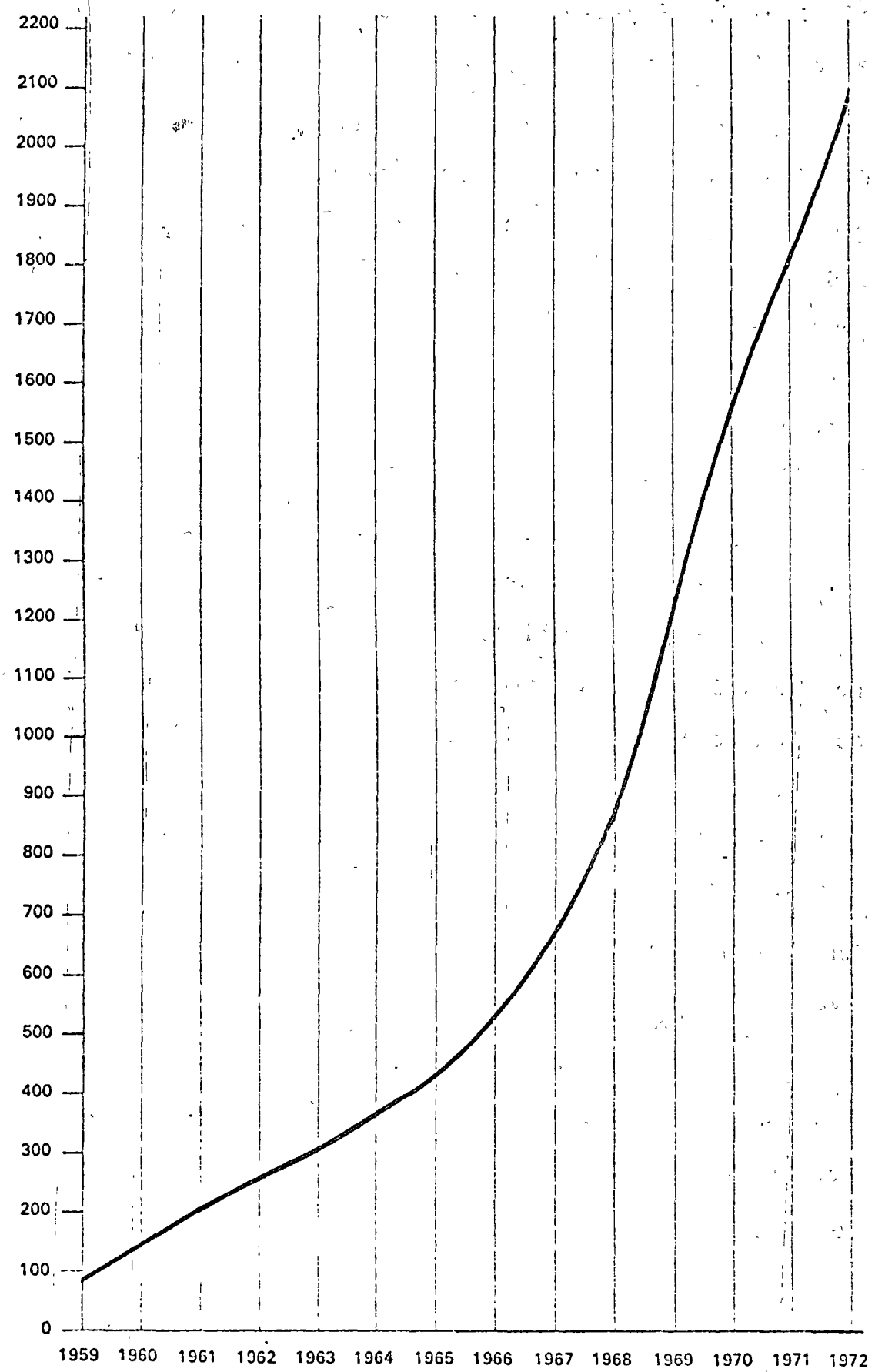
El trabajo se lleva a cabo a través de unos 1400 organismos técnicos. Más de 50,000 expertos de todas partes del mundo están comprometidos en este trabajo, que a la fecha, ha resultado en la publicación de más de 2,000 normas ISO, que representan unas 20,000 páginas de datos concisos de referencia.

#### Origen.-

La normalización internacional comenzó en el dominio electrotécnico por la creación desde 1906 de la Comisión Electrotécnica Internacional. Un trabajo de pioneros en otros campos fue llevado a cabo por la Federación Internacional de las Asociaciones Nacionales de Normalización ( ISA ) creada en 1926. En el seno de la ISA, todos los esfuerzos fueron dirigidos fuertemente hacia los trabajos relacionados con la ingeniería mecánica.

Con la amenaza de la guerra, varios países retiraron su membresía y en 1942, la ISA cesó oficialmente sus trabajos. En 1944, el Comité de Coordinación de Normalización de las Na

Number of ISO standards published  
Nombre de normes ISO publiées  
NUMERO DE NORMAS ISO PUBLICADAS



ciones Unidas ( UNSCC ), que agrupaba a las organizaciones nacionales de 18 países aliados, sucedió a la ISA pero esta era esencialmente una organización temporal de tiempo de guerra.

Luego de una reunión en Londres en 1946, los delegados de 25 países decidieron crear una nueva organización internacional "cuyo objeto sería facilitar la coordinación y unificación internacionales de las normas industriales". La nueva organización, ISO, comenzó a funcionar oficialmente el 23 de febrero de 1947. Al mismo tiempo, la ISO afilió a la IEC quien bien que conservando su autonomía, funcionó en adelante como la División Eléctrica de la ISO.

#### Miembros.-

Un organismo miembro de la ISO es el organismo nacional "el más representativo de la normalización en su país". Se tiene que únicamente un organismo por país puede ser aceptado como miembro de la ISO. Los organismos miembros son habilitados a participar en los trabajos de cualquier comité técnico de la ISO y a ejercer su pleno derecho de voto; pueden ser electos miembros del Consejo y tener un asiento en la Asamblea General. En diciembre de 1972, el número de organismos miembros era de 56.

Aproximadamente la mitad de los organismos miembros de la ISO son instituciones gubernamentales u organismos públicos. Los restantes están en toda clase de circunstancias en relaciones estrechas con la administración pública de sus países respectivos.

Un miembro correspondiente es normalmente una organización en un país en desarrollo que no tiene todavía su propio organismo de normas. Los miembros correspondientes no toman --

parte activa en los trabajos técnicos, pero están perfectamente informados de los trabajos efectuados. Normalmente, un miembro correspondiente se vuelve un organismo miembro después de unos pocos años. Casi todos los miembros correspondientes actuales son organizaciones gubernamentales; los países africanos representan la mitad. En diciembre de 1972, los miembros correspondientes eran 14.

#### Trabajo técnico.-

Los trabajos técnicos de la ISO se efectúan en el seno de los comités técnicos cuyos secretariados están distribuidos entre los países miembros. La decisión de crear un comité técnico es tomada por el Consejo de la ISO, quien también determina el alcance del comité. Dentro de este alcance, el comité determina su propio programa de trabajo. Las divisiones técnicas ( TD ) se crean para coordinar el trabajo técnico en áreas relacionadas.

Los comités técnicos puede, a su vez, crear subcomités ( SC ) y grupos de trabajo ( WG ) para cubrir los diferentes aspectos del trabajo. A finales de 1972, existían 145 comités técnicos, 472 subcomités y 538 grupos de trabajo.

Una propuesta para introducir una nueva cuestión al programa de trabajo de la ISO, normalmente emana de un organismo miembro, aunque también puede originarse en alguna otra organización internacional. Como los recursos financieros son limitados, conviene establecer prioridades. Por consiguiente, todas las nuevas propuestas se remiten para su consideración a los comités miembros de la ISO. En caso de aceptación, la nueva cuestión se transmite al comité técnico competente o en su ausencia, a un nuevo comité técnico que -

tendrá que crearse.

Cualquier organismo miembro de la ISO interesado en cualquier asunto, tiene el derecho a ser representado en el comité técnico relevante (TC) o subcomité (SC).

Los organismos miembros que deciden tomar parte activa - en el trabajo, se designan como miembros P (participantes) - de ese comité. Tienen el derecho de participar en las reuniones y de votar. Uno de los miembros-P es designado para actuar como el secretariado del comité.

Los organismos miembros que sólo deseen mantenerse informados del trabajo de un comité técnico o subcomité, se les registra como miembros-O (observadores).

Los comités y subcomités técnicos pueden a su vez, establecer grupos de trabajo encargados del estudio de cuestiones particulares. Un grupo de trabajo (WG) se compone de individuos y no de delegados nacionales.

Un comité técnico se compone como promedio de 22 miembros (P) y de 18 miembros (O), pero naturalmente su número puede variar de un comité a otro. Por ejemplo mientras que el comité ISO/TC 59 "Construcción inmobiliaria" cuenta con más de 40 miembros -la mayor parte de ellos miembros activos- el comité ISO/TC 144 "Sistemas de difusión del aire" no tiene más que 9 miembros (P).

#### Elaboración de una norma internacional.

Una norma internacional es el resultado del acuerdo entre los organismos miembros de la ISO. Una norma internacional puede usarse como tal, o puede ser implementada a través



de la incorporación en las normas nacionales de diferentes - países.

Un primer paso importante hacia la elaboración de la Norma Internacional es el ante-proyecto, documento distribuido en el seno del comité técnico con propósitos de encuesta.

Un proyecto debe pasar por un cierto número de etapas antes de ser aceptado como Norma Internacional. Este procedimiento está destinado a garantizar que el resultado final puede ser aceptado por tantos países como sea posible.

Cuando finalmente se consigue el acuerdo dentro del comité técnico responsable, el documento se envía al Secretaría Central para su registro como Proyecto de Norma Internacional (DIS); el DIS se circula luego entre todos los organismos miembros para su votación. Si el proyecto se aprueba por el 75 % de los organismos miembros que votaron, entonces se somete al Consejo de la ISO para su aceptación definitiva y publicación como Norma Internacional. Aunque en esta etapa los puntos técnicos fundamentales han sido normalmente resueltos dentro del comité, el voto final de los organismos miembros y -- del Consejo permite asegurar que no se ha dejado de lado ninguna objeción importante. La mayor parte del trabajo se hace por correspondencia, y a las reuniones no se les convoca más que por absoluta necesidad. Este procedimiento significa que unos 10,000 documentos de trabajo se circulan antes y entre - las reuniones.

La mayor parte de las normas requieren una revisión --- periódica. La evolución tecnológica, nuevos métodos y materia les, nuevos requisitos de calidad y de seguridad, todos estos factores se combinan para hacer que una norma quede obsoleta.

A fin de tener en cuenta el progreso técnico, la ISO ha establecido como regla general que todas las normas ISO deban -- ser revisadas cada 5 años o antes si es necesario.

#### Relaciones exteriores.-

Los trabajos de la ISO interesan a un buen número de otras organizaciones internacionales: algunas de éstas contribuyen directamente en el plan técnico a la preparación de -- las normas ISO; otras, particularmente las organizaciones intergubernamentales contribuyen a la implementación o aplicación de las normas ISO, por ejemplo utilizándolas dentro del marco de trabajo de los acuerdos intergubernamentales. La -- ISO ha adoptado disposiciones con miras a asociar estrechamente a estas organizaciones en todas las etapas del trabajo.

- las organizaciones internacionales pueden, como los organismos miembros de la ISO, hacer proposiciones de elaboración de normas en un nuevo campo;
- antes de la creación de un comité técnico nuevo o subcomité, se consultan a las principales organizaciones internacionales interesadas a fin de conseguir su total apoyo al programa propuesto.
- las organizaciones internacionales pueden disfrutar de un "fuero de enlace" ante los comités y subcomités técnicos de la ISO. Este fuero comprende dos categorías: la "A" (contribución efectiva al trabajo) y la "B" (miembros que sólo desean estar informados). El enlace de la categoría A da el derecho de asistir a las reuniones, de presentar documentos y de participar en las discusiones;

- una vez establecido el orden de prioridades de su programa de trabajo, un comité técnico ISO es instruido para dar -- especial atención a las cuestiones propuestas por las orga-- nizaciones intergubernamentales; se fijarán fechas límites para la terminación del trabajo sobre ciertas cuestiones - si estas organizaciones así lo piden;
- las organizaciones internacionales que puedan hacer una -- contribución efectiva acerca de la aplicación de las nor-- mas ISO, son expresamente invitadas a dar a conocer sus ob-- servaciones sobre todos los proyectos pertinentes;
- a los comités técnicos se les encomienda buscar el apoyo - total y si es posible formal de las principales organiza-- ciones "en enlace" para cada norma ISO en la cual se inte-- resan estas organizaciones.

Más de 270 organizaciones internacionales se benefician de un fuero de enlace con la ISO; este incluye a todos los ór-- ganos especializados de las Naciones Unidas que trabajan - en campos similares. La ISO disfruta de fuero consultivo - ante la ONU.

La ISO también mantiene estrechas relaciones de trabajo -- con los grupos regionales de los organismos de normalización. En la práctica, los miembros de estos grupos regionales -- son igualmente miembros de la ISO y, en general, se acepta el principio de que las normas ISO se toman como base para cualquier norma que se requiera que cumpla las necesidades particulares de una región geográfica dada.

## 11.2.- La Comisión Electrotécnica Internacional.

La Comisión Electrotécnica Internacional es una de las más antiguas organizaciones internacionales en virtud de que los ingenieros electricistas fueron entre los primeros en darse cuenta de que la normalización internacional llegaría a ser una necesidad en el mundo moderno. Hacia el final del siglo pasado y principios del presente, se celebraron una serie de congresos internacionales que trataron sobre las aplicaciones de la electricidad y allí se hizo evidente la necesidad de crear una organización permanente capaz de llevar a cabo la normalización internacional de una manera metódica y continua.

Como resultado de estos congresos, se formó en 1906 la Comisión Electrotécnica Internacional para dar cumplimiento a una Resolución tomada por los delegados de la Cámara de Gobierno en el Congreso Internacional de Electricidad de St. Louis ( U.S.A. ) de 1904.

El objeto de la Comisión es facilitar la coordinación y unificación de las normas nacionales electrotécnicas. Para lograr este objetivo, la Comisión trabaja a través de Comités Nacionales, uno por cada país, y publica recomendaciones que expresan, hasta donde es posible, un consenso internacional de opinión sobre las materias que trata. Aunque los Comités Nacionales no están obligados a adoptar estas recomendaciones, se les recomienda fuertemente las sigan al preparar sus normas nacionales. En un creciente número de países, la tendencia actual es en el sentido de que las recomendaciones IEC se adopten como normas nacionales sin cambios o con ligeros cambios.

El trabajo de la Comisión cubre casi todos los aspectos

de la electrotecnología -ingeniería eléctrica, tensión eléctrica, reglamentación sobre instalación de cables de distribución, electrónica, telecomunicaciones, equipo electromédico, control de procesos industriales, artículos electrodomésticos, etc.

Este trabajo puede dividirse en dos categorías:

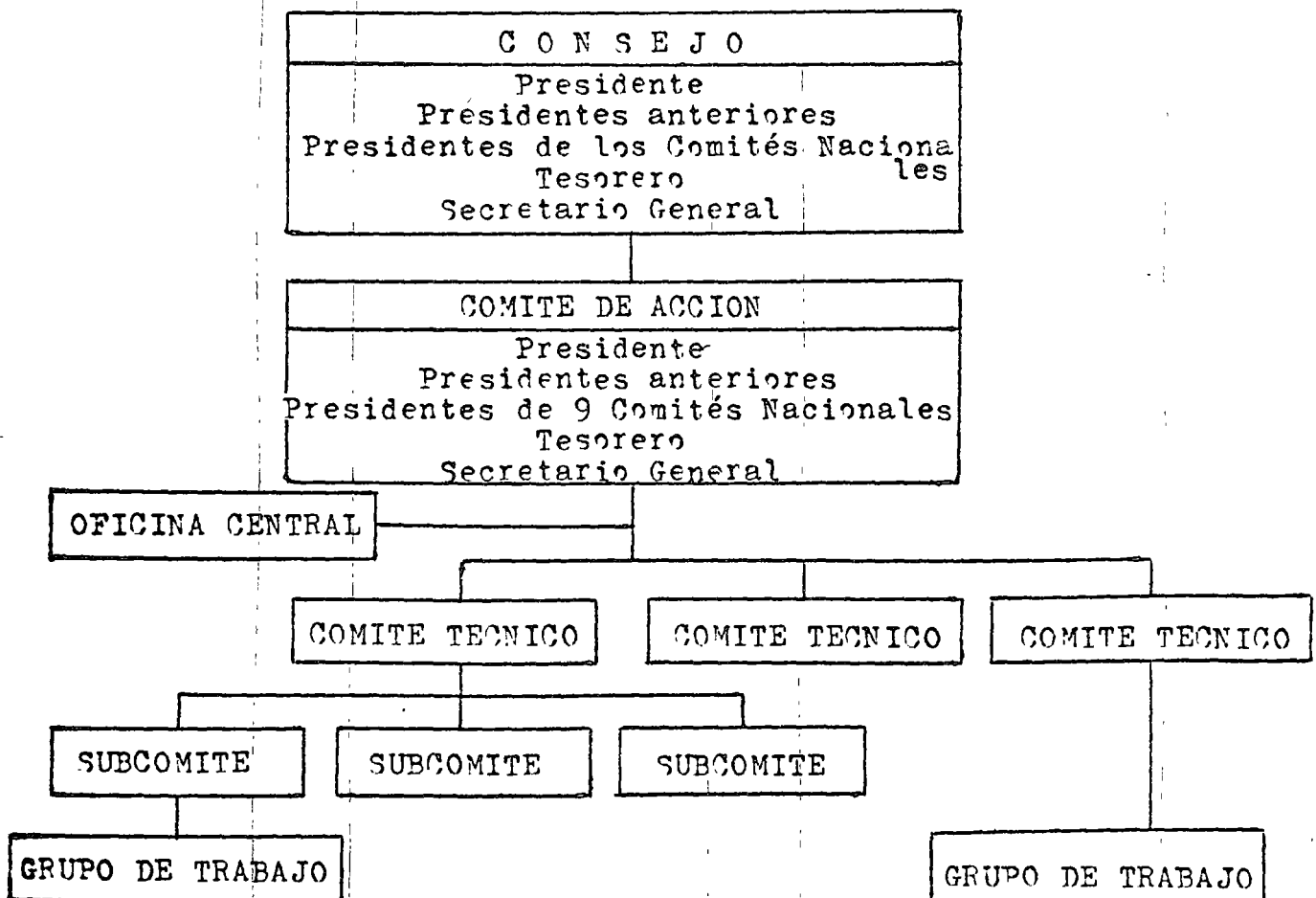
- 1.- Aquél enfocado a mejorar la comprensión entre los ingenieros electricistas de todos los países, redactando medios comunes de expresión: unificación de terminologías; acuerdos sobre cantidades y unidades, sus símbolos y -- abreviaturas; y símbolos gráficos para los diagramas.
- 2.- Normalización de equipo eléctrico.

Esta puede comprender el estudio de las propiedades eléctricas de los materiales, garantías a darse para las características, métodos de prueba, calidad, seguridad, confiabilidad y dimensiones que controlen la intercambiabilidad.

La estructura y procedimientos de la IEC están diseñados para habilitar un gran número de cuestiones técnicas a ser tratadas fácil y rápidamente, lo que es una necesidad - en una tecnología sinónimo de cambio y expansión.

Como se muestra en el diagrama, las operaciones de la IEC están dirigidas por un Consejo, compuesto por los Presidentes de todos los Comités Nacionales. Por razones de rapidez, el Consejo delega un número de responsabilidades, principalmente acerca de asuntos técnicos, a un Comité de Acción, compuesto por los Presidentes de 9 Comités Nacionales electos por el Consejo para un período de oficio de 6 años.

El trabajo técnico de la Comisión se divide entre - los Comités Técnicos ( no menos de 65 actualmente ) los - cuales a su vez pueden formar subcomités ( no menos de 90 actualmente ) que trata cada uno con un sector bien definido. Todos los Comités Nacionales tienen el derecho de - enviar delegaciones a las reuniones de todos los Comités y Subcomités Técnicos, y recibir los correspondientes documentos de trabajo. Tanto los comités como los subcomités técnicos pueden establecer grupos de trabajo (no menos de 285 actualmente), que son órganos temporales con una membresía restringida que atiende tareas especiales.



12.- BIBLIOGRAFIA

- 12.1.- National Standards in a Modern Economy.- Dickson Reck.- Harper & Brothers, Publishers.
- 12.2.- Normalización, Verificación y Certificación Oficial de la Calidad.- Dirección General de Normas; Secretaría de Industria y Comercio.- 1973.
- 12.3.- Notas sobre Normalización.- Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Siderúrgica.- 1971.
- 12.4.- ISO Memento 1973.
- 12.5.- La Normalización.- Publicación de la Asociación Francesa de Normalización.
- 12.6.- Statistical Quality Control.- Eugene L. Grant.- McGraw-Hill Book Company, Inc.- 1952.
- 12.7.- Ponencias del Primer Simposium Guanajuatense de Normalización y Control de Calidad.- 1972.
- 12.8.- Directives Générales pour les Travaux de la CEI.- 1963.
- 12.9.- Measuring Systems and Standards Organizations.- William K. Burton.- Published by the American National Standards Institute, Inc.
- 12.10.- Boletines Informativos de la Normalización Números 5, 7 y 10.- Publicaciones de la D.G.N.
- 12.11.- Normalización Técnica.- Tesis de Guillermo Laveaga Aguilar.- 1967.
- 12.12.- Normalización para Materiales, Aparatos y Equipos Eléctricos.- Tesis de Sergio Baz Navarro.- 1965.
- 12.13.- El Muestreo de Aceptación Aplicado a una Partida de Barras de Acero en la que se considera el Análisis Químico como evaluación de la calidad.- Tesis de Raúl Vargas Cid del Prado.- 1964.

- 12.14.- Preferred Numbers, A Standard Aid for Designers.- I. R. Weir.- The Magazine of Standards.
- 12.15.- La Normalisation dans l'entreprise. Implantation du Service de Normalisation dans l'organigramme.- M. - Legent-Tournes.- 1964.
- 12.16.- Metas de la Normalización.- Comité Permanente para el Estudio de los Principios Científicos de la Normalización. STACO.



# SERIES BASICAS DE LOS NUMEROS NORMALES

Series básicas			
R5	R10	R20	R40
(1)	(2)	(3)	(4)
1,00	1,00	1,00	1,00
		1,12	1,06
		1,25	1,12
		1,40	1,18
1,60	1,60	1,60	1,25
		1,80	1,32
		2,00	1,40
		2,24	1,50
2,50	2,50	2,50	1,60
		2,80	1,70
		3,15	1,80
		3,55	1,90
4,00	4,00	4,00	2,00
		4,50	2,12
		5,00	2,24
		5,60	2,36
6,30	6,30	6,30	2,50
		7,10	2,65
		8,00	2,80
		9,00	3,00
10,00	10,00	10,00	3,15
			3,35
			3,55
			3,75

Los números normales son valores convencionalmente redondeados de los términos de series geométricas compuestas de potencias del número 10 y que tienen como razón - respectivamente:

$${}^5\sqrt{10}, {}^{10}\sqrt{10}, {}^{20}\sqrt{10}, {}^{40}\sqrt{10}$$

$$\text{y } {}^{80}\sqrt{10}$$



Resumiendo, se tiene que la fórmula para calcular la probabilidad de encontrar  $r$  artículos defectuosos en una muestra de tamaño  $n$ , extraída de un lote de tamaño  $N$  en el que hay  $D$  defectuosos, es:

$$P(r) = C_{n-r}^{N-D} \times C_r^D / C_n^N \quad \text{en la cual:}$$

$C$  = símbolo combinatorial

$C_n^N$  = número total de combinaciones de los  $N$  artículos tomados - en grupos de  $n$ .

$C_r^D$  = número de combinaciones que se pueden formar entre los artículos defectuosos en la proporción indicada por la probabilidad que se desea calcular.

$C_{n-r}^{N-D}$  = número de combinaciones que se pueden formar entre los artículos no defectuosos en la proporción indicada por la probabilidad que se desea calcular.

$C_{n-r}^{N-D} \times C_r^D$  = número de combinaciones tanto de defectuosos como de no defectuosos en la proporción indicada por la probabilidad que se desea calcular.

Aplicando de manera completa la fórmula a nuestro problema anterior para calcular la probabilidad de encontrar un defectuoso en la muestra, se tiene:  $N = 5$ ,  $n = 3$ ,  $D = 2$  y  $r = 1$

$$P(1) = C_{3-1}^{5-2} \times C_1^2 / C_3^5 = C_2^3 \times C_1^2 / C_3^5 ; P(1) = 3/5 = 0.60$$

#### 8.5.- Probabilidad de Aceptación.

Si en el problema anterior imponemos la condición de que el lote de los 5 artículos sólo habrá de aceptarse si en la muestra no se encuentra más de un artículo defectuoso, entonces tendremos que la probabilidad de que aceptemos el lote será la suma de las probabilidades de encontrar cero defectuosos y un defectuoso, es decir:  $P_a = P(0) + P(1)$  que sería,  $P_a = 0.10 + 0.60 = 0.70$ , a esta probabilidad se le llama probabilidad de aceptación.

Y para la tercera pregunta, las diferentes combinaciones que podemos tener con dos artículos defectuosos son:

$$1 - 2 - 5, \quad 2 - 3 - 5 \quad \text{y} \quad 2 - 4 - 5$$

Es decir tres diferentes combinaciones, por lo tanto la probabilidad de encontrar dos defectuosos en la muestra de 3, es:  $P(2) = 3/10 = 0.30 = P_3$

En la muestra de tres, sólo podemos tener cero defectuosos, un defectuoso o dos defectuosos de manera que la suma de las tres probabilidades nos debe resultar igual a la unidad. Efectivamente,  $P_0 + P_1 + P_2 = 0.10 + 0.60 + 0.30 = 1.00$

El número de combinaciones que podemos formar con 0, 1 ó 2 artículos defectuosos, es decir el numerador de nuestra fórmula de probabilidad, lo hemos determinado contando objetivamente estas diferentes combinaciones; pero esto sólo lo podemos hacer cuando es pequeño el número de objetos que componen el lote y por lo tanto resultan pocas las combinaciones. En caso contrario y lo cual es el caso general, hay que recurrir de nuevo al análisis combinatorial para resolver el problema, el cual para la pregunta a), se enunciaría de la siguiente forma: ¿Cuántas combinaciones con artículos no defectuosos se pueden formar a partir de 5 objetos tomados en grupos de 3 si en los 5 objetos hay 2 defectuosos. El problema se resuelve con un --

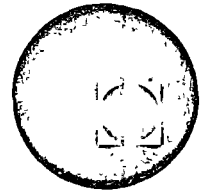
producto de combinaciones.  $C_3^3 \times C_0^2 = \frac{3!}{3! \times 0!} \times \frac{2!}{0! \times 2!} = 1$  Este valor como ya se indicó anteriormente, es el numerador de la fórmula para calcular la probabilidad. Para las preguntas b) y

c), los cálculos serían:  $C_2^3 \times C_1^2 = \frac{3!}{2! \times 1!} \times \frac{2!}{1! \times 1!} = 3 \times 2 = 6$

$$C_1^3 \times C_2^2 = \frac{3!}{1! \times 2!} \times \frac{2!}{2! \times 0!} = 3 \times 1 = 3$$



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

TIPOS DE INSTRUMENTOS TRANSDUCTORES  
O ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION

ING. MARIO A. SESMA MARTINEZ.



# C O N T E N I D O

- I.- INTRODUCCION.
- II.- TRANSDUCTOR DE RESISTENCIA VARIABLE.
- III.- TRANSDUCTOR DE RESISTENCIA.
- IV.- EL TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE.
- V.- TRANSDUCTOR CAPACITIVO.
- VI.- TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICO.
- VII.- TRANSDUCTOR DE TERMOPAR.
- VIII.- CONCLUSIONES.

## TIPOS DE INSTRUMENTOS TRANSDUCTORES O ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION.

Todos los sistemas de medición dependen en gran parte de los elementos primarios de medición, ya que éstos son los que convierten una variable física a una señal de tipo eléctrica, neumática o de cualquier otro tipo, la cual puede ser manipulada de manera conveniente para medir o controlar la variable física. A tales elementos se les denomina transductores.

A continuación se presentan algunos de los más comúnmente usados así como sus principios de operación. Cualquier instrumento de medición por muy sofisticado que éste sea, se basa en estos principios de operación. En la página siguiente se presenta una tabla que resume los transductores más comunes.

### TRANSDUCTOR DE RESISTENCIA VARIABLE.-

Un transductor de resistencia variable es fundamentalmente un elemento que convierte un desplazamiento lineal o angular a una señal eléctrica; éste es uno de los transductores más comunes, se construye en tal forma que se mueva un contacto sobre una pista de carbón, una resistencia de alambre o algún otro material apropiado, la decisión de cual conviene depende la precisión deseada y costo. Por medio de sistemas mecánicos es posible convertir fuerza o presión a desplazamiento, luego entonces este tipo de transductor se puede usar para medir fuerza o presión.

Una de las aplicaciones más empleadas es para medir fuerza electromotriz (f.e.m.) con un instrumento llamado potenciómetro.



**Table 4-4 Summary of transducer characteristics**

Type of transducer and principle of operation	Type of input	Input range or level	Input-impedance characteristics	Input sensitivity	Error and noise characteristics	Frequency response	Temperature effects	Type of output	Output range or level	Output-impedance characteristics	Application	Remarks
<b>Variable resistance:</b> Movement of contact on slide-wire; also called resistance potentiometers.	Linear displacement or angular displacement	Minimum level as low as 0.1% of total resistance	Varies widely, depending on the total resistance characteristics and physical size	Commercial potentiometers can have sensitivity of less than 0.002 in., or 0.2° in an angular measurement	Deviation from nonlinearity of the order of 0.5% of total resistance. Noise is usually negligible of the order of 10 $\mu$ v at the contact. Noise increases with "chatter" of contact	Generally not above 3 cps for commercial potentiometers	0.002 to 0.15% $^{\circ}$ C $^{-1}$ due to a change in resistance. Also, some thermoelectric effects depending on types of contacts used.	Voltage or current depending on connecting circuit	Wide	Variable	Used for measurement of displacement	Simple, inexpensive, easy to use, many types available commercially
<b>Differential transformer:</b> See Fig. and text discussion. Linear variable differential transformer most widely used. Converts displacement to voltage.	Linear displacement	Total range from $\pm 0.005$ to $\pm 3$ in	Depends on size. Forces from 0.1 to 0.3 g usually required	0.5% of total input range	Deviation from linearity about 0.5%, generally accurate to $\pm 1\%$	Frequency of applied voltage must be 10 times desired response. Mechanical limitations also	Small influence of temperature may be reduced by using a thermistor circuit	Voltage proportional to input displacement	0.4 to 4.0 mv/0.001-in/v input depending on frequency. Lower frequencies produce less output.	Mainly resistive, low to medium impedance, as low as 20 ohms, depending on size	Used for measurement of displacement	Simple, rugged, inexpensive, high output, requires simple accessory equipment. Care must be taken to eliminate stray magnetic fields.
<b>Capacitive transducer:</b> Variable distance between plates registered as change in capacitance. Also change in area of plates	Displacement or change in dielectric constant between plates	Very broad. From 10 $^{-3}$ cm to several meters.	The input force requirements are very small, of the order of a few dynes	Highly variable. can obtain sensitivity of the order of 1 pf/0.0001 in. for air-gap measurements of displacement	Errors may result from careless mechanical construction, humidity variations, noise, and stray capacitance in cable connections	Depends strongly on mechanical construction but may go to 50,000 cps	Not strong if design allows for effects	Capacitance	Usually between 10 $^{-3}$ and 10 $^2$ pf change in capacitance over output range	Usually 10 $^4$ to 10 $^7$ ohms	Displacement, area-liquid level, pressure, sound-level measurements, and others. Particularly useful where small forces are available for driving the transducer	High output impedance may require careful construction of output circuitry
<b>Piezoelectric effect:</b> Force impressed in crystals with asymmetrical charge distributions produces a potential difference at the surface of the crystal.	Force or stress	Varies widely with crystal material. See sensitivity.	Input force requirements are relatively large compared with other transducers	Varies with material. Quartz 0.05 v-m/newton. Rochelle salt 0.15 v-m/newton. Barium 0.007 titanate v-m/newton	Subject to hysteresis and temperature effects	Depends on external circuitry and mechanical mounting. 20-20 kc easily obtained, no response to steady-state forces	Wide variation in crystal properties with temperature	Voltage proportional to input force	Wide, depends on crystal size and material, see sensitivity, can have output of several volts	High, of the order of 10 $^8$ megohms	Measurement of force, pressure, sound level (microphone use)	Simple, inexpensive, rugged
<b>Photoelectric effect:</b> Light striking metal cathode causes liberation of electrons which may be attracted to anode to produce electric current.	Light	Wavelength range depends on glass-tube enclosure. Photoemissive materials respond between 0.2 and 0.9 $\mu$	Not applicable	Gas-filled tubes: 0.002-0.1 $\mu$ a/ $\mu$ watt. Vacuum tubes: 0.01-0.15 $\mu$ a/ $\mu$ watt	Depends on plate voltage but of order of 10 $^{-4}$ amp at room temperature	Linear 0-500 cps, current response drops off 15% at 10,000 cps	Generally not operable above 75 to 100 $^{\circ}$ C	Current	Of the order of 2 $\mu$ a	High, of the order of 10 megohms	Very useful for counting purposes	Inexpensive, high output
<b>Semiconductor transducer:</b> Light striking a semiconductor material, such as selenium, metallic sulfides, or germanium, produces a decrease in resistance of the material	Light	Very broad. From thermal radiation through the X-ray region.	Not applicable	About 300 $\mu$ a/ $\mu$ watt at maximum sensitivity of the device	Very low noise, usually less than associated circuit	Rise time varies widely with material and incident radiation from 50 $\mu$ sec to minutes	Response to longer wavelengths increases with reduction in temperature	Current drawn in the external circuit	Depends on incident intensity, see input sensitivity	High, varies from 1 to 10 $^8$ megohms in commercial devices	Widely used for radiant measurements at all wavelengths	Fairly expensive; calls for precise circuitry to utilize their full potential
<b>Photovoltaic cell:</b> Light falling upon a semiconducting material in contact with a metal plate produces a potential.	Light	Depends on material. Selenium 0.2 to 0.7 $\mu$ , CdS 0.5 to 1.4 $\mu$ , germanium 1.0 to 1.7 $\mu$	Not applicable	1 ma/lumen or 10 $^{-2}$ watt/cm $^2$ -lumen	Low noise	Rise time of the order of 1 $\mu$ sec, response into the megacycle range	Variations of 10% over 10 $^{\circ}$ C, range depending on external resistance load	Voltage	100-250 mv in normal room light. Selenium cells up to 500 volts at high illumination	3,000 to 10,000 ohms. Capacitance of order of 0.05 $\mu$ farad/cm $^2$ in selenium cells	Widely used for exposure meters, selenium cells, responds to X-rays	Inexpensive, nonlinear behavior, some aging effects
<b>Radiation transducer:</b> Displacement converted to voltage through a capacitance change.	Displacement, 0.1 to 10 Mc excitation frequency	Less than 1 mm to several in	Small force required	1-10 volts/mm	Can be accurate to microns	0-3000 cps	Small	Voltage	Depends on excitation circuit, see input sensitivity	High, of the order of 1 megohm	Can be used where accurate measurement of displacement is needed	Relatively insensitive to frequency of excitation circuitry
<b>Potentiometer search coil:</b> Changing magnetic field impressed on coil generates an emf proportional to the time rate of change of the field.	Changing magnetic field	10 $^{-3}$ oersted to 10 oersted values obtainable	Not applicable	Depends on coil dimensions but can be of the order of 10 $^{-3}$ oersted	Accuracies of 0.05% have been obtained	0 radio frequency	Small	Voltage	Depends on coil size, see input sensitivity	Depends on coil size	Measurement of magnetic field	Simple, although accurate coil dimensions must be maintained for high accuracy
<b>Hall-effect transducer:</b> Magnetic field impressed on a plate carrying an electric current generates a potential difference in a direction perpendicular to both the current and the magnetic field.	Magnetic field	1-20,000 gauss	Not applicable	Depends on plate thickness and current, of the order of $-1 \times 10^{-3}$ volt-cm/amp-gauss for bismuth	Can be calibrated within 1%	High	Large but can be calibrated	Voltage	Millivolts and microvolts	Low, of the order of 100 ohms for a bismuth detector	Measurement of magnetic fields	Each transducer usually must be calibrated because of nonuniformity in semiconductors used for construction

La figura 1 ilustra el circuito de un potenciómetro simple. Una batería, A, de tensión conocida, hace circular una corriente por un alambre de resistencia calibrado ABC. Con la tensión y la resistencia fijas, la corriente es también fija. La f.e.m. desconocida, tiende a hacer circular una corriente por el galvanómetro y la parte AB del potenciómetro. El cursor del potenciómetro se ajusta de modo de reducir a cero la corriente en el galvanómetro. Si no circula corriente en el circuito de la f.e.m. desconocida, los potenciales A y D deben ser iguales. Lo mismo ocurre con los potenciales de B y E. Luego, la f.e.m. desconocida debe ser igual a la caída de tensión que la corriente debida a la batería causa entre A y B. Con una corriente fija, esta caída es directamente proporcional a la resistencia AB. Por lo tanto, la caída de tensión es función de la distancia AB y el alambre de resistencia puede ser calibrado directamente en términos de la f.e.m.

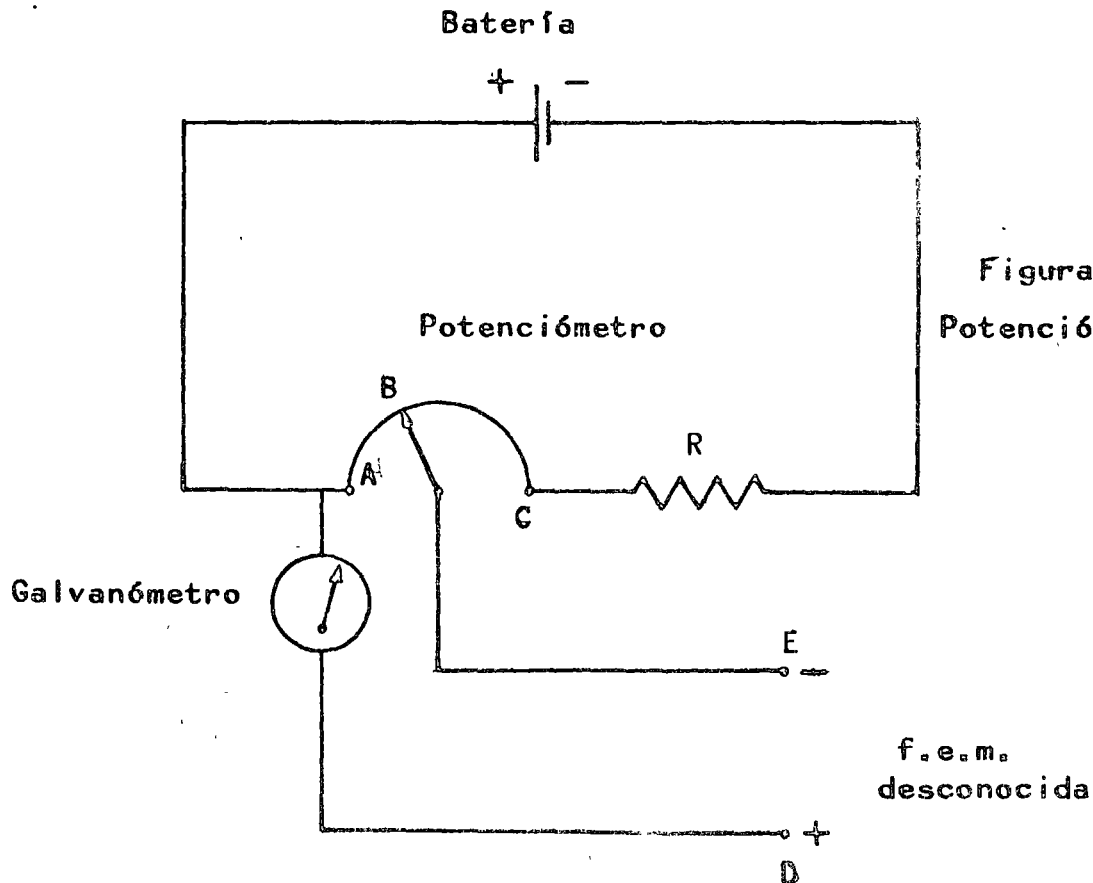


Figura No. 1.-  
Potenciómetro simple

Dado que no circula corriente en el momento de hacer la lectura, a este método se le llama método de cero. En el uso del potenciómetro, la resistencia de las conexiones de la f.e.m. desconocida carece de significación, puesto que no puede haber en ella caída de tensión alguna por no circular corriente.

Esta es la razón por la que se prefiere el método del potenciómetro al del galvanómetro para las mediciones de precisión.

En el potenciómetro simple de la figura 1 se ha admitido que la batería produce una corriente constante.

En realidad, la tensión entre terminales de una batería disminuye con el tiempo. Por lo tanto, a menos que se disminuya la resistencia del circuito externo de la batería, disminuirá también la corriente. Por otra parte, a menos que se conozca exactamente la corriente que circula, no podrá ser determinada la caída de tensión exacta en la resistencia de alambre. Para obviar esta dificultad se agrega una celda patrón al sistema potenciométrico. Se utiliza a este fin generalmente una celda patrón cuya f.e.m. se conoce con exactitud hasta la cuarta cifra decimal. Estas celdas conservan su f.e.m. por algunos años dentro del 0.01%, siempre que no se tomen de ellas corrientes apreciables y que la temperatura se mantenga entre 5 y 40°C, en la figura 2 se ilustra una celda de este tipo. En la figura 3 se ilustra un circuito potenciométrico con celda patrón.

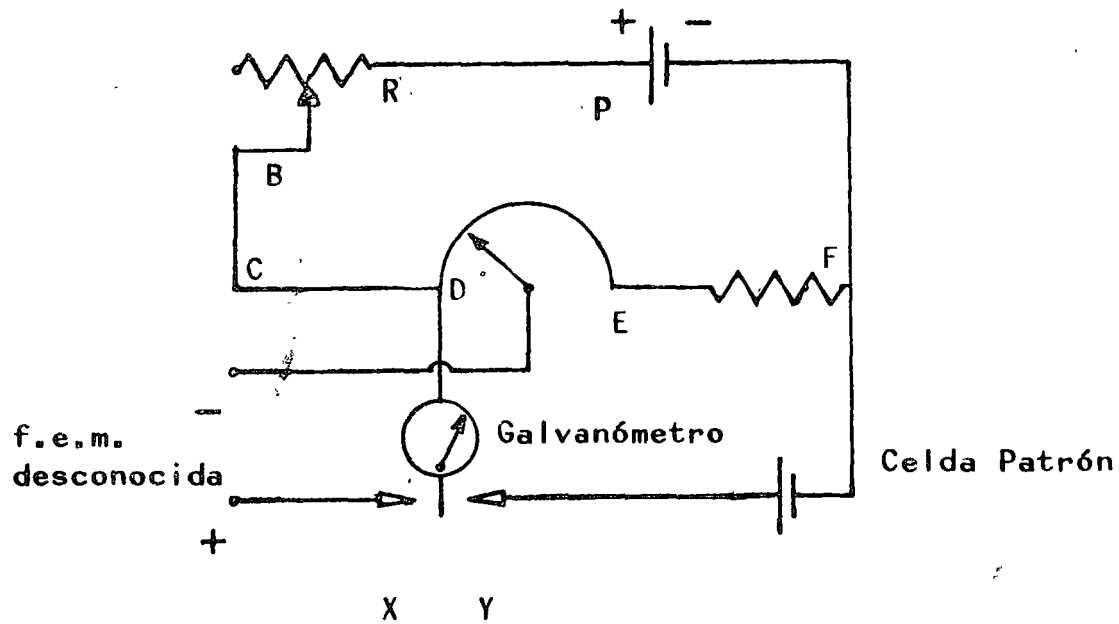


Figura 3.- Potenciómetro simple con celda patrón.

Se ha agregado el resistor variable R para controlar la corriente suministrada por la batería A.

Para "normalizar" el potenciómetro, se cierra el interruptor Y, introduciendo la celda patrón en el circuito (los interruptores X e Y jamás deben ser cerrados simultáneamente, puesto que entonces circulará una corriente excesiva por la pila patrón). El interruptor Y se mantiene cerrado sólo lo necesario para observar si se mueve la aguja del galvanómetro. Si el interruptor Y se deja cerrado bastante tiempo, en condiciones en que el galvanómetro indica corriente, puede dañarse la celda patrón. Si el galvanómetro indica que circula una corriente por la celda patrón, debe ajustarse la resistencia R a modo de reducir a cero esta corriente. En esta condición, la caída de tensión entre los puntos D y F es igual a la f.e.m. de la celda patrón y la calibración del potenciómetro será válida.

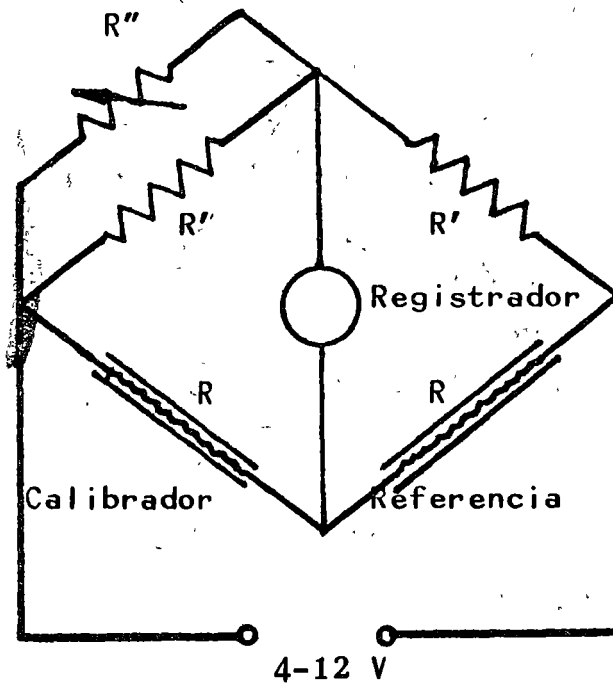
Dado que hay una circulación continua de corriente por el potenciómetro es necesario normalizarlo cada pocas horas. Debido a que las diversas celdas patrones del mismo tipo no tienen exactamente la misma f.e.m., la resistencia EF debe ser, en parte, variable. El ajuste de esta resistencia depende del valor exacto de la f.e.m. de la celda patrón, el que está marcado sobre ella.

Los potenciómetros pueden ser clasificados como (1) portátiles, (2) semiportátiles, y (3) de precisión, variando el costo para cada tipo.

## TRANSDUCTOR POR RESISTENCIA.-

La resistencia eléctrica de los metales aumenta al aumentar su temperatura. Si es reproducible la resistencia a cualquier temperatura dada, la medición de la resistencia proporciona un método para medir la temperatura. (La resistencia no es reproducible si la composición del metal es afectada por la temperatura, o por contaminaciones, o si el metal sufre esfuerzos mecánicos).

Este tipo de transductor es muy usado para medir temperatura, pero también lo es en Cromatografía de Gases en los detectores llamados catarómetros o medidor de conductividad térmica el cual se describirá brevemente por considerarse muy interesante. El catarómetro es básicamente un aparato muy simple que consiste en un alambre muy fino montado a lo largo del eje en un tubo estrecho. El alambre es calentado eléctricamente y toma una temperatura que depende de las propiedades del gas que pasa por él. Cuando cambia la composición del gas, cambia la temperatura del alambre y, por tanto, su resistencia. Si el alambre forma un ramo de un Puente de Wheatstone, este cambio de resistencia puede ser registrada fácilmente. Los mejores catarómetros que están disponibles en la actualidad pueden indicar cambios en la composición de un gas, tal como el hidrógeno o nitrógeno en la magnitud de una parte por millón. Este grado de sensibilidad demanda una estabilidad térmica y eléctrica extraordinariamente alta, y es sorprendente que esta estabilidad pueda obtenerse en un aparato relativamente simple.



Disposición del Puente de Wheatstone para catarómetros.

**EL TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE.-**

El diagrama esquemático de un transformador diferencial se muestra en la figura 4. Tres bobinas están colocadas en un arreglo lineal tal como se muestra con un núcleo magnético que puede deslizarse libremente entre las bobinas. La construcción del elemento es ilustrada en la figura 5.

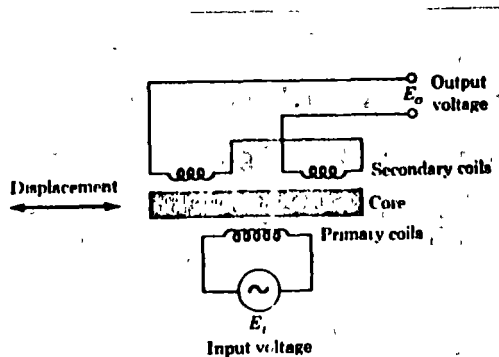


Fig. 4

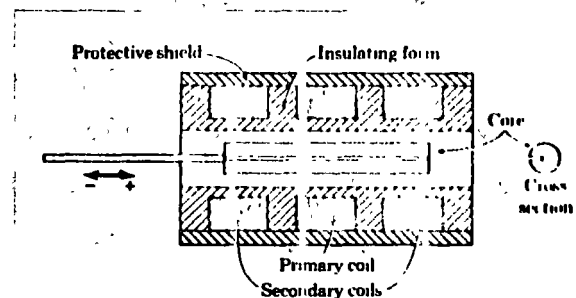


Fig. 5

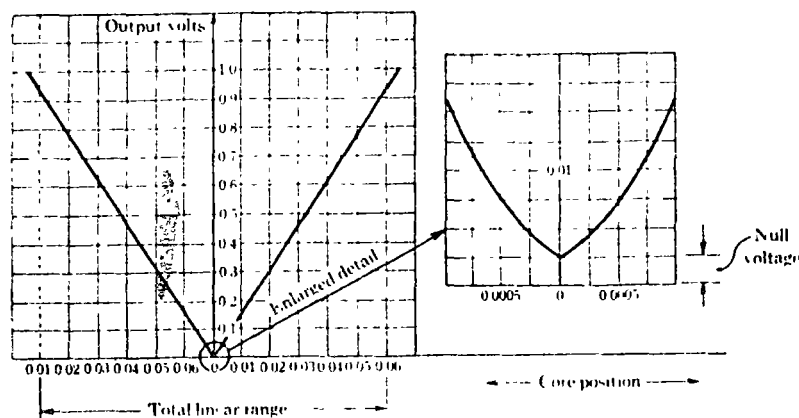


Fig. 6 Gráficas que muestran las no linealidades en la región de nulos

La entrada de voltaje alterno es por la bobina central, y el voltaje de salida en las dos bobinas externas, depende del acoplamiento magnético entre el núcleo y las bobinas. Y este acoplamiento depende de la posición del núcleo. Luego entonces, el voltaje de salida es una indicación del desplazamiento del núcleo. Cuando el núcleo está en posición cercana al centro el transformador presenta una salida un poco no lineal; en las posiciones fuera del centro el voltaje de salida es lineal, tal como se indica en la figura 6.

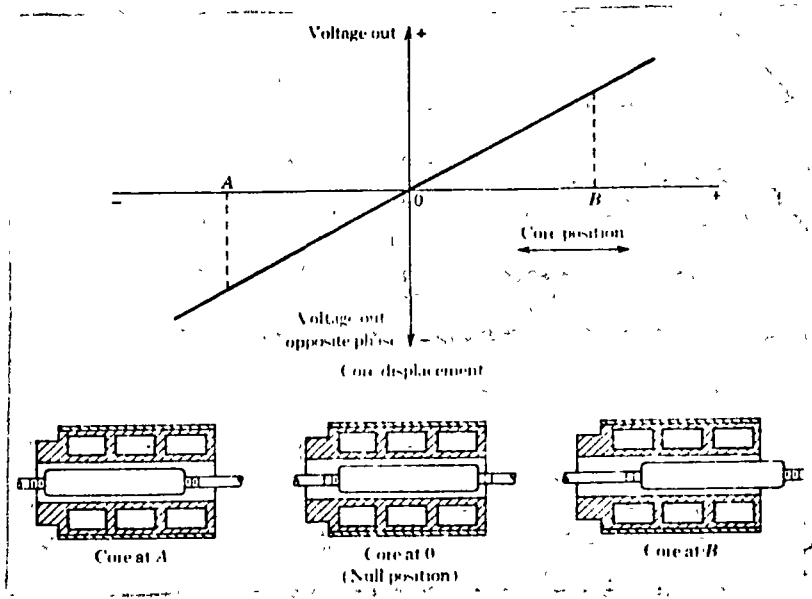
Las relaciones de fase entre el voltaje de salida y la posición del núcleo se muestra en la figura 7, que muestra una diferencia en fase de  $180^\circ$  entre un lado de la posición del núcleo y la posición al otro extremo.



La respuesta en frecuencia de estos transformadores está limitada principalmente por las características de inercia del elemento. Generalmente, la frecuencia del voltaje aplicado deberá ser 10 veces mayor que la frecuencia de respuesta deseada.

Comercialmente estos transductores se pueden encontrar en una amplia gama de tamaños y formas, para usarse en la medición de desplazamientos en una gran variedad de aplicaciones.

La medición de fuerza o presión puede también realizarse con una conversión mecánica adecuada.



*Handwritten notes and signatures at the bottom of the page.*

### TRANSDUCTOR CAPACITIVO.

Consideremos el transductor capacitivo mostrado en la figura 8. La capacitancia (en picofarads) de este arreglo está dada por:

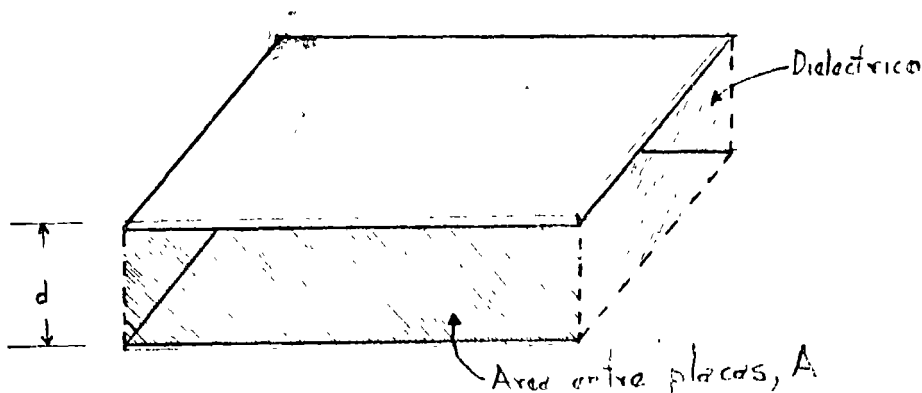
$$C = E \frac{A}{d}$$

donde:

$d$  = distancia entre placas

$A$  = área entre placas  $m^2$

$E$  = constante dieléctrica.



Este arreglo de placas puede ser usado para medir una variación en la distancia  $d$  midiendo el cambio en capacitancia. Un cambio en capacitancia puede ser efectuado a través de una variación en el área  $A$  entre placas, resultante de un movimiento relativo de las placas en cualquier dirección lateral o a través de un cambio en la constante dieléctrica del material entre las placas. La capacitancia puede ser medida con un circuito puente. La -

La impedancia de salida de un capacitor está dada por:

$$Z = \frac{1}{2\pi f c}$$

donde:

Z = impedancia ohms

f = frecuencia c.f.s.

c = capacitancia, farads.

En general, la impedancia de salida de un transductor capacitivo es alta, y ésto hace que se tenga especial cuidado en el diseño de los circuitos de salida.

El transductor capacitivo puede ser usado para mediciones de desplazamiento por medio de las variaciones de la distancia d entre placas.

Es comúnmente usado para medir nivel de líquidos, como se indica en la fig. 9. Dos electrodos son colocados como se muestra, y la constante dieléctrica varía entre los electrodos según el nivel del líquido. Luego entonces, la capacitancia entre los electrodos es una indicación directa del nivel del líquido.

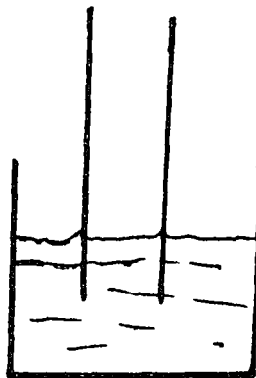


Fig. 9

## TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICOS.

Un cristal piezoeléctrico colocado entre dos electrodos de placa, según se muestra en la figura 10. Cuando una fuerza es aplicada a las placas, produce una deformación en el cristal. En ciertos cristales esta deformación produce una diferencia de potencial en las superficies del cristal, y este efecto es llamado efecto piezoeléctrico. El cambio inducido en el cristal es proporcional a la fuerza impuesta y está dada por:

$$Q = dF$$

en donde  $Q$  está en coulombs,  $F$  en newtons y la constante  $d$  es llamada constante piezoeléctrica.

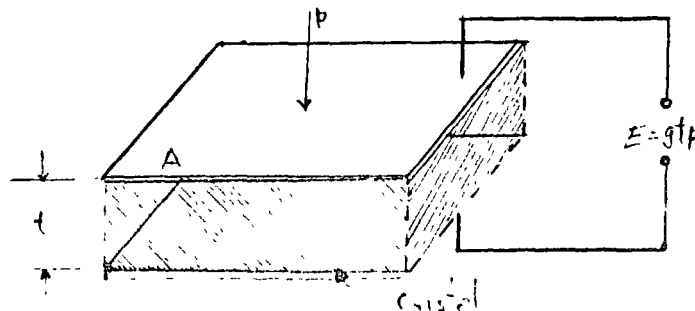
El voltaje de salida del cristal está dado por:

$$E = gtp$$

en donde  $t$  es el espesor del cristal en mts.,  $p$  es la presión en newtons por metro cuadrado, y  $g$  es llamada sensibilidad de voltaje y está dada por:

$$g = \frac{d}{E}$$

Los cristales piezoeléctricos son de varias formas y tamaños, por simple compresión se produce voltaje, el cual es una función complicada de la orientación exacta del cristal. Este tipo de cristales son ampliamente usados en transductores inexpandivos de presión para mediciones dinámicas y son muy usados en pastillas de tocadiscos.



## TRANSDUCTOR DE TERMOPAR.-

El método eléctrico más comúnmente usado para medir temperatura utiliza termopar como sensor. Cuando dos metales diferentes son unidos tal como se indica en la figura 10, y cuando las dos uniones tienen diferente temperatura, una corriente fluye en el circuito tanto mayor como mayor sea la diferencia de temperatura entre las dos uniones. Este fenómeno es llamado efecto Seebeck, la f.e.m. desarrollada por esta corriente es llamada f.e.m. térmica de Seebeck. Este es el parámetro utilizado para medir temperatura.

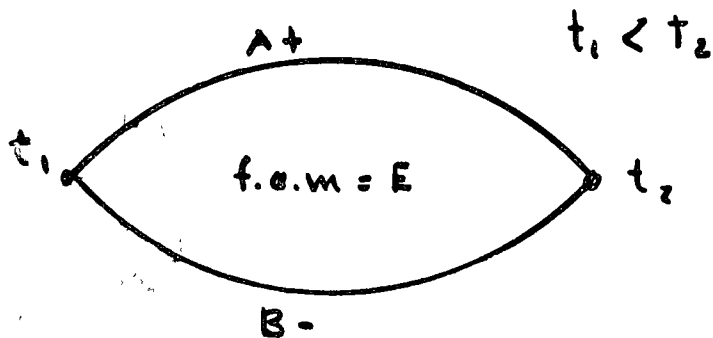


Fig. 10 Efecto Seebeck.

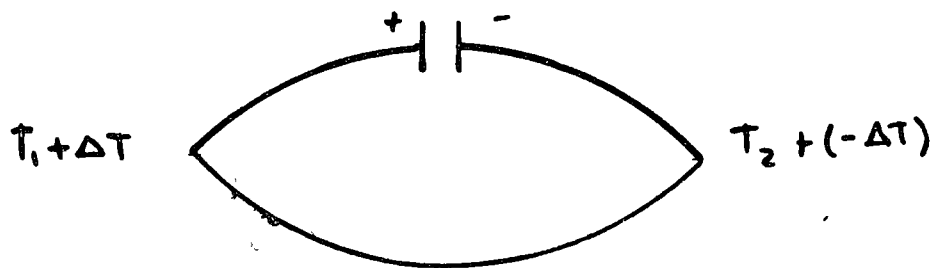


Fig. 11 Efecto Peltier.

La inversa de este fenómeno fué descubierto por Peltier el cual reporta que cuando una corriente es forzada a fluir a través de la unión de dos metales diferentes figura 11, se lleva a cabo un aumento o disminución en la temperatura de la unión según sea el sentido de la corriente. Además, si un gradiente de temperatura existe a lo largo de uno de los materiales no produce alteración en la f.e.m. térmica de Seebeck. Esto es llamado el efecto Thomson.

En resumen, las tres f.e.m. presentes en un circuito termo eléctrico son: la f.e.m. de Seebeck, causada por la unión de dos metales diferentes; la f.e.m. de Peltier, causada por un flujo de corriente en el circuito; y la f.e.m. Thomson, que resulta de un gradiente de temperatura en los materiales.

En aplicaciones prácticas, en aplicaciones termométricas los efectos de Peltier y Thomson pueden ser muy reducidos a tal grado de no ser tomados en cuenta.

El f.e.m. térmico de Seebeck es un parámetro medible y en él se basa la termometría electrónica.

Para cada par dado de metales, la medición de la f.e.m. provee un medio para la determinación de la diferencia de temperatura entre las dos uniones.

Con alambres de longitud fija, y, por lo tanto con una resistencia dada del circuito, la medición de la corriente circulante es una indicación igualmente adecuada de la diferencia de temperatura entre la unión caliente y la fría. La figura 12 muestra una simple disposición fundamental del termopar.

No es necesario que los alambres A y B estén en contacto entre sí para formar la unión fría.

Ellos pueden estar separados por cualquier otro conductor, siempre que la temperatura en la pintura del alambre A con el conductor intercalado sea exactamente igual a la que existe entre la pintura de este último con el alambre B. En la figura 3.6 b, el instrumento actúa como un conductor entre los dos alambres A y B, para formar la pintura fría.

Cuando los alambres no forman ellos mismos la pintura fría, es común hablar de una pintura de referencia en lugar de una pintura o unión fría. Dado que los alambres aptos para formar termopares son en general caros, es común insertar alambres de cobre entre la punta caliente y la punta de referencia, en particular cuando la distancia entre ambas es grande. El uso de un tercer metal en el circuito no afecta la precisión de la determinación de la temperatura, siempre que haya igualdad de temperatura en todas las uniones del tercer metal con los metales del termopar. Luego, las dos uniones próximas al termopar deben hallarse a la misma temperatura. La figura 12.c muestra el empleo de alambre de cobre para completar el circuito del termopar.

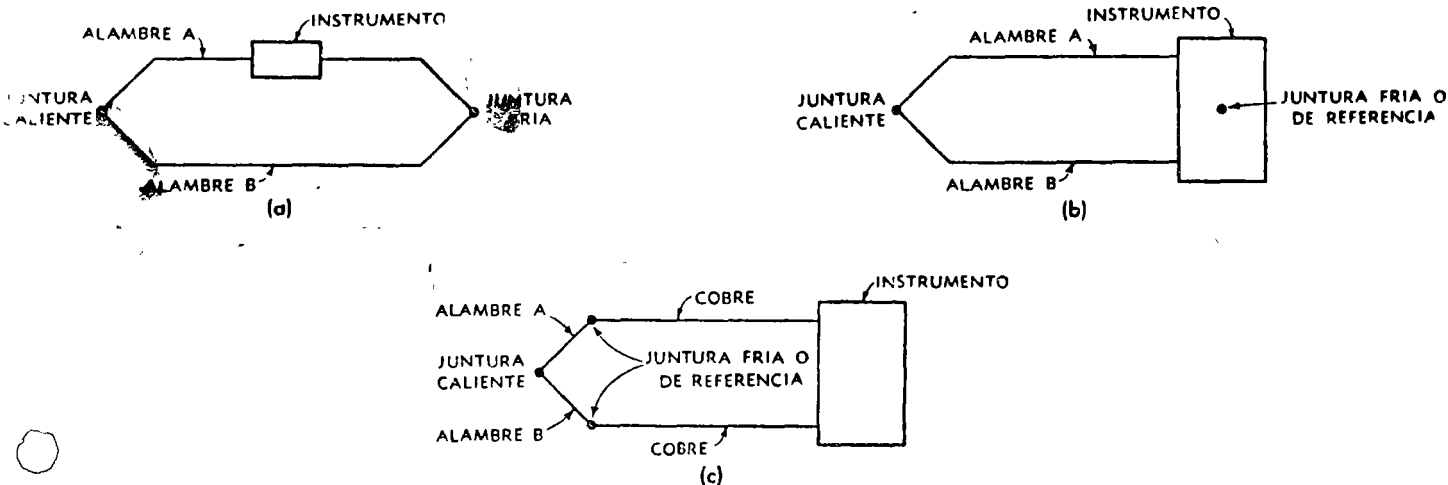


Figura No. 12.

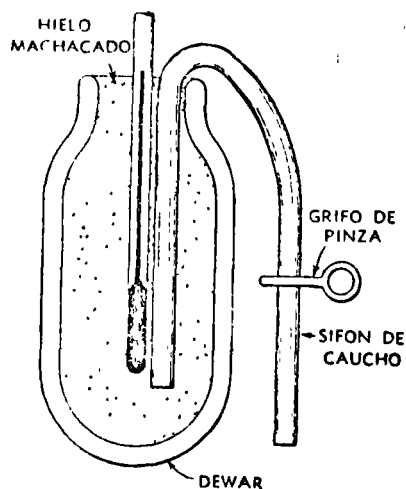


Fig. 13 - Aparato para punto de hielo.

Un arreglo común para establecer la temperatura de referencia es con un baño de hielo como se muestra en la figura 13. - Una mezcla en equilibrio de hielo y agua destilada a la presión atmosférica estandar produce una temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ . Cuando la mezcla está contenida en un frasco de Dewar, se puede mantener la temperatura por suficiente tiempo. Debemos notar en la figura 13.a que ambos alambres del termopar se mantiene dentro del baño a la



temperatura de referencia; en la figura 13.b solamente uno se mantiene dentro de la temperatura de referencia. El sistema en (a) se debe utilizar cuando las partes de conexión del instrumento de medida se encuentran a diferente temperatura, el sistema (b) es satisfactorio si las dos partes de conexión están a la misma temperatura.

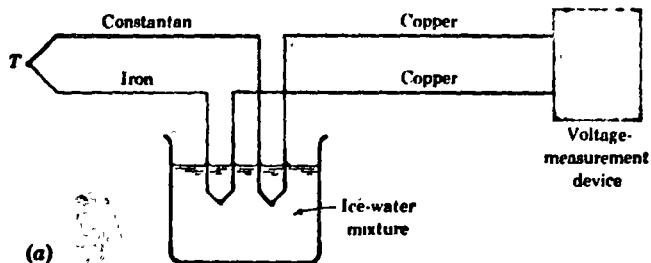


Fig. 13 a

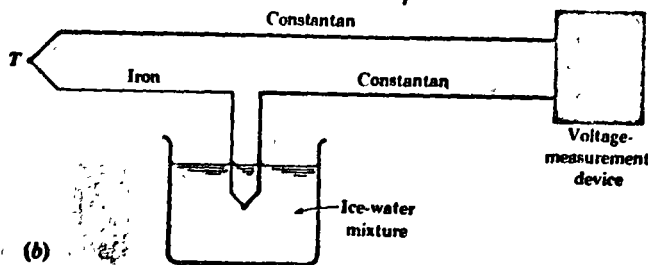


Fig 13 b

**CONCLUSIONES.-**

Como se dijo en un principio todos los sistemas de medición dependen en gran parte del tipo de elemento primario de medición. Para poder aprovechar todo el potencial de trabajo que se puede desarrollar con un instrumento de medición es necesario además de conocer sus especificaciones, sus principios de funcionamiento, para así poder utilizar el instrumento en la mejor forma.

Mayor información de los temas aquí tratados se puede encontrar en los siguientes libros:

- 1.- J.P. Holman: "Experimental Methods for Engineers"  
McGraw-Hill Book Company, New York, 1966.
- 2.- Sweeney, R.J.: "Measurements Techniques in Mechanical Engineering", John Wiley & Sons, Inc. New York, 1953.
- 3.- Frank E.: "Electrical Measurement Analysis",  
McGraw-Hill Book Company, New York, 1959.

Table 4-2 Summary of bridge circuits

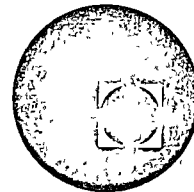
Circuit	Balance relations	Name of bridge and remarks	Circuit	Balance relations	Name of bridge and remarks
	$C_x = \frac{C R_2}{R_1}$ $R_x = \frac{R_3 R_1}{R_2}$	Basic Wheatstone bridge. Greatest sensitivity when bridge arms are equal.		$\omega^2 LC = 1$ $R_x = \frac{R_3 R_1}{R_2}$	Resonance bridge. At balance conditions may be used for frequency measurement with $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$
	$\frac{C_2}{C_1} = \frac{R_2}{R_1} - \frac{R_3}{R_4}$ $C_1 C_2 = \frac{1}{\omega^2 R_3 R_4}$ If $C_1 = C_2$ and $R_3 = R_4$ $f = \frac{1}{2\pi R_3 C_2}$	Wien bridge. May be used for frequency measurement with indicated relations.		$L_x = R_1 R_3 C$ $R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3}$	Maxwell bridge
	$L_x = C_1 R_1 R_2$ $R_x = \frac{C_1 R_1}{C_2} - R_3$	Owen bridge		$L_x = \frac{R_1 R_3 C}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}$ $R_x = \frac{\omega^2 C^2 R_1 R_2 R_3}{1 + \omega^2 C^2 R_2^2}$	Hay bridge



✓



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

INSTRUMENTOS INDUSTRIALES DE MEDICION

ING. MANUEL SANCHEZ RUBIO

Tacuba 5, primer piso. México 1, D.F.  
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

## CONTENIDO

- I.- INTRODUCCION
- II.- TEMPERATURA
- III.- PRESION
- IV.- FLUJO
- V.- NIVEL
- VI.- HUMEDAD
- VII.- DENSIDAD
- VIII.- VISCOSIDAD
- IX.- VELOCIDAD
- X.- ANALISIS DIVERSOS
- XI. \_ LITERATURA CONSULTADA

## I.- INTRODUCCION

En el mercado se encuentran sistemas que comprenden desde el elemento primario hasta los sistemas más sofisticados para fines de control usando métodos de computación.

En la industria se usan instrumentos para medir las siguientes variables en donde esta variable que se mide puede crear un cambio en otras variables, p. ej.: un cambio en la temperatura dá origen a una expansión diferencial en un elemento bimetálico y mover una aguja, o -- crear una fuerza electromotriz en un termopar, etc, Las variables físicas que se enlistan en seguida se miden directa o indirectamente y son las que pueden existir en los procesos ( ver Tabla I ).

Para cada variable, existen muchos sistemas de medición, uno para cada propósito y cada propósito debe reunir un cierto porcentaje de cada uno de los siguientes factores ( Tabla II ):

TABLA II

- a) intervalo
- b) precisión
- c) medio ambiente
- d) costo
- e) estética

TABLA I.- VARIABLES FISICAS  
EN LOS PROCESOS.

Aceleración	Fuerza	Forma
Sonido audible	Frecuencia	Peso específico
Valor calorífico	Apariencias de superficie	Calor específico
Capacitancia	Dureza	Propiedades espectroscópicas
Composición química	Humedad	Velocidad
Color	Impedancia	Temperatura
Compresión	Inductancia	Tensión
Conductividad eléctrica	Luz infrarroja	Espesor
" " térmica	Nivel	Tiempo
Consistencia	Masa	Torque
Cristalinidad	Contenido de agua	Turbidez
Intensidad de corriente	Peso Molecular	Vacío
Densidad	Momento	Viscosidad
Dimensión (longitud)	Radiación Nuclear	Luz visible
Desplazamiento	Oxidación	Voltaje
Ductilidad	pH	Volumen
Cantidades eléctricas	Posición	Peso
Entalpia	Presión	Sonido ultrasónico
Entropia	Calor radiante	Luz ultravioleta
Expansión	Cambios de volumen	
Explosividad	Opacidad	
Flujo	Resistencia	



Cuando un técnico escoge un sistema de medición de entre varios, ha hecho una ponderación de los factores de la Tabla II. Irremediablemente, el intervalo de medición y el medio ambiente en donde se va a efectuar la medición (si es o no corrosivo, p. ej.) fueron los factores más importantes, y los otros factores se deciden de acuerdo con la cantidad que se quiera invertir. Muchas veces, para fines publicitarios, lo más importante es la vista, la estética del instrumento y, aunque no sea para exposición, también hay que tomar en cuenta este factor porque -- afecta psicológicamente al operador.

El técnico consciente al medir una variable tomará en cuenta las siguientes fuentes de error:

- a) Las limitaciones en la exactitud del estándar de referencia que se va a usar para calibrar el detector.
- b) La magnitud de la cantidad física que se va a medir. Entre más pequeña la cantidad física ( p. ej.: el alto vacío ) que se va a detectar, más grande será el error en términos de lectura porcentual.
- c) Errores en los detectores
- d) Errores en los operadores
- e) Errores de los instrumentos como sistemas.

Todas las mediciones enlistadas en la Tabla I pueden detectarse a través de cualesquiera de las indicadas en la Tabla III.

TABLA III.- SEÑALES DE MEDICION

Corriente (transmisores electrónicos)

Fuerza (detectores de fuerzas balanceadas)

Frecuencia (medidores de flujo de desplazamiento tipo turbi-  
na)

Impedancia (sensores electrónicos)

Movimiento de rayos electrónicos o luminosos (osciloscopios,  
galvanómetros)

Desplazamiento de líquido (manómetros, termómetros, etc.)

Movimiento (sensores de movimiento balanceado)

Presión (transmisión neumática)

Intervalo entre pulsos (telemedición)

Pulsos codificados (computadoras)

Voltaje (potenciómetros)

Las variables de más uso en la industria y que son los que veremos con más detalle son, en orden de importancia decreciente, las siguientes (Tabla IV):

TABLA IV.- VARIABLES FISICAS MAS IMPORTANTES  
EN LA INDUSTRIA

- 1.- Temperatura
- 2.- Presión
- 3.- Flujo
- 4.- Nivel
- 5.- Humedad
- 6.- Densidad
- 7.- Viscosidad
- 8.- Velocidad
- 9.- Análisis diversos

Desde luego, la importancia de estas variables depende del tipo de industria en particular. Para algunas, la viscosidad es la propiedad más importante a conocer y para otras será, tal vez, la temperatura. Realmente, lo que se ha indicado en la Tabla IV, ha sido la frecuencia con que más se usa una con respecto a la de abajo. Se puede considerar, que las cuatro primeras son las que más se usan y de allí su importancia.

Para la explicación de las variables de la Tabla IV se hace uso de transparencias casi todas ellas tomadas del libro de Rhodes (2), que a mi juicio, dependiendo del interés que se tenga sobre este tema, debería tenerse a la mano aunque los otros dos libros lo complementan -

bastante bien. Debido a que el tiempo para la exposición de este tema es corto y el desarrollo de unos apuntes más o menos completos me resulta imposible elaborar por el empleo excesivo de fotos y esquemas. Por esta razón, estas notas son incompletas desde el punto de vista descriptivo pero, creo, que pueden servir de guía puesto que he incluido lo más importante para dar una idea global sobre este tema. La literatura citada describe a los sistemas de medición en términos muy generales. Para cuestiones muy detalladas es recomendable recurrir a los fabricantes quienes proporcionarán literatura con los sistemas más actualizados indicando, además, costos y especificaciones de garantía.

No hago mención en detalle de los sistemas de control puesto que formaría parte de un curso sobre instrumentación industrial y control el cual, está fuera de este tema. Básicamente se explican los elementos primarios de medición.

## II.- TEMPERATURA

### Formas de medición:

1.- De vástago de vidrio

2.- Bimetálicos

3.- De elementos térmicos llenos

I Sistemas llenos de líquido

II " " " vapor

III " " " gas

IV " " " mercurio

4.- Indicadores de color

5.- Pirómetros

6.- De resistencia

7.- Termistores

8.- De cristal de cuarzo

9.- Termopares

10.- Pirometría de radiación

11.- Pirometría óptica

12.-Diversos.- Resistencias de carbón

Espectroscopía

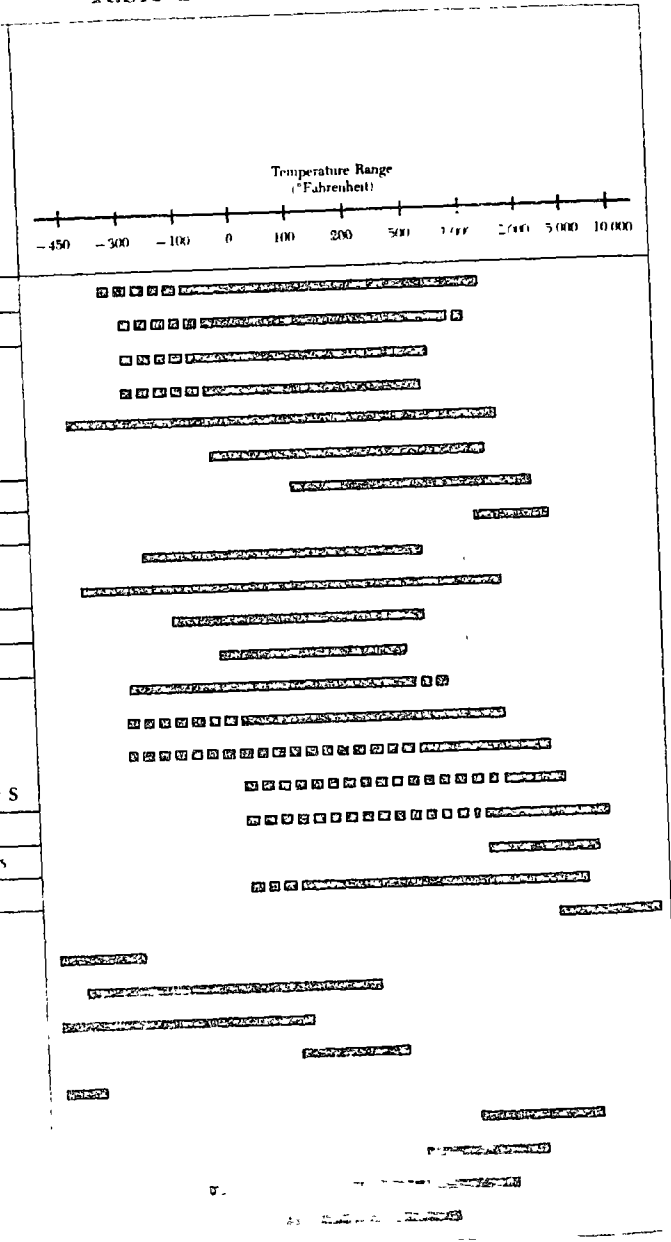
Sales paramagnéticas

Diodos

Transistores

Cristales líquidos

Table IV ORIENTATION TABLE



FOR TEMPERATURE SENSOR

Section	Type	Available Span		Accuracy		Cost (\$)			Sensor Size			Available With			Terminology										
		Under 100°F	Above 1000°F	% Full Scale	Best Attainable 1°F	Under \$50	Between \$50-500	Above \$500	Small	Medium	Large	Recorder	Indicator	Controller		Stability	Repeatability	Response Time	Sensitivity	① Interchangeable	② Linear	③ Complete System	④ Maximum Distance to Readout (ft)		
11	Glass Stem Thermometer	✓	✓	0.1-2	0.01	✓			✓		✓	✓	✓		E	E	G	G	✓	✓	✓	N	N—No or None		
12	Bi-Metallic Elements	✓	✓	1-2	0.2	✓			✓	✓	✓	✓	✓		E	F	G	G			✓	N	E—Excellent		
13	Filled Elements—Liquid Vapor Gas Mercury	✓	✓	0.5-2	0.1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		E	F	F	G			✓	✓	40	G—Good	
		✓	✓	0.5-2	0.6	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		E	F	G	F			✓	✓	200	F—Fair
		✓	✓	0.5-2	1.2	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		E	F	F	F			✓	✓	150	① Interchangeable sensor, without recalibration of entire system
		✓	✓	0.5-2	0.25	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		E	F	F	G			✓	✓	50	
14	Color Indicators	✓		—	8	✓			✓	✓		✓						F			✓	N	② System is complete when sensor and readout is sold as single unit. When several readouts can be used with the same sensor, system is not considered to be complete		
15	Pyrometric Indicators	✓	✓	0.1	0.2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		G,E	F	G,F	G,E	✓	✓	✓	N	1000		
16	Resistance Bulbs—Nickel Platinum	✓	✓	✓	0.1	0.05	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		G,E	E	G,E	G,E	✓	✓	✓	N	3000		
		✓	✓	0.1	0.2	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		G,E	G	G,E	E	✓	✓	✓	N	3000		
17	Thermistors	✓	✓	0.1	0.2			✓	✓	✓	✓	✓	✓		E	G	G	E	✓	✓	✓	N	1000		
18	Quartz Crystals	✓		0.3-1	1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	E	G,E	✓	✓	✓	N	3000		
19	Thermocouples—Type T Type J Type K Type R & S	✓	✓	0.3-1	2	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	E	G,E	✓	✓	✓	N	3000		
		✓	✓	0.3-1	2	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	E	G,E	✓	✓	✓	N	3000		
		✓	✓	0.3-1	3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	E	G,E	✓	✓	✓	N	3000	
		✓	✓	0.5-1	5	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	G	F			✓	✓	2000	
110	Radiation Pyrometers	✓	✓	1-2	10	✓	✓		✓	✓	✓	✓					F,G				✓	✓	N		
111	Manual Optical Pyrometers	✓	✓	1-2	5	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				E				✓	✓	1000		
112	Infrared Pyrometers	✓		1				✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	G					✓	✓			
113	Misc—Spectroscopy Paramagnetic Salts Diodes Transistors Liquid Crystals Carbon Resistors Photo Probe die Sensor Transistor Graphy	✓		1	0.005		✓		✓	✓	✓	✓	✓		G	G,E	E	F,G			✓	✓			
		✓		2		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		G	G	G	G			✓	✓	N		
		✓		2	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		G	G	G	G			✓	✓	N	
		✓		1												F	G,F	G	E,G			✓	✓		
		✓			0.5											F,G	G	G	G			✓	✓	N	
		✓		2												F	F	F	F			✓	✓	N	

① Interchangeable sensor, without recalibration of entire system

② System is complete when sensor and readout is sold as single unit. When several readouts can be used with the same sensor, system is not considered to be complete

③ Without special compensation

### III.- PRESION

#### Formas de medición de la presión:

#### 1.- Sensores de ionización al vacío

I Medidor de ionización de cátodo caliente

II " " " frío

III " radiación alfa.

#### 2.- Detectores de vacío térmico

I Medidores de termopar

II " termopila

III " resistencia de alambre

#### 3.- Medidores mecánicos de vacío

I McLeod

II Momento molecular

III Capacitancia

#### 4.- Diafragma

#### 5.- Fuelle

#### 6.- Bourdón

#### 7.- Flotador

#### 8.- Electrónicos

# Table IIa

## ORIENTATION TABLE FOR PRESSURE DETECTORS

Category	Section	Type of Device	Features	In-line Device Laboratory or Pilot Plant Device Local Readout (Gauge) Remote Readout Trans	Applicable Pressure Ranges	
					mm Hg absolute	PSIG
						$10^{-14}$ $10^{-10}$ $10^{-6}$ $10^{-3}$ $10^{-1}$ 1 50 200 400 600 -300 -200 -100 -10 -5 -1 ±0.1 +1 +5 +10 +100 +200 +300 4 7 11 10 <sup>2</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>4</sup> 10 <sup>5</sup> 10 <sup>6</sup>
High Vacuum	H.V.	Cathode	Hot Cathode	✓	✓	⊗
			Cold Cathode	✓	✓	⊗
			Radiation Alkhalton	✓	✓	⊗
Ultra High	U.H.	Cathode	Pyroelectric	✓	✓	⊗
			Thermopile	✓	✓	⊗
			Resistance Wire	✓	✓	⊗
Ultra High	U.H.	Cathode	McLeod	✓	✓	⊗
			Mole. Mo. Momentum	✓	✓	⊗
			Capacitance	✓	✓	⊗
Moderate Vacuum	M.V.	A	Abs. Press. Motion Balance	✓	✓	⊗
			Vac. Press. Force Balance	✓	✓	⊗
			Vac. Press. Ref. Motion Bal	✓	✓	⊗
			Atm. Press. Ref. Force Bal	✓	✓	⊗
			Press. Repeaters	✓	✓	⊗
Moderate Vacuum	M.V.	B	Abs. Press. Motion Balance	✓	✓	⊗
			Abs. Press. Force Balance	✓	✓	⊗
			Atm. Press. Ref. Motion Bal	✓	✓	⊗
			Atm. Press. Ref. Force Bal	✓	✓	⊗
			Aneroid Manostats	✓	✓	⊗

Category	Section	Type of Device	Features	In-line Device Laboratory or Pilot Plant Device Local Readout (Gauge) Remote Readout Trans	Applicable Pressure Ranges	
					mm Hg absolute	PSIG
						$10^{-14}$ $10^{-10}$ $10^{-6}$ $10^{-3}$ $10^{-1}$ 1 50 200 400 600 -300 -200 -100 -10 -5 -1 ±0.1 +1 +5 +10 +100 +200 +300
Ultra High	U.H.	Bourdon	C Bourdon	✓	✓	⊗
			Spiral Bourdon	✓	✓	⊗
			Helical Bourdon	✓	✓	⊗
			Quartz Helix	✓	✓	⊗
Ultra High	U.H.	Manometer	Inverted Bell	✓	✓	⊗
			Ring Balance	✓	✓	⊗
			Float Manometer	✓	✓	⊗
			Barometers	✓	✓	⊗
			Visual Manometers	✓	✓	⊗
			Micro Manometers	✓	✓	⊗
Ultra High	U.H.	Manometer	Cartesian Divers	✓	✓	⊗
			Strain Gauge	✓	✓	⊗
			Electronic Transmitters	✓	✓	⊗
Ultra High	U.H.	Manometer	Capacitive Sensors	✓	✓	⊗
			Dead Weight Piston Gauge	✓	✓	⊗
			Bulk Modulus Cell	✓	✓	⊗
Ultra High	U.H.	Manometer	Manganin Cell	✓	✓	⊗

⊗ Indicates that the device uses full vacuum reference in its operation  
 ⊕ Indicates that the instrument uses atmospheric pressure reference  
 ⊙ Indicates that the operating principle used does not involve the use of reference pressures



#### IV.- FLUJO

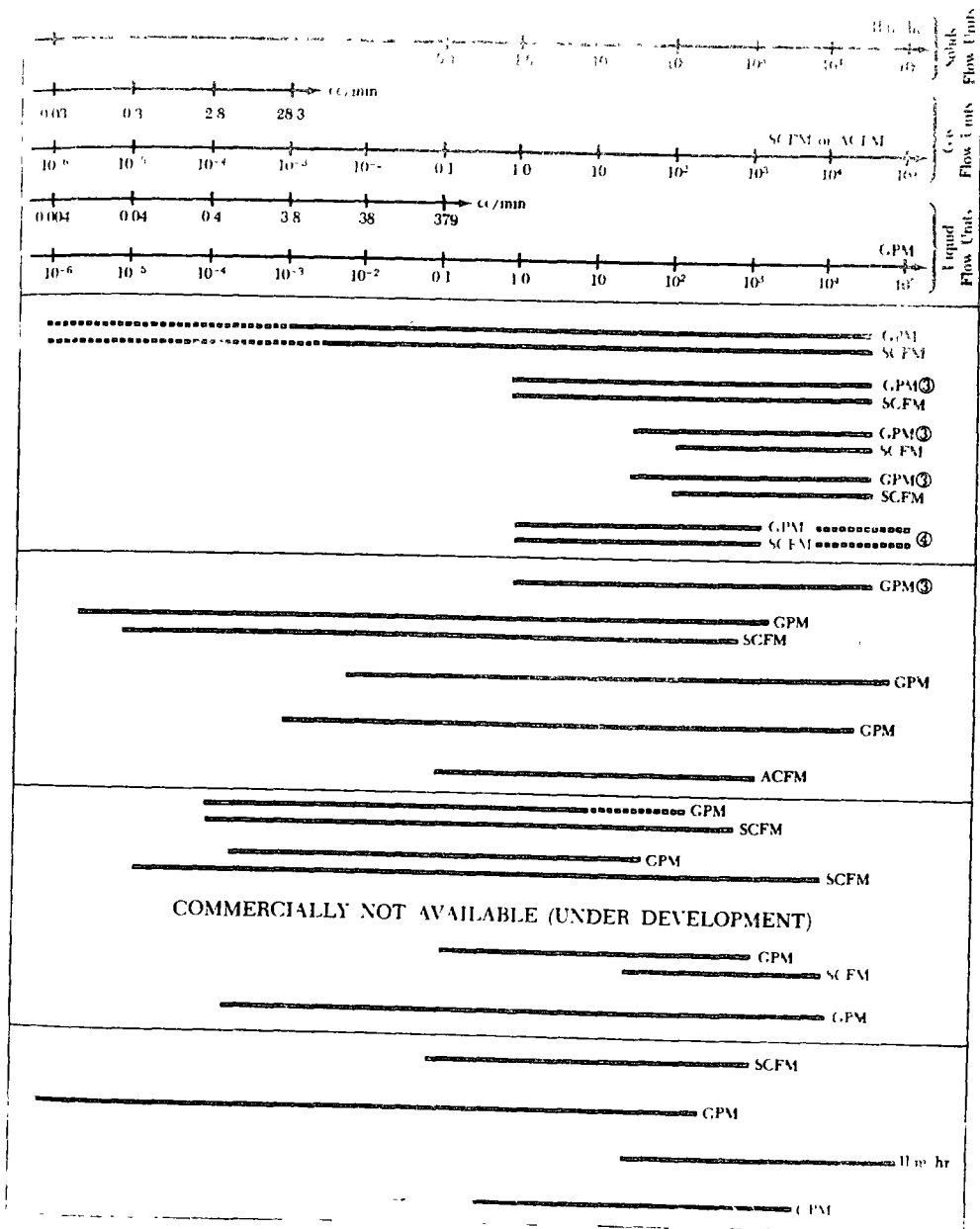
##### Formas de medición del flujo:

- 1.- Medidor de orificio
- 2.- Toberas (Venturi)
- 3.- Tubo de Pitot
- 4.- De codo
- 5.- De choque
- 6.- Vertederos
- 7.- Rotámetros
- 8.- Flujómetro magnético
- 9.- Turbina
- 10.- Térmicos
- 11.- Ultrasónicos
- 12.- Momento angular
- 13.- Desplazamiento positivo de líquidos
- 14.- " " " gases
- 15.- Bombas dosificadoras
- 16.- Fluómetros de sólidos.

Table V ORIENTATION TABLE

FOR FLOW MEASUREMENT

Type of Design	Applicable to Detect the Flow of					Direct Mass-Flow Sensor	Volumetric Flow Detector	Flow Rate Sensor	Inherent Totalizer	Direct Indicator	Transmitter Available	Linear Output	Rangeability	Pressure Loss Through Sensor	①	Approx. Straight Pipe-Run Requirement (Upstream Diam./Downstream Diam.)	Accuracy * ±% Full Scale ** ±% Rate
	Clean Liquid	Viscous Liquid	Slurry	Gels	Solids												
Orifice (Plate or Integral Cell) (V)	✓	L		✓		✓	✓			✓	SR 3 1②	H	20/5		15/5	1/4-2*	
Venturi Tubes and Flow Nozzles	✓	L	L	✓		✓	✓			✓	SR 3 1②	M	20/5		20/5	1/4-3*	
Pitot Tubes	✓			✓		✓	✓			✓	SR 3 1②	M	40/10		40/10	2-5*	
Elbow Taps	✓	L	L	✓		✓	✓			✓	SR 3 1②	N	25/10		25/10	5-10*	
Target Meters (V)	✓	L	L	✓		✓	✓		SD	✓	SR 4 1	H	15/5		15/5	1/2-2*	
Weirs, Flumes	✓	L	L			✓	✓			✓	SD 100 1	M	See Text		See Text	2-5*	
Rotameters (V)	✓	L	L	✓		✓	✓		✓	✓	10 1	A	N	N	10 1	1/2-2*	
Magnetic Flowmeters (V)	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	20 1	N	N	20 1	1/2-1*	
Turbine Flowmeters (V)	✓	L	SD	L		✓	✓			✓	✓	20 1	H	15/4	15/4	1/4**	
Swirl Flowmeter	L	L	L	✓		✓	✓			✓	✓	100 1	H	10/0	10/0	1/2-1**	
Laminar Flowmeters	✓	L	L	✓		✓	✓			✓	✓	10 1	H	15/5	15/5	1-2*	
Thermal Flowmeters	✓	L	L	✓		✓	✓			✓	L 20 1	A	5/3		5/3	1-2*	
Ultrasonic Flowmeters (V)	✓	L	L			✓	✓			✓	✓	10 1	N	5/3	5/3	2*	
Angular Momentum Types (V)	✓	L	L	✓		✓	✓	SD	SD	✓	✓	12 1	H	5/3	5/3	1/2-1*	
Liquid Displacement Meters (V)	✓	L				✓	✓			✓	✓	20 1	A	N	20 1	1/4-1**	
Gas Displacement Meters (V)				✓		✓	✓			✓	✓	20 1	A	N	20 1	1/2-1*	
Metering Pumps (V)	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	20 1		N	20 1	1/10-1**	
Coriolis Flowmeters (V)		SD	SD	✓	SD	SD	✓	✓	SD	✓	✓	20 1		5/3	5/3	1/2-3*	
③ Contained Regulators	✓					✓	✓		SD			20 1	H	N	20 1	2-10*	



(V) - Design so noted is suitable to viscosity variations  
 up to 100 cP (up to a maximum for the device listed)  
 SR - Square Root  
 ① - The values in this column are for general guidance only. The reader should consult Figure A-36 in the appendix for precise information.

----- Non standard range  
 2. Inherent rangeability of primary device is substantially greater than shown. Value of 100 is a minimum. Inherent rangeability is sensing device which is not a primary device.  
 Pipe size in ( ) indicates the upper limit.  
 ③. Presumably indicated with the probe type design.

## V.- NIVEL

### Formas de medición del nivel:

- 1.- Flotador
- 2.- Desplazamiento
- 3.- Capacitancia
- 4.- Vibración Reed
- 5.- Ultrasónico
- 6.- Conductividad
- 7.- Radiación
- 8.- Borbotadores de aire
- 9.- Diafragma
- 10.- Térmicos
- 11.- Ópticos (mirillas)
- 12.- Presión diferencial

**Table 1**  
**ORIENTATION TABLE FOR LEVEL DETECTORS**

Section	Service  Instrument Type	LIQUIDS								SOLIDS	
		Switches		Local Indicators		Self-Contained Local Controller		Transmitters		Switches	Transmitters
		Clean Fluid	Foam	Accounting	Standard	Clean	Hard to Handle	Clean	Hard to Handle		
1.1	Float Level Switches	G	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	Displacer Level Switches	E	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	Capacitance Probes	G	F-G	P-F	F	—	—	F	P-F	G	P-F
1.4	Vibrating Reed Level Switches	G	P-F	—	—	—	—	—	—	G	—
1.5	Ultrasonic Level Detectors	G	P-F	P-F	F	—	—	G	P-F	G	E
1.6	Conductivity Probes	F	P	—	—	—	—	—	—	P-F	—
1.7	Radiation Gauges	G	G	E	G	—	—	G	E	G-E	F
1.8	Air Bubblers	P-F	—	P-F	P-F	P-F	P-F	P-F	P-F	—	—
1.9	Diaphragm Level Sensors	P-F	—	P-F	P-F	P-F	P-F	P-F	P-F	G-E	—
1.10	Thermal Level Sensors	G	P-F	P-F	P-F	—	—	P-F	P-F	P-F	P-F
1.11	Tape Level Gauges	G	—	E	G	—	—	G	P-F	G	G-E
1.12	Std. & Magnetic Gauge Glasses	F	—	F	E	—	—	—	—	—	—
1.13	Slip Tubes	—	—	P-F	P-F	—	—	—	—	—	—
1.14	Differential Pressure Level Detectors	G	—	P-F	G	G	P-F	G-E	G-E	—	—
1.15	Displacement Level Sensors	F	—	P-F	F-G	G-E	P-F	F	P-F	—	—
1.16	Float Level Indicators	—	—	P-F	F	—	—	P-F	P-F	—	—
1.17	Rotating Paddle Level Switches	—	—	—	—	—	—	—	—	G	—
1.18	Metric Tape Level Devices	—	—	P-F	F	—	—	P-F	P-F	—	P-F
1.19	Level Control Valves	P-F	—	—	—	F	P-F	—	—	—	—

E—Excellent G—Good F—Fair P—Poor

27

## VI.- HUMEDAD

La humedad se determina por:

1.- Termómetro

2.- Higrómetro

## VII.- DENSIDAD

La densidad puede medirse por:

Para líquidos:

- 1.- Hidrómetros
- 2.- Sensores de desplazamiento
- 3.- Columna Hidrostática
- 4.- Radiación
- 5.- Peso de un volumen fijo
- 6.- Sensor tipo U vibratorio
- 7.- Posición angular

Para gases:

- 8.- Desplazamiento manual
- 9.- Suspensión electromagnética
- 10.- Balanza de columna de gas
- 11.- Tipo térmico
- 12.- Viscosidad
- 13.- Desplazamiento de fuerza flotante
- 14.- Tipo centrífugo.

**Table IIIa**  
**ORIENTATION TABLE FOR DENSITY SENSORS**

Section Number	LIQUID Density Sensor Design	Applicable To			Minimum Span Based on Water SG = 1.0	Accuracy (% span)	Design Pressure and Temperature Limitations (PSIG, °F)	Temperature Compensation Available	Direct Level Indicator	Transmitter
		Clean Process Streams	Slurry Service	Viscous or Polymer Streams						
3.1	Hydrometers	✓			0.1	1%	100/200	✓	✓	✓
3.2	Chain Balanced Float	✓			0.005	1-3%	125/400	✓	✓	✓
3.2	Electro-Magnetic Suspension	✓			0.01	1%	200/350	✓		✓
3.2	Buoyant Force Displacer	✓			0.005	1%	600/400	N.S.		✓
3.3	Hydraulic Head Type	✓	✓	✓	0.05	1/2-1%	5,000/350	N.S.	✓	✓
3.4	Radiation Gauges	✓	✓	✓	0.05	1%	Unlimited	✓		✓
3.5	Weight of Fixed Volume Bulb	✓			0.05	1%	2,400/500	✓	✓	✓
3.5	Weighing of U or Straight Tube	✓	✓	L	0.02	1-2%	200/300	N.S.		✓
3.6	Vibrating U-Tube	✓			0.05	1-3%	1,000/300	✓		✓
3.7	Angular Position of Displacers	✓			0.1	1/2%	1000/500	N.S.		✓

N.S. = Non-Standard    L = Limited

Section Number	GAS Density Sensor Design	Minimum Span Based on Air SG = 1.0 or in lbm/ft <sup>3</sup> Units	Accuracy (% span)	Design Pressure and Temperature Limitations (PSIG, °F)	Manually Operated Indicator	Continuous Indicator	Transmitter
3.8	Manual Displacement Elements	0.02 SG	1%	Near Ambient	✓		
3.8	Electro-Magnetic Suspension	0.01 SG	1%	Near Ambient			✓
3.8	Gas Column Balance	0.25 SG	0.002 SG	Near Ambient		✓	✓
3.8	Thermal Type	0.5 SG	0.01 SG	Near Ambient			✓
3.8	Viscous Drag Type	0.1 SG	1-2%	Near Ambient		✓	✓
3.9	Buoyant Force Dis- placer	1.0 lbm/ft <sup>3</sup>	0.25%	1,500/200	✓	✓	✓
3.9	Centrifugal Type	1.0 lbm/ft <sup>3</sup>	0.1-0.5%	2,000/300		✓	✓

## VIII.- VISCOSIDAD

Se puede determinar la viscosidad por:

- 1.- Viscosímetro de tubo capilar
- 2.- " extrusión capilar
- 3.- " copa
- 4.- " bola descendente
- 5.- " tiempo de burbuja
- 6.- " placas deslizantes
- 7.- " rotacionales
- 8.- " pistón descendente
- 9.- " ultrasonido
- 10.- " vibración
- 11.- " cono giratorio
- 12.- " potencia en la agitación



**Table VI**  
**ORIENTATION TABLE FOR VISCOMETERS**

Serial	Features Type of Design		Provides Continuous Signal	In-Line Device	Laboratory Device	Local Readout	Remote Readout Trans	Temp Compensation	Fluids			Maximum Design Pressure, PSIG	Maximum Design Temperature, °F	Accuracy, % (1) Based on Full Scale (2) Based on Measurement	Minimum Sample Size or Flow Rate	APPLICABLE VISCOSITY RANGES*										
									Gas	Newtonian	Non-Newtonian					Centipoises										
																10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
6 1	Capillary Tube	Manual Timing Auto Timing		✓	✓	✓	✓		✓		ATM ATM	300 300	0 35(2) 0 01(2)	20 CC 20 CC	—————											
6 2	Capillary Extrusion	Influx Efflux			✓	✓	✓		✓	✓	100 5,000	300 640	2 0(2) 2 0(2)	0 7 CC 30 CC	—————											
6 3	Efflux Cup	Saybolt Ford Cup Zahn Cup Auto. Timing		✓	✓	✓	✓		✓	✓	ATM ATM ATM ATM	250 80 80 80	0 1(2) 2 0(2) 2 0(2) 5 0(2)	60 CC 150 CC 44 CC —	—————											
6 4	Falling Ball	Manual			✓	✓			✓	✓	ATM	300	0 1(2)	30 CC	—————											
6 5	Bubble Time	Manual			✓	✓				✓	ATM	77	2 0(2)	13 CC	—————											
6 6	Sliding Plate	Manual			✓	✓			✓	✓	ATM	77	0 5(2)	2 CC	—————											
6 7	Rotational Laboratory	Coaxial-Cylinder Cone & Plate			✓	✓	✓		✓	✓	ATM	2,500	1 0(2)	1 CC	—————											
6 8	Falling Piston			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	500	650	1 0(1)	—	—————											
6 9	Ultrasonic		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1,000	650	2 0(1)	0 6 GPH	—————											
6 10	Vibrating Reed		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3,000	300	1 0(1)	—	—————											
6 11	Rotational Industrial	Rotating Cone Agitator Power	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100 125	650 200	1 0(1) ~ 5 0(1)	— 15 GPM	—————											
6 12	Float	Single Float Two-Float Concentric	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	650 300 650	450 450 150	4 0(2) 2 0(2) 2 0(2)	0 75 GPM 0 25 GPM 2 GPM	—————											
6 13	Continuous Capillary	Differential Pressure Back Pressure	✓	✓	✓	✓	✓		✓		115 65	240 210	1 0(1) 0 5(1)	1 GPH 1 GPH	—————											
6 14	Pistometer	Cone & Plate Kneader Capillary	✓	✓	✓	✓	✓			✓	100 ATM 5,000	100 570 570	0 5(1) 1 0(1) 2 0(1)	25 CC 80 CC 0 6 = 4HR	Arbitrary Units As Used	Mooney % Scale MI & CU	0-200 Points 0-1,000 Division 0-200 & 0-100									

## IX.- VELOCIDAD

La velocidad puede medirse haciendo uso de :

- 1.- Tacómetros mecánicos
- 2.- " magnéticos
- 3.- " fotoeléctricos

## X.- ANALISIS DIVERSOS

Dentro de los análisis diversos más importantes se pueden contar los siguientes:

- 1.- Cromatografía para determinación de composición
- 2.- Analizadores de radiación ultravioleta e infrarrojo que se usan para la determinación de funciones químicas.
- 3.- Colorímetros para análisis de elementos y sustancias coloridas
- 4.- Refractómetros
- 5.- pH
- 6.- Peso molecular
- 7.- Conductividad.

**Table VIII  
ORIENTATION TABLE FOR ANALYZERS**

Type	Principle of Operation	Sample Phase			Accuracy	Continuous Semi-Continuous or Discontinuous	Specific or Non-Specific	Maintenance	Special Features
		Liquid	Gas	Solid					
Chromatograph (Sect. 8.1)	Chromatographic Separation of Components in Sample	✓	✓		E	S.C.	S	Moderate	Multi-components
Ultra-Violet (Sect. 8.2)	UV Energy absorbed by Measured Compound	✓	✓		E-G	C	S	Low	
Infrared (Sect. 8.3)	IR Energy absorbed by Measured Compound	✓	✓		E-G	C	S	Low	
Colorimeters (Sect. 8.4)	Visible Energy absorbed by Measured Sample	✓		✓	G	C	S	Low	
Thermal Conductivity (Sect. 8.5)	T.C. of Sample Compared to Standard		✓		G-P	C	N.S.	Low	
Refractometer (Sect. 8.6)	Refractive Index of Sample Measured	✓			E-G	C	N.S.	Low	In-Line Possible
Oxygen Detectors (Sect. 8.7)	Deflection of test body due to paramagnetism of oxygen indicates concentration		✓		E-G	C	S	Low	H <sub>2</sub> in sample interferes with measurement
	Thermal effect of oxygen's paramagnetism is used as a measure of its concentration		✓		G	C	S	Low	Rugged but H <sub>2</sub> in sample interferes with measurement
	Fuel is burned with oxygen in sample and generated heat of combustion indicates concentration		✓		E-G	C	S	Moderate	Requires continuous supply of fuel
	Oxygen in sample and reference gases is ionized by heat and relative ion concentrations are detected		✓		E-G	C	S	Low-Moderate	Sample cannot contain combustibles. Fast response
	Electrode reduces oxygen into hydroxide and the resulting ion current is measured as concentration. (Polarographic or Galvanic cells.)	✓	✓		E-G	C	S	Low-Moderate	Probe design may eliminate sampling system
pH (Sect. 8.8)	Glass membrane develops emf. prop. to H <sub>2</sub> ion concentration	✓			E-G	C	S	Moderate	In-Line Possible
Moisture Analyzers (Sect. 8.9, 10 & 11)	Latent Heat of Water		✓		F	C & D.C.	S	Low for D.C., Moderate for C.	
	Dimension change of Fiber		✓		P	C	S	Moderate	
	Solution Conductivity		✓		F	C	S	Moderate	
	Surface Conductivity		✓		E-G	C	S	Low	
	Color Change		✓		P	D.C.	S	Low	Detects Moisture in excess of a limit

Table VIII (Continued)

Type	Principle of Operation	Sample Phase			Accuracy	Continuous Semi-Continuous or Discontinuous	Specific or Non-Specific	Maintenance	Special Features
		Liquid	Gas	Solid					
Moisture Analyzers (Sect. 8.9, 10 & 11) Continued	Electrolysis of Water	✓	✓		E-G	C	S	Moderate	Special Sampling for liquids
	Change of Sample Dielectric Constant	✓	✓	✓	E-G Fair for Solids	C	S	Low	
	Change of Probe Impedance	✓	✓		E-G	C	S	Low	
	Oscillating Frequency of a crystal changes with moisture content		✓		E-G	C	S	Moderate	
	Heat of adsorption	✓	✓		G	C	S	Moderate	Special Sampling for liquids
	Infra-red energy absorbed by sample	✓		✓	G	C	S	Moderate	
	Micro-wave energy absorbed by sample	✓		✓	G	C	S	Low	
	Neutron Moderation	✓		✓	E	C	N.S.	Low	Density Measure- ment included
Turbidity (Sect. 8.12)	Light Attenuation	✓			G	C	N.S.	Moderate	
	Light Scattering	✓			G	C	N.S.	Low	
Consistency (Sect. 8.13)	Shear force on a shaped sensor	✓			F	C	N.S.	Moderate	
	Differential pressure in a flow bridge	✓			G	C	N.S.	Moderate	
Molecular Weight (Sect. 8.14)	Osmotic Pressure	✓			F	D.C.	N.S.	Moderate	
	Vapor Pressure Lowering	✓			F	D.C.	N.S.	Moderate	
	Viscosity	✓			F	D.C.	N.S.	Low	
	Light Scattering	✓			E-G	D.C.	N.S.	Low	
	Chromatographic sorting of molecules by size (Gel Permeation)	✓			E-G	S.C. & D.C.	N.S.	Moderate	On Stream Measurement possible
	Molecules magnified to visible size by an electron microscope	✓		✓	E	D.C.	N.S.	Moderate	
	Sorting of molecules by centrifugal forces	✓			F	D.C.	N.S.	Low	Independent viscosity meas- urement required
	Count number of distinct atom groups in a sample of known molecular structure	✓			E-G	D.C.	S	—	
Conductivity (Sect. 8.15)	Measure Resistance of sample between electrodes of known area & spacing	✓			E-G	C	N.S.	Low	
	Electrical coupling by the sample of two coils	✓			G	C	N.S.	Low	

E-excellent  
G-good  
F-fair  
P-poor

C-continuous  
S.C.-semi-continuous  
D.C.-discontinuous  
S-specific  
N.S.-non-specific

XI.- LITERATURA CONSULTADA

- 1.- Lipták G. Béla.- INSTRUMENT ENGINEERS' HANDBOOK.-  
Chilton Book Company, 1969, U.S.A.
- 2.- Rhodes, T. y Carrol, G.C.- INDUSTRIAL INSTRUMENTS FOR  
MEASUREMENT AND CONTROL, 2nd. Ed., McGraw-Hill Book Co.  
1972, U.S.A.
- 3.- Holzbock, W.C.- INSTRUMENTS FOR MEASUREMENT AND CONTROL,  
2nd. Ed., Reinhold Publishing Corp., 1962, U.S.A.

# Expression of the Uncertainties of Final Results

Clear statements of the uncertainties of reported values are needed for their critical evaluation.

Churchill Eisenhart

Measurement of some property of a thing in practice always takes the form of a sequence of steps or operations that yield as an end result a number that serves to represent the amount or quantity of some particular property of a thing—a number that indicates how much of this property the thing has, for someone to use for a specific purpose. The end result may be the outcome of a single reading of an instrument, with or without corrections for departures from prescribed conditions. More often it is some kind of average, for example, the arithmetic mean of a number of independent determinations of the same magnitude, or the final result of a least squares "reduction" of measurements of a number of different magnitudes that bear known relations with one another in accordance with a definite experimental plan. In general, the purpose for which the answer is needed determines the precision or accuracy required and ordinarily also the method of measurement employed.

Although the accuracy required of a reported value depends primarily on the *intended* use, or uses, of the value, one should not ignore the requirements of other uses to which it is likely to be put. A reported value whose accuracy is entirely unknown is worthless.

Strictly speaking, the actual *error* of a reported value, that is the magnitude and sign of its deviation from the truth (1), is usually unknowable. Limits to this error, however, can usually be inferred—with some risk of being incorrect—from the precision of the measurement process by which the reported value was obtained, and from reasonable limits to the possible bias of the measurement process. The *bias*, or *systematic error*, of a measurement proc-

ess is the magnitude and direction of its tendency to measure something other than what was intended; its *precision* refers to the typical closeness together of successive independent measurements of a single magnitude generated by repeated applications of the process under specified conditions; and its *accuracy* is determined by the closeness to the true value characteristic of such measurements.

Precision and accuracy are inherent characteristics of the measurement process employed and not of the particular end result obtained. From experience with a particular measurement process and knowledge of its sensitivity to uncontrolled factors, one can often place reasonable bounds on its likely systematic error (bias). It is also necessary to know how well the particular value in hand is likely to agree with other values that the same measurement process might have provided in this instance, or might yield on remeasurement of the same magnitude on another occasion. Such information is provided by the estimated *standard error* (2) of the reported value, which measures (or is an index of) the characteristic disagreement of repeated determinations of the same quantity by the same method, and thus serves to indicate the precision (strictly, the imprecision) of the reported value (3).

## Four Distinct Forms of Expression Needed

The uncertainty of a reported value is indicated by stating credible limits to its likely inaccuracy. No single form of expression for these limits is universally satisfactory. In fact, differ-

ent forms of expression are recommended, which will depend on the relative magnitudes of the imprecision and likely bias, and their relative importance in relation to the intended use of the reported value, as well as to other possible uses to which it may be put (4).

Four distinct cases need to be recognized: (i) both systematic error and imprecision negligible, in relation to the requirements of the intended and likely uses of the result; (ii) systematic error not negligible, imprecision negligible; (iii) neither systematic error nor imprecision negligible; and (iv) systematic error negligible, imprecision not negligible.

Specific recommendations with respect to each of these cases are made below. General guidelines upon which these specific recommendations are based are discussed in the following paragraphs.

## Perils of Shorthand Expressions

Final results and their respective uncertainties should be reported in sentence form whenever possible. The shorthand form " $a \pm b$ " should be avoided in abstracts and summaries; and never used without explicit explanation of its connotation. If no explanation is given, many persons will take  $\pm b$  to signify bounds to the inaccuracy of  $a$ . Others may assume that  $b$  is the "standard error," or the "probable error," of  $a$ , and hence the uncertainty of  $a$  is at least  $\pm 3b$ , or  $\pm 4b$ , respectively. Still others may take  $b$  to be an indication merely of the imprecision of the individual measurements, that is, to be the "standard deviation," or the "average deviation," or the "probable error" of a single observation. Each of these interpretations reflects a practice of which instances can be found in current scientific literature. As a step in the direction of reducing this current confusion, it is recommended that the use of " $a \pm b$ " in presenting results be limited to that sanctioned for the case of tabular results in the fourth recommendation of the section below headed "Systematic error not negligible, imprecision negligible."

The author is a senior research fellow and former chief of the Statistical Engineering Laboratory at the National Bureau of Standards, Washington, D.C. 20234. The recommendations presented in this paper have evolved at the Bureau over a period of many years and are made public here for general information, and to elicit comments and suggestions.

## Imprecision and Systematic Error Require Separate Treatment

Since imprecision and systematic error are distinctly different components of inaccuracy, and are subject to different treatments and interpretations in usage, two numerics respectively expressing the imprecision and bounds to the systematic error of the reported result should be used whenever both of these errors are factors requiring consideration. Such instances are discussed in the section below for the case of "Neither systematic error nor imprecision negligible."

In quoting a reported value and its associated uncertainty from the literature, the interpretation of the uncertainty quoted should be stated if given by the author. If the interpretation is not known, a remark to this effect is in order. This practice may induce authors to use more explicit formulations of their statements of uncertainty.

## Standard Deviation and Standard Error

The terms *standard deviation* and *standard error* should be reserved to denote the canonical values for the measurement process, based on considerable recent experience with the measurement process or processes involved. When there is insufficient recent experience, an estimate of the standard error (standard deviation) must of necessity be computed by recognized statistical procedures from the same measurements as the reported value itself. To avoid possible misunderstanding, in such cases, the term "computed (or estimated) standard error" ("computed standard deviation") should be used. A formula for calculating this computed standard error is given in the section below for the case of "Neither systematic error nor imprecision negligible."

## Uncertainties of Accepted Values of Fundamental Constants or Primary Standards

If the uncertainty in the accepted value of a national primary standard or of some fundamental constant of nature (for example, in the volt as maintained at the National Bureau of Standards, or in the acceleration of gravity  $g$  on the Potsdam basis) is an important source of systematic error affecting the measurement process, no allowance for

possible systematic error from this source should be included ordinarily in evaluating overall bounds to the systematic error of the measurement process. Since the error concerned, whatever it is, affects all results obtained by the method of measurement involved, to include an allowance for this error would be to make everybody's results appear unduly inaccurate relative to each other. In such instances one should state: (i) that measurements obtained by the process concerned are expressed in terms of the volt (or the kilogram, or other unit) "as maintained at the National Bureau of Standards," or (ii) that the indicated bounds to the systematic error of the process are exclusive of the uncertainty of the stated value adopted for some particular constant or quantity. An example of the latter form of statement is:

... neglecting the uncertainty of the value  $6.6256 \times 10^{-21}$  joule seconds adopted for Planck's constant.

## Systematic Error and Imprecision Both Negligible

In this case the reported result should be given, after rounding, to the number of significant figures consistent with the accuracy requirements of the situation, together with an explicit statement of its accuracy. An example is:

... the wavelengths of the principal visible lines of mercury-198 have been measured relative to the 6057.802106 Å (angstrom units) line of krypton-98, and their values in vacuum are

5792.2685 Å  
5771.1984 Å  
5462.2706 Å  
4359.5625 Å  
4047.7146 Å

correct to eight significant figures.

It needs to be emphasized that if no statement of accuracy or precision accompanies a reported number, then, in accordance with the usual conventions governing rounding, this number will ordinarily be interpreted as being accurate within  $\pm \frac{1}{2}$  unit in the last significant figure given; that is, it will be understood that its inaccuracy before rounding was less than  $\pm 5$  units in the next place. The statement "correct to eight significant figures" is included explicitly in the foregoing example, rather than left to be understood in order to forestall any concern that an explicit statement of lesser accuracy was inadvertently omitted.

## Systematic Error Not Negligible, Imprecision Negligible

When the imprecision of a result is negligible, but the inherent systematic error of the measurement process concerned is not negligible, then the following rules are recommended:

1) Qualification of a reported result should be limited to a single quasi-absolute type of statement that places bounds on its inaccuracy.

2) These bounds should be stated to no more than two significant figures.

3) The reported result itself should be given (that is, rounded) to the last place affected by the stated bounds (unless it is desired to indicate and preserve such relative accuracy or precision of a higher order that it may possess for certain particular uses).

4) Accuracy statements should be given in sentence form in all cases, except when a number of results of different accuracies are presented, for example, in tabular arrangement. If it is necessary or desirable to indicate the respective accuracies of a number of results, the results should be given in the form  $a \pm b$  (or  $a \pm \frac{b}{c}$ , if necessary) with an appropriate explanatory remark (as a footnote to the table, or incorporated in the accompanying text) to the effect that the  $\pm b$ , or  $\pm \frac{b}{c}$ , signify bounds to the systematic errors to which the  $a$ 's may be subject.

5) The fact that the imprecision is negligible should be stated explicitly.

The particular form of the quasi-absolute type of statement employed in a given instance will depend ordinarily on personal taste, experience, current and past practice in the field of activity concerned, and so forth. Some examples of good practice are:

... is (are) not in error by more than 1 part in ( $x$ ).

... is (are) accurate within  $\pm (x)$  units [or  $\pm (x)$  percent].

... is (are) believed accurate within ( $\dots$ ).

Positive wording, as in the first two of these quasi-absolute statements, is appropriate only when the stated bounds to the possible inaccuracy of the reported value are themselves reliably established. However, when the indicated bounds are somewhat conjectural, it is desirable to signify this fact (and put the reader on guard) by inclusion of some modifying expression such as "believed," "considered," "estimated to be," "thought to be," and



so forth, as exemplified by the third of the foregoing examples.

The term *uncertainty* may sometimes be used effectively to achieve a conciseness of expression otherwise difficult or impossible to attain. Thus, one might make a statement such as:

The uncertainties in the above values are not more than  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  in the range  $0^\circ\text{C}$  to  $1100^\circ\text{C}$ , and then increase to  $\pm 2^\circ\text{C}$  at  $1450^\circ\text{C}$ ,

or

The uncertainty in this value does not exceed . . . excluding (or, including) the uncertainty of . . . in the value . . . adopted for the (reference standard involved).

A statement giving numerical limits of uncertainty as in the above should be followed by a brief discussion telling how the limits were derived.

Finally, the following forms of quasi-absolute statements are considered poor practice, and are to be avoided:

- The accuracy of . . . is 5 percent.
- The accuracy of . . . is  $\pm 2$  percent.

These are presumably intended to mean that the result concerned is not inaccurate, that is, not in error, by more than 5 percent or 2 percent, respectively, but they explicitly state the opposite.

### Neither Systematic Error Nor Imprecision Negligible

When neither the imprecision nor the systematic error of a result are negligible, then the following rules are recommended:

1) A reported result should be qualified by a quasi-absolute type of statement that places bounds on its systematic error, and a separate statement of its standard error or its probable error, or of an upper bound thereto, whenever a reliable determination of such value or bound is available. Otherwise a computed value of the standard error, or, probable error, so designated, should be given together with a statement of the number of degrees of freedom on which it is based.

2) The bounds to its systematic error and the measure of its imprecision should be stated to no more than two significant figures.

3) The reported result itself should be stated at most to the last place affected by the finer of the two qualifying statements (unless it is desired to indicate and preserve such relative accuracy or precision of a higher order

that it may possess for certain particular uses).

4) The qualification of a reported result with respect to its imprecision and systematic error should be given in sentence form, except when results of different precision or with different bounds to their systematic errors are presented in tabular arrangement. If it is necessary or desirable to indicate their respective imprecisions or bounds to their respective systematic errors, such information may be given in a parallel column or columns, with appropriate identification.

Here, and in the next section, the term *standard error* is to be understood as signifying the standard deviation of the reported value itself, not as signifying the standard deviation of the single determination (unless, of course, the reported value is simply the result of a single determination).

The above recommendations should not be construed to exclude the presentation of a quasi-absolute type of statement placing bounds on the inaccuracy, that is, on the overall uncertainty, of a reported value, provided that separate statements of its imprecision and its possible systematic error are included also. To be in good taste, the bounds indicating the overall uncertainty should not be numerically less than the corresponding bounds placed on the systematic error outwardly increased by at least three times the standard error. The fourth of the following examples of good practice is an instance at point:

The standard errors of these values do not exceed 0.000004 inch, and their systematic errors are not in excess of 0.00002 inch.

The standard errors of these values are less than ( $x$  units), and their systematic errors are thought to be less than  $\pm$  ( $y$  units). No additional uncertainty is assigned for the conversion to the chemical scale since the adopted conversion factor is taken as 1.000275 exactly.

. . . with a standard error of ( $x$  units), and a systematic error of not more than  $\pm$  ( $y$  units)

. . . with an overall uncertainty of  $\pm 3$  percent based on a standard error of 0.5 percent and an allowance of  $\pm 1.5$  percent for systematic error.

When a reliably established value for the relevant standard error is available, and the dispersion of the present measurements is in keeping with this experience, then this canonical value of the standard error should be used (5). If such experience indicates that the standard error is subject to fluctuations

greater than the intrinsic variation of such a measure, then an appropriate upper bound should be given, for example, as in the first two of the above examples, or by changing "a standard error . . ." in the third and fourth examples to "an upper bound to the standard error . . ."

When there is insufficient recent experience with the measurement processes involved, an estimate of the standard error must of necessity be computed by recognized statistical procedures from the same measurements as the reported value itself. It is essential that such computations be carried out according to an agreed-upon standard procedure, and the results thereof presented in sufficient detail to enable the reader to form his own judgment, and make his own allowances for their inherent uncertainties. To avoid possible misunderstanding, in such cases, first, the term *computed standard error* should be used; second, the estimate of the standard error employed should be that obtained from

$$\text{estimate of standard error} = \left( \frac{\text{sum of squared residuals}}{n'} \right)^{1/2}$$

where  $n$  is the (effective) number of completely independent determinations of which  $a$  is the arithmetic mean (or other appropriate least-squares adjusted value) and  $\nu$  is the number of degrees of freedom involved in the sum of squared residuals (that is, the number of residuals minus the number of fitted constants or other independent constraints on the residuals); and third, the number of degrees of freedom should be explicitly stated. If the reported value  $a$  is the arithmetic mean, then:

$$\text{estimate of standard error} = (s^2/n)^{1/2}$$

where

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - a)^2}{(n - 1)}$$

and  $n$  is the number of completely independent determinations of which  $a$  is the arithmetic mean. For example:

. . . which is the arithmetic mean of ( $n$ ) independent determinations and has a standard error of . . .

. . . with an overall uncertainty of  $\pm 5.2$  km/sec based on a standard error of 1.5 km/sec and estimated bounds of  $\pm 0.7$  km/sec on the systematic error. (The figure 5.2 is equal to 0.7 plus 3 times 1.5)

or, if based on a computed standard error,

The computed probable error (or, standard error) of these values is ( $x$  units),

based on ( $\nu$ ) degrees of freedom, and the systematic error is estimated to be less than  $\pm$  ( $y$  units).

... with an overall uncertainty of  $\pm 7$  km/sec derived from bounds of  $\pm 0.7$  km/sec on the systematic error and a computed standard error of 1.5 km/sec based on 9 degrees of freedom. [The number 7 is approximately equal to  $0.7 + (4.3 \times 1.5)$ , where 4.3 is the value of Student's  $t$  for 9 degrees of freedom exceeded in absolute value with 0.002 probability. As  $\nu \rightarrow \infty$ ,  $t_{0.002}(\nu) \rightarrow 3.090$ .]

When the reported value is the result of a complex measurement process and is obtained as a function of several quantities whose standard errors have been computed, these several quantities and their standard errors should usually be reported, together with a description of the method of computation by which the standard errors were combined to provide an overall estimate of imprecision for the reported value.

### Systematic Error Negligible, Imprecision Not Negligible

When the systematic error of a result is negligible but its imprecision is not, the following rules are recommended:

1) Qualification of a reported value should be limited to a statement of its standard error or of an upper bound thereto, whenever a reliable determination of such value or bound is available. Otherwise a computed value of the standard error, so designated, should be given together with a statement of the number of degrees of freedom on which it is based.

2) The standard error or upper bound thereto, should be stated to not more than two significant figures.

3) The reported result itself should be stated at most to the last place affected by the stated value or bound to its imprecision (unless it is desired to indicate and preserve such relative precision of a higher order that it may possess for certain particular uses).

4) The qualification of a reported result with respect to its imprecision should be given in sentence form, except when results of different precision are presented in tabular arrangement and it is necessary or desirable to indicate their respective imprecisions in which event such information may be given in a parallel column or columns, with appropriate identification.

5) The fact that the systematic error is negligible should be stated explicitly.

The above recommendations should not be construed to exclude the pres-

entation of a quasi-absolute type of statement placing bounds on its possible inaccuracy, provided that a separate statement of its imprecision is included also. To be in good taste, such bounds to its inaccuracy should be numerically equal to at least three times the stated standard error. The fourth of the following examples of good practice is an instance at point.

The standard errors of these values are less than ( $x$  units).

... with a standard error of ( $x$  units).

... with a computed standard error of ( $x$  units) based on ( $\nu$ ) degrees of freedom.

... with an overall uncertainty of  $\pm 4.5$  km/sec derived from a standard error of 1.5 km/sec. (The figure 4.5 is equal to  $3 \times 1.5$ .)

or, if based on a computed standard error,

... with an overall uncertainty of  $\pm 6.5$  km/sec derived from a computed standard error of 1.5 km/sec (based on 9 degrees of freedom). (The number 6.5 is equal to  $4.3 \times 1.5$ , where 4.3 is the value of Student's  $t$  for 9 degrees of freedom exceeded in absolute value with 0.002 probability. As  $\nu \rightarrow \infty$ ,  $t_{0.002}(\nu) \rightarrow 3.090$ .)

The remarks with regard to a computed standard error in the preceding section apply with equal force to the last two examples above.

### Conclusion

The foregoing recommendations call for fuller and sharper detail than is general in common practice. They should be regarded as minimum standards of good practice. Of course, many instances require fuller treatment than that recommended here.

Thus, in the case of determinations of the "fundamental physical constants" and other basic properties of nature, the author or authors should give a detailed account of the various components of imprecision and systematic error, and list their respective individual magnitudes in tabular form, so that (i) the state of the art will be more clearly revealed, (ii) each individual user of the final result may decide for himself which of the indicated components of imprecision or systematic error are, or are not, relevant to his use of the final result, and (iii)—most important—the final result itself or its uncertainty can be modified appropriately in the light of later advances. This is, and has long been, the practice followed in the best reports of fundamental studies, but current efforts to

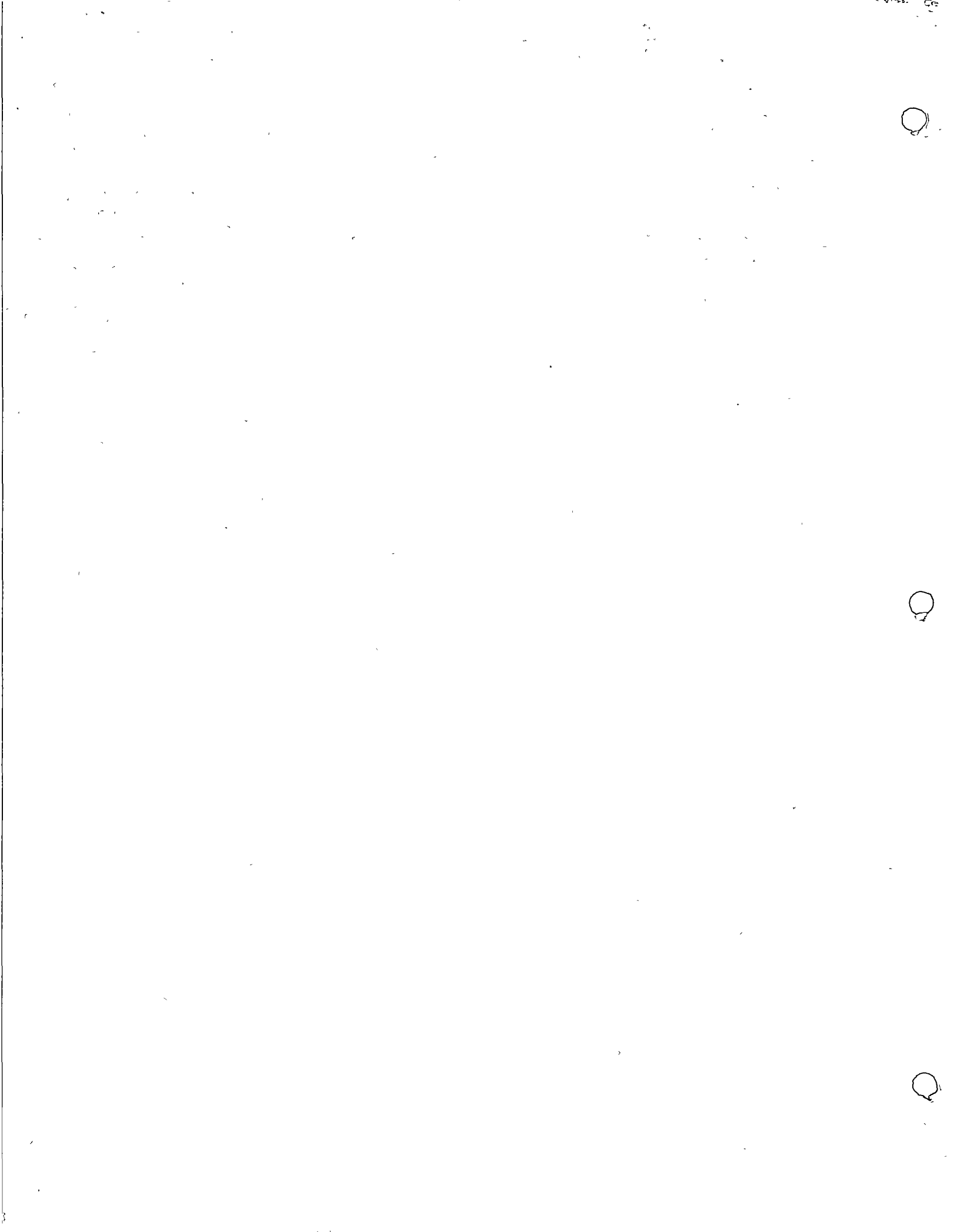
prepare critically evaluated standard reference data have revealed that far too great a fraction of the data in the scientific literature "cannot be critically evaluated because the minimum of essential information is not present" (6).

### References and Notes

1. The true value defined conceptually by an exemplar measurement process, or the target value intended in a practical measurement process.
2. The standard error is the standard deviation of the probability distribution of estimates (that is, reported values) of the quantity that is being measured. See M. G. Kendall and W. R. Buckland, *A Dictionary of Statistical Terms* (Hafner, New York, 1957).
3. For a comprehensive discussion on precision and accuracy, and a selected bibliography of 80 references, see C. Eisenhart, "Realistic Evaluation of the Precision and Accuracy of Instrument Calibration Systems" *J. Res. Nat. Bur. Std.* 67C, No. 2, 161-187 (1963). (Reprints are available upon request.)
4. The essential elements of the present recommendations first appeared in a 1955 National Bureau of Standards task group report prepared principally by Malcolm W. Jensen (Office of Weights and Measures), Leroy W. Tilton (Optics and Metrology Division), and Churchill Eisenhart (Applied Mathematics Division), which was based for the most part on detailed recommendations developed some years earlier by Dr. Tilton for the internal guidance of the Optics and Metrology Division. In September 1961, new introductory material was added to the recommendations of the 1955 task group; a few minor changes were made in the illustrative examples, and the resulting revised version was circulated as a working paper of the Subcommittee on Accuracy Statements of the NBS Testing and Calibration Committee. This 1961 version was incorporated without essential change as chapter 23, "Expression of the Uncertainties of Final Results," of NBS Handbook 91, *Experimental Statistics* (U.S. Government Printing Office, Washington, 1963), reprinted with corrections in 1966. (This handbook brought together in a single volume the material on experimental statistics prepared at the National Bureau of Standards for the U.S. Army Ordnance Engineering Design Handbook, and printed in 1962 for limited distribution as U.S. Army Ordnance Corps Pamphlets ORDP 20-110 through 20-114. Subsequently, when these five pamphlets became parts of the AMC Engineering Design Handbook, they were designated Army Materiel Command Pamphlets AMCP 706-110 through 706-114.)
5. In the present version, the content of chapter 23 has been rearranged and, in order to be more appropriate to calibration work, more explicit consideration has been given to the case where the value of the standard deviation  $\sigma$  of the measurement process involved has been well established by recent past experience. A terse summary of the principal recommendations of the present paper in the form of a text figure (Fig. 1) is contained in H. H. Ku "Expressions of Imprecision, Systematic Error, and Uncertainty Associated with a Reported Value," to be published in *Measurements and Data*. The earlier versions were addressed primarily to the case of isolated experiments or tests, where the relevant value of  $\sigma$  is usually unknown in advance, and the statistical uncertainty of the final results must therefore be expressed entirely in terms of quantities derived from the data of the experiment itself.
6. L. M. Branscomb, "The misinformation explosion: Is the literature worth reviewing?" a talk presented to the Philosophical Society of Washington, 17 November 1967, and to be published in *Scientific Research*.

BASIC - PRECEPTS OF SCIENCE

- MURPHEY'S LAW      If anything can go wrong, it will.
- PATRICK'S THEOREM      If the experiment works, you must be using the wrong equipment.
- SKINNER'S CONSTANT      That quantity, which, when multiplied times, divided into, added to, or subtracted from the answer you got, gives the answer you should have gotten.
- HORNER'S FIVE THUMB POSTULATE      Experience varies directly with equipment ruined.
- FLAGE'S LAW OF PERVERSITY OF INANIMATE OBJECTS      Any inanimate object, regardless of its composition, or configuration, may be expected to perform at any time in a totally unexpected manner for reasons that are either totally obscure or completely mysterious.
- ALLEN'S AXIOM      When anything else fails, read the instructions.
- THE SPARE PARTS PRINCIPLE      The accessibility during recovery of small parts which fall from the work bench, varies directly with the size of the part and inversely with its importance for the completion of the experiment underway.
- THE COMPENSATION COROLLARY      The experiment may be considered a success if no more than 50% of the observed measurements must be discarded to obtain a correspondence with theory.
- GUMPERSON'S LAW      The probability of an event occurring is inversely proportional to its desirability.
- THE ORDERING PRINCIPLE      Those supplies necessary for yesterday's experiment must be ordered no later than tomorrow morning.
- THE ULTIMATE PRINCIPLE      By definition, when you are investigating the unknown, you do know what you will find.
- THE FUTILITY FACTOR      No experiment is ever a complete failure..... it can always serve as an example.



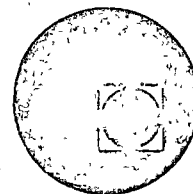
tudo este trabajo, proyectos base, parámetros y metros son ahora puestos a la disposición de comités ad-hoc en donde se deliberará para llegar a las normas finales. Obviamente el apoyo científico y tecnológico en este modelo es muy eficaz. No así la confrontación con la necesidad directa de los usuarios, sobre todo, de los usuarios finales. Lo mismo puede decirse de la competencia que es muy reducida, en algunos casos, tal vez inexistente. Si la calidad es la medida en la que los productos alcanzan las exigencias del uso o consumo, ya se ve que ni estas exigencias están planteadas estrictamente, ni tampoco hay una competencia intensa para lograr de una mejor manera el cumplimiento de las mismas.

2.2 Normalización semiestatal centralizada. - Es el modelo del Japón, en el que de hecho el Estado aborda el proceso de normalización prácticamente en todos sus niveles. De una parte, establecidos tantos comités de normalización como se requieran, el órgano central de normalización conduce el secretariado técnico de todos ellos. Por otra parte, el propio órgano central, a partir de los planes estatales encarga a instituciones de investigación de productores, la formulación de los proyectos base. Conocidos estos igualmente encarga estudios de investigación paramétrica según las necesidades y, en fin, conduce las investigaciones fundamentales metrológicas que se requieren. La normalización en Japón incluye además el trabajo independiente y autónomo que realizan cientos de instituciones y organismos de fabricantes, incluso de empresas individuales muy desarrolladas. En este modelo,





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



METROLOGIA Y NORMALIZACION BASICA

LA NORMALIZACION Y SUS IMPLICACIONES ECONOMICAS.

ING. GUILLERMO FERNANDEZ DE LA GARZA  
ING. MANUEL MARIN GONZALEZ.

## LA NORMALIZACION Y SUS IMPLICACIONES ECONOMICAS

Ing. Manuel Marín González  
Jefe de la Unidad de Normaliza-  
ción Básica del Consejo Nacional  
de Ciencia y Tecnología

Ing. Guillermo Fernández de la  
Garza, Director Adjunto de Ser-  
vicios de Apoyo, Consejo Na cio-  
nal de Ciencia y Tecnología.

Las implicaciones económicas de la normalización son múltiples, aquí so-  
lamente nos referiremos a tres aspectos fundamentales, el costo de la ca-  
lidad, el costo de los errores y, principalmente, la optimización de la ca-  
lidad. Se concluirá, por una parte, la importancia que tiene el abordamien-  
to integrado de la calidad, vale decir, la investigación, definición, control,  
diseño y desarrollo de la calidad, llamando la atención sobre la importan-  
cia que tiene para acelerar este proceso de integración la adecuada utiliza-  
ción de los servicios internacionales de asistencia técnica, por ejemplo, el  
que ofrece la Agencia para el Desarrollo Internacional conjuntamente con el  
NBS y, por otra parte, la responsabilidad que la gerencia tiene sobre la  
puesta en obra de ese abordamiento integrado, responsabilidad que es la au-  
téntica tarea de la ciencia.

1. Costo de la calidad.- Ya que existe una relación directa entre calidad  
y valor de mercancías, la calidad puede establecerse conforme a la po-  
tencialidad económica del mercado, es decir, la calidad puede ser dise-  
ñada. Se desprende de aquí que en los países en vías de desarrollo las  
calidades necesariamente son bajas, en la medida en la que los poderes  
adquisitivos son igualmente reducidos. Se infiere también que el control  
de calidad y, más aún, su diseño y mejoramiento, son cosas suntuarias  
que solo se justifican a partir de determinados niveles de desarrollo.  
Sin rectificar el principio de la relación calidad - valor, hacemos una



importante aclaración. La calidad no es algo unilateral, no está en la fineza de un producto, misma de la que definitivamente es función directa el valor. La calidad, estrictamente, es la medida en la que el producto alcanza las exigencias del uso del mismo, lo que, por supuesto, solo se obtiene por una consciente determinación, por la definición, control, diseño y aún desarrollo de la calidad de la producción.

1.1 Según una afirmación hecha en el II Congreso de Control de Calidad, México pierde  $21 \times 10^9$  pesos anualmente por concepto de falta de calidad. Esta cantidad, sin embargo, tan solo representa el monto de los rechazos hechos por usuarios conscientes de la calidad. No se incluyen costos del control de calidad, ni mucho menos los verdaderos costos de la calidad, el de aquellos productos que no alcanzan las exigencias del consumidor y que frecuentemente este no rechaza por falta de conciencia plena de la calidad y de su propia responsabilidad para exigirla. Analicemos mejor esta situación. Tomemos un ejemplo de introducción de un sistema de control de calidad en una empresa que no lo tenía. Esto nos mostrará el costo de la calidad.

1.2 Cuando la producción sale al mercado sin haber hecho esfuerzos específicos de ninguna clase para controlar su calidad, es decir, sin gastar nada más que lo ordinario del propio costo de materias primas, mano de obra, utilización del equipo, etc., el hecho de que no se gaste nada en un esfuerzo consciente adicional de control no significa que la calidad no cueste. Por el contrario es esta la condición

del máximo costo de la calidad. La calidad cuesta tanto como resulta discrepante el producto de las exigencias del uso en el mercado. Lo que pasa es que la falta de calidad necesariamente se suple con un uso excedente de unidades de producción. Según datos de un caso concreto en el que se introduce por primera vez el control de calidad, el estudio previo justificativo de la introducción del control señala que de los productos que están saliendo al mercado solo el 54% corresponde a las especificaciones de la norma tomada como referencia. El 46% restante, en consecuencia, son productos por los que se está pagando en el mercado sin que propiamente satisfagan las exigencias del mismo. Significa esto que propiamente ese mercado está pagando 1.85 por cada peso de calidad que recibe, vale decir, el costo de la calidad es altísimo, independientemente de que no se tenga conciencia de él. Sin embargo, esto significa también que estamos pagando casi el doble por la satisfacción de nuestras necesidades, es decir, lo que aparentemente quisiéramos evitar por considerarlo sumatorio, por el contrario implica para nosotros un altísimo costo, "lo barato cuesta caro". Un estudio previo como este se justifica plenamente porque ofrece ya la medida rigurosa del costo excedente de la calidad por falta de cumplimiento de las exigencias del mercado. La identificación es útil porque permite ver hasta donde puede llegar el costo de nuestros esfuerzos posibles, nos permite apreciar el verdadero margen dentro del que podemos insertar nuestro sistema de control.

1.3 Como consecuencia se nos ocurre establecer la inspección, impedir que salgan al mercado los artículos defectuosos. Si nosotros evitáramos esto totalmente, es decir, si aplicáramos una inspección rigurosa e impidiéramos la salida de la totalidad de los artículos defectuosos, teóricamente el sistema no estaría gastando nada más, lo único que estaría ocurriendo sería que habríamos transferido el costo de la falta de calidad del usuario al productor. Sin embargo el propio esfuerzo que se requeriría para hacer esto implicaría también gastos que se agregarían. Un procedimiento estadístico nos permite identificar un nivel de confiabilidad que podríamos introducir de pronto aprovechando sin rebasar el actual costo de la falta de calidad. Por ejemplo podríamos establecer un sistema cuyos gastos de normalización, consistentes simplemente en la selección de las normas adecuadas, fuera del orden del .2% del volumen de la producción, y un control, que incluyera inspecciones y verificaciones, del orden del 6% del propio volumen de la producción. Con este procedimiento dentro de la propia empresa productora se rechaza un 20.8% de la producción, cifra que incluye tanto el material que haya de desecharse cuanto el costo del reproceso posible. Con este mecanismo la proporción de producción defectuosa que sale al mercado se reduce al 19%. En este sistema que en términos absolutos seguiría - teniendo exactamente el mismo valor en el mercado, es decir, el - 46% del volumen de producción fue un gasto para asegurar la calidad, vale decir el mercado seguirá pagando 1.85 por cada peso de cali-

dad, pero en cambio la seguridad, la confiabilidad en los productos que están en el mercado ascendió a 81%.

- 1.4 Por este procedimiento en el caso concreto que tratamos, llegamos hasta una condición óptima en la que en el mercado la probabilidad de productos defectuosos se redujo ya hasta el 4%, esto fue posible con un control que se eleva hasta el 10.3% y una normalización que se lleva hasta el .62%, en tanto que los rechazos dentro de las empresas son del 5%. El valor que ahora paga el mercado se redujo hasta el 1.25.
- 1.5 La gran reducción que hemos logrado nos anima ahora hasta incluir dentro de la propia empresa productiva el trabajo de investigación, para ahora no solamente controlar sino que podamos diseñar, y aún desarrollar la calidad, el verdadero concepto de la investigación y desarrollo de productos. Esto lo hemos de efectuar ahora procurando que los gastos de control se mantengan en el mismo nivel de 10.3% si bien necesariamente ahora, dadas las mayores exigencias, los rechazos internos aumentarán. Con todo, manteniendo una confiabilidad en el mercado de un 93%, el valor de la calidad es de 151%. En otros términos el resultado final consiste en que a pesar de haber reducido el valor de la calidad desde 183% hasta 151%, podemos no solamente aumentar la confiabilidad en la producción desde 54% hasta 93% y no solo, sino que aún tenemos dentro de la empresa productiva la labor investigadora.

2. Costo de los errores. - La teoría de los errores es uno de los temas fundamentales de la metrología. Los errores pueden ser comunes o excepcionales. Estos últimos corresponden a equivocaciones en el uso de los equipos y procedimientos de medición. Los primeros son inherentes al proceso de medición, es decir, son imputables al propio sistema. Pueden ser de dos tipos, por exactitud o por precisión no adecuadas. Es sabido que la exactitud es el mayor o menor alejamiento de la norma permitida y la precisión es la dispersión correspondiente una vez establecida la exactitud. Evidentemente ambas, no establecidas adecuadamente o no cumplidas, implicarán enormes gastos. Y esto no se refiere tan solo a parámetros tan evidentes como el peso, o el volumen, el área o longitud, corresponde realmente a todos los parámetros. En todos los casos el error en las mediciones significa dar más o menos calidad de la adecuada o acordada. En el punto anterior vimos ya el costo de la calidad. Es en relación con este concepto que hacemos la presente afirmación. También aquí resulta evidente el aserto referido a una pureza del producto, por ejemplo, la pureza de un cobre para conductores, pero el concepto es igualmente efectivo aún tratándose de parámetros físicos, como la conductividad eléctrica o la resistencia a la tensión, etc., digamos, la conductividad eléctrica que es correlativa con la pureza del material, si bien reflejándose en el producto terminado la pureza, se agregan aún los procesos mecánicos de laminación y estirado y los procesos térmicos de recocido y normalizado. Consecuentemente es más costoso un error de medida en la conductividad eléctrica que en la pureza del

material. También puede pensarse que el error tendría muy pequeño valor. Aunque relativamente podría ser realmente pequeño el error, en las altas producciones el valor absoluto puede ser gigantesco. Por ejemplo, en dimensiones suelen aceptarse errores de 0.1%. Si se toma en cuenta que los pedidos comunes de las empresas importantes se miden en kilómetros, los errores aparecerán del orden de metros, pero si son medidos en la conductividad el error es de miles de pesos. El Dr. Deming, artífice de la introducción del control de calidad en el Japón, aborda el estudio de la discriminación de errores comunes y extraordinarios en "algunas ayudas estadísticas hacia la producción económica"; papel que forma parte del último curso NBS/AIA, mediante la presentación de dos ejemplos muy apropiados.

2.1 El nivel central del control.— El control de calidad se define como la medición sistemática del valor de una variable o el individual de una serie y la acción correctiva para procurar que tal valor se mantenga dentro de límites previamente establecidos. En esta virtud la atención de los técnicos y en general de los operadores del control se restringe a asegurar que los valores en cuestión se mantengan dentro de los límites y poco o nada se preocupan del aspecto de la línea control, vale decir del lugar geométrico de  $\bar{X}$  que no otra cosa es la línea quebrada que registra el control. Los valores que están por arriba del UCL y los que están por abajo del LCL son errores extraordinarios, verdaderos errores imputables al trabajador, a la máquina, etc. Pero la amplitud de las variaciones de la línea quebra

da o lugar geométrica  $\bar{X}$  no pueden ser imputados más que al sistema mismo, y este error es mucho más costoso que el primero y, lo que es peor, es imputable única y exclusivamente al sistema, en primer lugar a la gerencia, a la gerencia científica por supuesto. Es la falla del diseño adecuado del sistema de control. Cartas de control con grandes amplitudes de  $\bar{X}$ , si bien dentro de los límites, se ven por todas partes, si bien su interpretación en términos de medidas cuantitativas de los errores del sistema pasan desapercibidas. Lo que es peor, que se trata de un asunto prácticamente nuevo o desconocido, incomprensible para los encargados de las posiciones ejecutivas, los gerentes, que después de todo son los únicos que podrían introducir las correcciones adecuadas. Producción y control de calidad son los responsables del trabajo productivo en el concepto del gerente común. La investigación de las fallas y errores del sistema no es algo del resorte de la gerencia. El resultado: las fallas del sistema se mantienen correlativamente con las variaciones y los altos costos de producción.

2.2 Errores estándar.- El segundo ejemplo se refiere a un control de fallas que no se preocupa por hacer su discriminación. Hay errores y eso basta para aplicar sanciones o, por lo menos, reconvenciones. Si en cambio, por ejemplo, aplicamos la estadística y calculamos la desviación estándar, podemos en base de ella hacer discriminaciones rigurosas, por ejemplo:

2.2.1. Los comprendidos en 3 son errores definitivamente graves y, sobre todo, la demostración de que existen errores 2 y muestra que es definitivamente posible reducirlos y hasta eliminarlos. Estos errores, en consecuencia son en consecuencia los más factibles de abordar y aún corregir,

2.2.2. Los comprendidos en 2  $\sigma$  son errores tolerables y ello ha de reconocerse y

2.2.3. Los errores dentro de , corresponden a situaciones ejemplares que incluso debieran ser motivo de investigación ¿cómo se obtienen? La respuesta podría ser una enseñanza - transferible a los demás.

Los simples expedientes de observar concientemente la línea central de control o de clasificar estadísticamente los errores por su probabilidad fueron aquí elementos científicos que permiten operar mejor el sistema. El gerente debe usar la ciencia precisamente para dirigir. Ello consigue economías en la producción.

3. Optimización.- Es en la optimización en donde la implicación económica es mucho más trascendente. El concepto de optimización en este caso prácticamente coincide con la optimización económica. La norma, como definición de la calidad, es el óptimo ajuste entre recursos y necesidades, el grado óptimo en el que los recursos alcanzan las exigencias de los usuarios. Obviamente, en última instancia, la norma que se está -



científicamente formulando es un asunto cabalmente conómico. La normalización básica, en lo esencial, es investigación científica que consiste en el juego o manipulación de las variables que influyen en la calidad de un producto, de una manera totalmente controlada. El investigador juega con esas variables y observa los resultados, de manera que en un momento dado encuentra la óptima combinación de esas variables que proporciona las óptimas especificaciones. En ese momento a la vez que se identifica la norma, también se identifica la tecnología. Sin embargo el resultado será verdaderamente óptimo si las variables participan con sus implicaciones económicas. Si éste es el caso, el encuentro de la óptima combinación de las variables que proporciona las óptimas especificaciones, igualmente identifica la óptima economía. Es entonces, y solo entonces, cuando la normalización es mecanismo del desarrollo, lo es por ser la identificación de la óptima tecnología para el logro del óptimo desarrollo. Desafortunadamente este no es el caso universal de la normalización, lo sería únicamente en el caso en el que todo el proceso estuviera dirigido científicamente. En la primera etapa se trataría de una investigación paramétrica de orden físico, químico, biológico, de ingeniería, etc. y, posteriormente se trataría de investigación de operaciones. Esta disciplina permite la optimización, En la realidad contemporánea solo la primera etapa señalada es cabalmente científica, es la normalización básica que, por supuesto, es un trabajo totalmente científico y multidisciplinario; pero, la segunda parte, no se realiza por investigación de operaciones sino en muy contados casos; generalmente,

el problema se resuelve por la deliberación entre productores y consumidores, por el acuerdo más favorable que llegan a establecer entre ellos. Esto, sin embargo, no debiera calificarse superficialmente. En rigor, la aplicación de la investigación de operaciones, para hacer toda la normalización, normalización básica, es decir científica, en el fondo puede ser vista hasta como tecnocracia, algo que se establecería con cierta compulsión, no importa que tal compulsión se justificara por la demostración cabal de su carácter científico. En la práctica, en los países más desarrollados, la segunda etapa de la normalización se realiza invariablemente por deliberación entre productores y usuarios. Sin embargo, aún en este caso, aunque no se aplicaran las técnicas de la investigación de operaciones, el fundamento de las deliberaciones es también económico, es decir, la deliberación es una defensa de intereses económicos. En conclusión, puedan presentarse tres casos:

- 3.1 Investigación tecnológica.— Investigadores especializados juegan científicamente las variables en condiciones cabalmente controladas introduciendo dentro de las mismas implicaciones económicas. El resultado se obtiene cuando en el juego objetivo de variables se alcanzan las óptimas especificaciones, vale decir, la norma y, concomitantemente, la tecnología.
- 3.2 Investigación de operaciones.— Cuando es factible establecer funcionalidad entre cada una de las variables y las resultantes especificaciones, se toman estas funciones como constricciones de la función -

principal que en este caso sería la economía. El resultado final nuevamente es la norma y su tecnología concomitante.

3.3 Deliberación.— En este último caso la investigación científica queda solamente como base, normalización básica, y consiste en la proposición de parámetros y metros y de la normalidad de resultados conforme a metros y parámetros. Sobre la base de esta información, productores y usuarios efectúan una profunda deliberación relativa a todos los elementos, ¿son los parámetros propuestos a la vez que definidores adecuados de la calidad, convenientes y factibles desde los puntos de vista del productor y del usuario?, ¿expresan esos parámetros cabalmente necesidades y posibilidades respectivamente del usuario y del productor?, ¿los metros propuestos son factibles, el equipo está disponible, etc., desde los respectivos puntos de vista de productores y usuarios?, ¿qué implicaciones económicas significan metros y parámetros; requieren nuevas inversiones o son suficientes las existentes, respectivamente para unos y otros?, ¿los niveles de calidad resultan factibles al uso y a la producción, conforme a los sectores económicos servidos?, ¿exactitudes y precisiones, vale decir las tolerancias propuestas resultan aceptables por ambas partes?, ¿los planes de muestreo son aceptables o se recomiendan — cambiar de planes de inspección normal a estricta, o de planes de muestreo simple a múltiples?. Obviamente todas estas cuestiones son de orden económico.

En fin la normalización toda, de principio a fin, y lo mismo que se trate —

de un proceso totalmente tecnológico, en el que intervenga la investigación de operaciones o que se resuelva finalmente por deliberación, en todos los casos, repetimos, se trata de un problema cabalmente económico. La normalización es un proceso de investigación que llega a las normas óptimas y a la tecnología óptima, significando esta optimización la óptima economía. Es en esta virtud que las implicaciones económicas de la normalización son el desarrollo, la normalización es el mecanismo del desarrollo.

4. Asistencia técnica internacional.- Es en este sentido que resulta de un valor inapreciable la ayuda técnica internacional. Realmente son variadas las posibilidades. Países industrializados, como Alemania, Japón y Estados Unidos proporcionan esta ayuda en lo individual y también lo hacen organismos internacionales como UNIDO y la SIC. Brasil, por ejemplo, está recibiendo una asistencia técnica de UNIDO para establecer un Laboratorio Nacional de Metrología. UNIDO destacó en Brasil al Dr. M. Layton, Director del Instituto Nacional de Metrología de Australia, para conducir los trabajos correspondientes. Nosotros aquí nos referimos a otra posibilidad muy atractiva, los servicios de la US Agency for International Development (AID) en un programa cooperativo con el National Bureau of Standards (NBS). Consiste este programa en la reunión de grupos de representantes de la normalización de países en vías de desarrollo con suficiente experiencia como para describir el estado de desarrollo de la normalización en sus respectivos países, confrontado con el desarrollo económico general del país. Cada representante ofrece una

breve descripción de su respectiva situación y, enseguida, se hace una discusión de confrontación. Se obtienen conclusiones y enseguida se con-frontan con la opinión de los expertos del NBS y de los expertos de - otros países desarrollados, traídos por AID. El trabajo se redondea mostrando el papel que juegan instituciones como el propio NBS, ASTM, los Underwriters Laboratories y National Electrotechnical Laboratory de New York. El resultado esperado consiste en demostrar la relación directa entre la consistencia de la infraestructura de la metrología y la normalización y el desarrollo industrial. Se introduce así la tesis de que la normalización es el mecanismo del desarrollo siempre que sea un abordamiento integrado y consistente, de la calidad, vale decir, investigación, medición, control, certificación, diseño y desarrollo. Las visitas directas combinadas con las conferencias muestran el papel fundamental del NBS como apoyo de toda la metrología e investigación del país. Este - trabajo es indispensable para el establecimiento de un sistema de normalización consistente; permite que la investigación llegue a resultados rigurosos y permite también que esos resultados se transfieran a la actividad productiva. La ASTM, es la más gigantesca institución para la formulación de normas. Aún en países tan desarrollados como EU, que - cuentan con infinidad de instituciones especializadas por áreas, se justifica un organismo como este que es independiente de toda especialidad - aparte. Su función, la formulación de normas de toda clase de materiales y productos y de sus correspondientes métodos de prueba. Under writers Laboratories es una institución a la altura de ASTM, si bien, su especialidad es la certificación. De todo el mundo recibe pedidos de certi-

ficación. También aquí, aunque existen multitud de instituciones en el ramo, la libre concurrencia ha colocado una como la más relevante. Ni qué decir de la concurrencia a la normalización de la investigación especializada. El National Electrotechnical Laboratory de New York es un buen ejemplo. Aunque las empresas privadas gigantescas que concurren a la normalización nacional, además de sus propias normas, aportan los resultados de sus investigaciones logradas en los laboratorios mayores del mundo, por ejemplo los de Skenectady de la General Electric, aún así se justifica el Laboratorio Electrotécnico Nacional que concretamente se ocupa de investigaciones para la definición de la calidad, es decir, la normalización.

En fin los programas internacionales de asistencia técnica tienen como finalidad presentar la importancia no solamente científica y técnica de la normalización, sino fundamentalmente, su importancia económica. La normalización, abordamiento integrado de la calidad, es decir, investigación, medición, control, certificación, optimización, diseño y desarrollo de la calidad, esta normalización, es el mecanismo del desarrollo económico. Y lo es en forma directa y también como transferencia siempre y cuando la transferencia sea igualmente científica, al fin y al cabo transferencia no es sino introducción de una norma en un sistema productivo. Por otra parte la normalización plena, la normalización integrada es un asunto cabalmente del resorte de la gerencia, de una gerencia científica, es decir, la gerencia propiamente dicha, si bien ésta, y solo ésta es la que puede lograr una producción realmente económica, realmente optimizada.

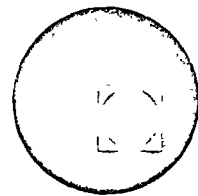
5. Conclusión. - Las implicaciones económicas de la normalización de la calidad, si bien múltiples, pueden sintetizarse en la dinámica del desarrollo cuyo análisis es el de la dependencia directa o elasticidad del mercado respecto de la calidad y el de la interacción estructural que la matriz insumo-producto modela. Esto, tanto en la macroeconomía como en la microeconomía. La normalización es el mecanismo del desarrollo solo en una cabal elasticidad e interacciones múltiple. Medida en la que la producción alcanza las exigencias del consumo, la normalización de la calidad está afectada tanto por las exigencias de los usuarios, su precisa manifestación, cuanto por el alcance de su cubrimiento por la competencia de productores, lo cual ocurre solo en la efectiva competencia. En general el juego pleno de estos factores es indispensable para que aquella dependencia realmente ocurra. En la práctica este libre juego se ve afectado, incluso muchas veces hasta es anulado. En el monopsonio, exclusividad de uso, las exigencias del mercado no se manifiestan, los productores han de someterse a las especificaciones del consumidor exclusivo. En el monopolio, exclusividad de fabricación, no hay competencia y consecuentemente no hay resorte hacia el cubrimiento de las exigencias de los usuarios, estos tienen que aceptar lo que el productor único les proporciona. Y esto aunque ocurriera en solo una línea de producción afecta estructuralmente al sistema productivo todo, como lo demuestra la matriz del insumo-producto. Resultado, si falta calidad, por ejemplo, en productos que afectaran el poder alimentario o a la salud, al resentirlo la fuerza de trabajo, este efecto se propaga estructuralmente a todo el sisu

tema horizontalmente y verticalmente también. Igualmente si tal afectación ocurre en productos de exportación. La calidad afecta pues por su elasticidad y por su propagación estructural a todo el sistema productivo. Esta es la clave de la optimización. Esta descubre las condiciones peculiares, juega con ellas y encuentra el óptimo ajuste entre insumos y productos, capacidades y necesidades, recursos y objetivos. La norma es ese óptimo ajuste y es en ese sentido, y solo en él, que la normalización es mecanismo del desarrollo. Esta es su implicación económica definitiva.





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



RELACION DE PROFESORES DEL CURSO METROLOGIA Y NORMALIZACION  
BASICA

ING. RAUL VARGAS CID DEL PRADO  
JEFE DE LA SECC. QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE NORMALIZACION  
NACIONAL DE LA  
DIRECCION GENERAL DE NORMAS  
S. I. C.  
AV. CUAUHEMOC 80-1° PISO

ING. GUILLERMO FERNANDEZ DE LA GARZA  
DIRECTOR  
SERVICIOS DE APOYO  
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA  
INSURGENTES SUR 1677-4 PISO

DR. SANTIAGO CENDEJAS HUERTA  
INVESTIGADOR  
CENTRO DE INVESTIGACION DE  
MATERIALES  
U. N. A. M.

ING. GUILLERMO HERNANDEZ ANGELES  
JEFE DEL DEPTO. DE NORMALIZACION INTERNACIONAL  
DIRECCION GENERAL DE NORMAS  
S. I. C.

DR. RUBEN MARES GALLARDO  
INVESTIGADOR  
ESC. SUP. DE FISICO-MATEMATICAS  
UNIDAD PROFESIONAL ZACATENCO  
EDIF. NO. 6-2 PISO

ING. MANUEL MARIN GONZALEZ  
JEFE DE LA UNIDAD DE NORMALIZACION BASICA  
C O N A C Y T  
INSURGENTES SUR 1677-4°



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



RELACION DE PROFESORES DEL CURSO METROLOGIA Y NORMALIZACION  
BASICA.

ING. ERNESTO HERRERA MEDINA  
ANALISTA  
PETROLEOS MEXICANOS  
MARINA NACIONAL 329 EDIF. 1910-11° PISO

ING. MANUEL SANCHEZ RUBIO  
DIRECCION DE PRODUCTOS QUIMICOS Y ADITIVOS  
INST. MEX. DEL PETROLEO  
AV. DE LOS 100 MTS. NO. 152

ING. MARIO ALBERTO SESMA MARTINEZ  
SUBJEFE DE INSTRUMENTACION  
DIVISION DE ELECTRONICA DEL  
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO